

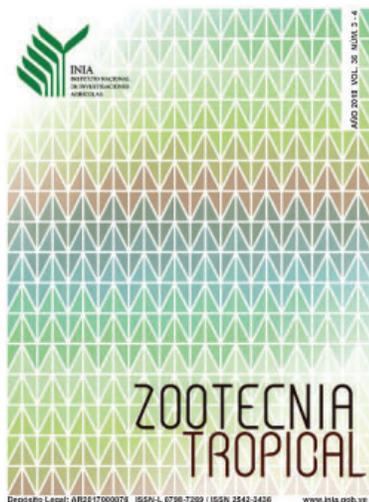


INIA
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
AGRÍCOLAS

AÑO 2018 VOL. 36 NÚM. 3-4

ZOOTECNIA TROPICAL

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS



ISSN-L 0798-7269 / ISSN 2542-3436

Dep. Legal: AR2017000076

ZOOTECNIA TROPICAL Es publicada para la socialización del conocimiento científico y humanístico, en los diferentes componentes de los sistemas de producción animal: bovinos, suinos, caprinos, ovinos, aves, especies piscícolas y otras, con el propósito de garantizar la producción de proteína de origen animal con fines alimentarios.

Correo electrónico: zootropi@gmail.com

Miembros Fundadores:

Claudio Chicco	Fonaiap Ceniap
Alberto Valle	Fonaiap Ceniap
Eduardo González	UCV-Agronomía
Omar Verde	UCV-Veterinaria
Omar García	Fonaiap Ceniap
Rafael Acosta	Fonaiap Guárico
Sylbert Labbe	Fonaiap Zulia
Urzulino Manrique	Fonaiap Monagas
Arnaldo Alvarado	Fonaiap Barinas

Comite Editorial

Belkys Vásquez	Editora Jefe
Reine Mejias	Editora Asistente
Oscar De La Rosa	Editor Técnico
Oscar De La Rosa	Diagramación

Giomar G. Blanco E.	Presidente
Deisy Carvajal	Gerente General
Nohelia R. Rodríguez O.	Gerente de Investigación
Doris Blanco E.	Gerente de Desarrollo Tecnológico
Betsy Camacho	Gerente de Producción Social
Nicolas García	Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario

Editores Asociados

Juan A. Vergara L.(LUZ-Venezuela)	Sección Alimentación Animal
Luis C. Dickson U.(INIA-Venezuela)	Sección Genética
Débora M. Paxiao (PECEGE-Brasil)	Sección Genética Molecular
Oscar De La Rosa (INIA-Venezuela)	Sección Genética Molecular
Oziel D. Montañéz V. (UDG-Mexico)	Sección Nutrición
José J. Alió M.(ULEAM-Ecuador)	Sección Piscicultura y Acuicultura

Consejo Asesor

Omar G. Verde S.	Venezuela
Juan F. Capote A.	España
Glaforo Torres H.	México
Manuel E. Milla P.	Venezuela
Bertha Chongo G.	Cuba
Siomara Martínez M.	Cuba
Miguel Batista A.	España
Carlos M. Becerril P.	México

Indización

Biosis Zoological Records	(EUA)
Agroforestry Abstracts	(EUA)
IICA - CIDIA	(Costa Rica)
Tropag & Rural	(Holanda)
AGRIS - FAO	(Italia)
LATINDEX	(México)
IAMSLIC	(USA)
PERIÓDICA	(México)
MEDIATHEK	(Alemania)
Base Agrícola Venezolana	(Venezuela)
Bioline International	(Canadá)
SCIELO	(Venezuela)
SCOPUS	(EUA)
OEI	(Colombia)
Citefactor	(Canadá)

Editada por la Gerencia de Investigación
Coordinación del Área de Gestión
de la Información

ZOOTECNIA TROPICAL

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

AGRADECIMIENTOS

Los miembros del Comité Editorial de la revista Zootecnia Tropical desean expresar públicamente su agradecimiento, a las personas abajo mencionadas, por su valiosa colaboración en la revisión de las contribuciones que conforman el Volumen 36 del año 2018.

Erika A. Angarita A.

- AGROSAVIA. Colombia

Hernando Flórez D.

- AGROSAVIA. Colombia

Gustavo Nouel B.

- Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. Venezuela

Juan A. Vergara L

- Universidad del Zulia. Venezuela

Paulino Sánchez Santillán

- Universidad Autónoma de Guerrero. México

Carlos Moreno

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

César J. M. Lodeiros Seijo

- Universidad Técnica de Manabí. Ecuador

José Atilio Aranguren M.

- Universidad del Zulia. Venezuela

Oscar De La Rosa

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

Omar G. Verde S.

- Universidad Central de Venezuela. Venezuela

Isis H. Vivas P.

- Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Manuel E. Milla

- Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú

Teresita Luigi S.

- Universidad de Carabobo. Venezuela

Carlos E. Alvarado C.

- Universidad Central de Venezuela. Venezuela

Víctor Córdova Ávalos

- Colegio de Postgraduados. México

Matilde L. Coronado S.

- Universidad Central de Venezuela. Venezuela

Rubén J. Silva D.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

Marcos A. Acevedo B.

- Agência Goiânia de Assistência Técnica extensão rural e pesquisa agropecuária. Brasil

Zulay Flores

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

Eliana Icochea D'A.

- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú

Yveth C. Casart Q.

- Universidad Central de Venezuela. Venezuela

Mateo F. Itzá-Ortiz

- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México

José G. Rosario Q.

- Fundación La Salle. Venezuela

José Javier Alió M.

- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador

Humberto Gil

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

Laida Ramos Trujillo

- Universidad de La Habana. Cuba

Carmen Alfonsi L.

- Universidad de Oriente. Venezuela

Julio A. Di Rienzo

- Universidad Nacional de Córdoba. Argentina

Verena Torres Cárdenas

- Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Ariel M. Tarazona Morales

- Universidad Nacional de Colombia. Colombia

De igual manera, agradecemos a los investigadores que enviaron sus manuscritos e invitamos a la comunidad científica especializada a continuar remitiendo sus trabajos a la revista Zootecnia Tropical.

TABLA DE CONTENIDO Vol. 36 N° 3-4

Artículos Científicos

Pessoa, MS; Abrão, FO; Duarte, ER; Camargo, ACS, de Faria Filho, DE. Physical-chemical and microbiological characteristics of acid silage of fish subjected to two processes of acidification and different storage periods	97
<i>(Características físicoquímicas y microbiológicas del ensilaje ácido de peces sometidos a dos procesos de acidificación y diferentes períodos de almacenamiento)</i>	
Cobo Abrantes, R; Pérez Jar, L. Parámetros genéticos y marcadores productivos en lotes de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone 1931) cultivados en Cuba	107
<i>(Genetic parameters and productive markers in stocks of cultured shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone 1931) in Cuba)</i>	
Martínez Coello, D; Rodríguez Cruzata, P; Lopeztegui Castillo, A. Stomach content of ichthyofauna present at the vicinity of Cobia fish culture cages in Bahía de Cochinos, Cuba	121
<i>(Contenido estomacal de la ictiofauna presente en la cercanía de jaulas de cultivo de peces Cobia en Bahía de Cochinos, Cuba)</i>	
Molina Romero, AM; Argüelles Cárdenas, JH; Ostos Triana, ME; Duque Muñoz, LG. Caracterización y tipificación de los sistemas productivos de ceba de ganado bovino en la Orinoquia colombiana	131
<i>(Contenido estomacal de la ictiofauna presente en la cercanía de jaulas de cultivo de peces Cobia en Bahía de Cochinos, Cuba)</i>	
Nota Técnica	
Parés-Casanova, PM; Muñoz, FA; Salamanca Carreño, A; Blanco, C; Cala, D. Aplicación de un modelo logístico para inferencia de la tasa de crecimiento de chigüires mantenidos en condiciones de semiextensividad	145
<i>(Application of a logistic model for inference of the growth rate of capybaras maintained in semi-extensive conditions)</i>	
Instrucciones al autor	153

Physical-chemical and microbiological characteristics of acid silage of fish subjected to two processes of acidification and different storage periods

Moisés Sena Pessoa¹, Flávia Oliveira Abrão^{2*}, Eduardo Robson Duarte³, Antônio Cléber da Silva Camargo⁴, Daniel Emygdio de Faria Filho⁵

¹Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil. ²Instituto Federal Goiano, Ceres, Brasil. ³Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil. ⁴Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil, ⁵Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, Departamento de Zootecnia. São Paulo, Brasil. *E-mail: flavia.abrao@ifgoiano.edu.br.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological characteristics of acid silage from whole fish submitted to two acidification processes and five periods of storage, in a completely randomized design. The acidification processes were acetic acid (5 %biomass⁻¹) and lactic acid (5 %biomass⁻¹) and the storage periods were 1, 7, 14, 21 and 28 days. The silage materials were stored in the BOD incubator (biological oxygen demand incubator) at 37°C for 28 days. The culture, quantification, and isolation of Enterobacteriaceae, *Staphylococcus* spp., *Lactobacillus* spp., filamentous fungi, and yeasts were performed. After 28 days the chemical analyzes of both silages were performed and compared with the raw material. The pH of the silage with lactic acid was significantly lower (P<0.05) than that produced with acetic acid. Enterobacteriaceae were only detected for raw material samples. There was a development of filamentous and yeasts up to seven days for both silages. Regression analysis estimated that the optimal time for stabilization of lactic silage acid is an average of 7.6 days, showing to be efficient for the reduction of *Staphylococcus* spp. population. Both silages had high protein contents (45-56 %) and would be a good alternative for feeding non-ruminants. This work represents the first study that evaluates the production of fish silage with lactic acid and the results indicate lower pH (3.7) and faster reduction of *Staphylococcus* spp., when compared to fish silage with acetic acid.

Key words: acidification, silage, bacteria, fungi, *Oreochromis niloticus*.

Características físico-químicas y microbiológicas del ensilaje ácido de pescado sometido a dos procesos de acidificación y diferentes períodos de almacenamiento

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del ensilaje ácido de pescados enteros sometidos a dos procesos de acidificación y cinco períodos de almacenamiento, en un diseño completamente aleatorizado. Los procesos de acidificación fueron ácido acético (5 %biomasa⁻¹) y ácido láctico (5 %biomasa⁻¹) y los períodos de almacenamiento fueron 1, 7, 14, 21 y 28 días. Los materiales de ensilaje se almacenaron en una incubadora BOD (incubadora de demanda biológica de oxígeno) a 37°C durante 28 días. Se realizó el cultivo, cuantificación y aislamiento de Enterobacteriaceae, *Staphylococcus* spp., *Lactobacillus* spp., hongos filamentosos y levaduras. Después de 28 días se realizaron los análisis químicos de ambos ensilajes y se compararon con la materia prima. El pH del ensilaje con ácido láctico fue significativamente menor (P<0,05) que el producido con ácido acético. Se detectaron enterobacterias únicamente en muestras de materia prima. El desarrollo de filamentosos y levaduras ocurrió después de siete días para ambos ensilajes. El análisis de regresión estimó que el momento óptimo para la estabilización del ensilaje con ácido láctico es de 7,6 días, que mostró una reducción eficiente de *Staphylococcus* spp. Ambos ensilajes mostraron un alto contenido de proteína (45-56 %) y podría ser buena alternativa para la alimentación de no rumiantes. Este es el primer estudio que evalúa la producción de ensilado láctico de pescado y los resultados indican un pH más bajo (3,7) y una reducción más rápida de *Staphylococcus* spp., comparado con el ensilado de pescado elaborado con ácido acético.

Palabras claves: acidificación, ensilaje, bacterias, hongos, *Oreochromis niloticus*.

Aprobado: diciembre 2018

INTRODUCTION

One of the most important components of animal production is food, since it represents a high percentage of production costs; on the other hand, the provision of protein can be a problem due to its limited availability and high cost (Berenz 1997). Among various alternative sources for food destined to the fish or other animal creation, the fish silage has elevated nutritional quality and high potential for the sustainable animal production (FAO 2010).

Fish silage can be obtained by acid addition or with microbial fermentation of fish waste or the entire fish not processing. The silage appearance is liquid and is unfit for human consumption. Different fish species can be used for the production of fish silage, however *Oreochromis niloticus* has been the most promising and frequent (Ucci 2004).

Different studies have indicated the favorable characteristics of the silage, as good quality, low cost and high digestibility (Vidotti and Goncalves 2006, Borghesi *et al.* 2008, Ramírez *et al.* 2013). However there are few reports of the microbial profile features in fish acid silage. Research on the microbial population involved in the fermentation process of the fish silage, will allow to detect microorganisms with biotechnological potential as inoculants.

Similarly, microbiological evaluation of the final products would reveal an alternative control of pathogenic or spoilage agents in silage. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the physical and microbiological properties of fish acid silage subjected to two processes of acidification and different storage periods.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted at the Laboratory of Food Technology and Microscopy of the Institute of Agricultural Sciences, Federal University of Minas Gerais (UFMG), Regional Campus of Montes Claros, Brazil. Two fish silages (S1 y S2) and five times evaluation (T1, T7, T14, T21, T28), with three replicas each, were assigned to a completely randomized experimental design. S1

corresponding acetic acid addition, and S2 corresponding lactic acid addition; T1 silage evaluation on the first day of storage, T7 silage evaluation on the seventh day of storage, T14 silage evaluation at the fourteenth day of storage, T21 silage evaluation on the twenty-first day of storage, T28 silage evaluation on the twenty-eighth day of storage. A sample of raw material was also evaluated (T0).

The fish used in this study was Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), with approximately six months old and weighing ± 700 g; this fish was donated by the State University of Montes Claros (UNIMONTES) Janaúba campus. At zero time (T0), the fish waste used for the silage preparation were analyzed before the acidification process.

For silage preparation, whole fish passed through the cooking process (heat treatment by cooking) for 15 minutes and then was ground in multiprocessor electric. The processed material was homogenized and stored initially in two sterile beakers. A subsample of this raw material was reserved for dry matter (MS), crude protein (CP), ether extract (EE), calcium (Ca) and phosphorus (P) analysis, according to the AOAC (1995) protocols, in the Laboratory of Animal Nutrition, Federal University of Minas Gerais.

The processed material was weighed (500 g) on analytical balance and placed in beakers for addition of 5 % pure glacial acetic acid or 5 % pure lactic acid. After acidification, both silages were homogenized and packaged in sealed test tubes and covered with sterile foil. For each treatment and for each estimated time of storage, were prepared three replicates (do Carmo *et al.* 2008). The silages were stored in BOD chamber at 37°C and homogenized daily during one week with sterile glass rod.

The hydrogen potential (pH) was weekly estimated on digital potentiometer, and macroscopic characteristics such as odor, liquefaction time, oil production time and color were evaluated with the same periodicity.

Dry smears were made from the silages and were fixed and stained by the Gram method (Quin *et al.* 2005), to observe the micro morphological

characteristics and profile of predominant bacterial groups in the silages, in all storage periods.

The prepared slides were read using the cross method described by Dirksen (1993), in which, the crosses represented the bacterial density found in the view fields. One cross (+) represents few cells (0 to 50 per field was visualized), two crosses (++) indicates moderate occurrence (50 to 100 cells per field was visualized) and three crosses (+++) high microbial population density (more than 100 cells per field).

For analysis and quantification of the microbial populations, two serial decimal dilutions for each material sampled were prepared in tubes containing sterile saline; after dilutions, the tubes were homogenized in vortex during two minutes. Swabs sterile from silage samples and aliquots of 100 μ L of the dilutions were inoculated into sterile Petri plates containing different culture media and incubated in a Biochemical Oxygen Demand (BOD) chamber at 37°C during 21 days, in which they were monitored for growth of microbial colonies (Lacaz *et al.* 2002).

For Enterobacteriaceae isolation was used MacConkey Agar culture medium, and for filamentous fungi and yeast were used the Sabouraud dextrose Agar plus chloramphenicol (300mg.L⁻¹). *Staphylococcus* spp., and *Lactobacillus* spp., were evaluated on plates containing Mannitol Salt Agar and MRS Agar in anaerobic jar, respectively (Lacaz *et al.* 2002, Quin *et al.* 2005).

Reisolation and culture were performed in tubes containing MacConkey agar in an oven at 37°C for 24 hours, to identify the genus of Enterobacteriaceae. After the exponential growth, each isolate was inoculated into tubes containing medium Rugai and Araujo, modified by Pessoa and Silva (1972). The tubes were incubated at 37°C for 24 hours and then analyzed using the identification key for Enterobacteriaceae, according to Pessoa and Silva (1972).

The pH averages were evaluated in Split-Plot with variance analysis (2 acids x 5 storage periods). However, as no significant interaction was observed between the independent variables, the averages of the silages were compared by ANOVA. Different

storage periods for each silage were compared by Tukey test (5 % significance).

The data for the microorganisms quantification did not present a normal distribution, so a $\log_{10}(X + 1)$ logarithmic transformation of the values was performed. The above allowed the normal distribution of *Staphylococcus* spp. However, the filamentous fungi and yeast data quantification did not show normal distribution even after transformation.

To verify statistical differences of *Staphylococcus* spp., ANOVA and Tukey (5 % significance level) was carried out in Split-Plot analysis (2 acids x 5 times the storage). To determine the optimal acidification time of each silage to reduce the population of these microorganisms, a polynomial regression was performed.

For filamentous fungi and yeast, the means were evaluated by nonparametric Wilcoxon test with a significance level of 5 % (Sampaio 2010). The positivity rates of micro-organisms were evaluated with the Chi-square test ($P < 0.05$). All statistical analyzes were processed in the statistical package SAEG® - System for Genetic Analysis and Statistics, version 9.1 (2007).

RESULTS AND DISCUSSION

The average pH of lactic silage (3.71) was significantly lower when compared to acetic silage (4.03), with 5.25 of variation coefficient. Mean pH at each storage time are arranged in Table 1. These results showed an acidification more efficient for fish silage prepared with the addition of 5 % lactic acid. Likewise, a significant interaction was observed between independent variables "silage" and "shelf life".

The results indicate that the pH does not differ in function of time after addition of organic acids ($P > 0.05$). A similar result was reported by do Carmo *et al.* (2008). These authors observed pH 4.37 in silage from tilapia waste produced with 5% acetic acid, after 20 days of storage. In addition to this, the low pH observed contributed to the microbiological quality of the silage.

According to Bello (1994), pH values close to 4 reduce food spoilage and promote greater activity of proteolytic enzymes present in fish. According

Table 1. pH averages of fish silage acidified with lactic acid or acetic acid at different storage times

Times evaluated	Lactic silage	Acetic silage
T0	6.55	6.55
T1	3.64	3.99
T7	3.59	4.15
T14	3.73	4.11
T21	3.80	3.93
T28	3.80	3.94
\bar{X} (T1 at T28)	3.71a	4.03b

T = retention times (0, 1, 7, 14, 21 and 28 days). Means followed by different letters differ in the ANOVA ($P < 0.001$).

to the above, in the present study both silages presented a pH within the ideal range after 28 days of storage.

Macroscopic evaluations revealed the liquefaction of both silages in the first week of storage. The acid odor prevailed for both silages during the entire storage period. Oil production was observed after seven days for both treatments, more clearly (crystalline) for acetic silage. Vidotti and Gonçalves (2006) reported the acidification of conventional silage in the pH range between 3.9 to 4.2 and liquefaction at three days, with the establishment of a fat layer that preserves the enzymatic activity for many months.

According to Perez (1997), the fatty acids in fish oil are unsaturated and therefore oxidize easily. Oxidation can reduce nutritional quality and reduce the availability of proteins and amino acids or promote an unpleasant taste.

The oils produced in the acetic and lactic silage showed a brown-orange and brown-green coloration, respectively. No reports were found in the scientific literature describing the differences in color or composition of the oil produced in the fish acid silage. Future studies should assess the quality and profile of fatty acids in the lipid fraction of fish silages.

Gram staining revealed the predominance of Gram negative (++) bacteria in T1 for both silages. After seven days of storage, a large proportion of Gram-positive bacterial cells (++++) were detected in acetic silage compared to lactic silage

(++). After 14 days of fermentation, the micromorphological profile for both silages was similar to those observed in T7, with a lower incidence of microbial cells in both treatments (+). No yeast cells were detected on direct exams.

There were no reports in the scientific literature describing the direct microscopic examination. However, a better quality of lactic fish silage is inferred, by promoting a greater reduction in the number of bacteria per field, in a shorter storage period. This quick and inexpensive analysis can be an indicator of the quality parameters of fish silage.

The Enterobacteria culture obtained in T0, showed an average of 1.6×10^4 colony forming units (CFU) per gram of raw material, 56.25 % of lactase producing bacteria (Lac +) and 43.75 % of non-producing bacteria (Lac -). At storage times T1, T7, T14, T21 and T28, these bacteria were not observed in any of the silages, indicating an efficient reducing effect after the addition of the organic acids used in this study.

From the gram-negative bacilli or cocobastonetes isolated in T0 ($n = 8$), *Escherichia coli* was identified in 50 %, *Enterobacter* spp., in 25 %, *Klebsiella* spp., in 12.5 % and *Pseudomonas* spp., in 12.5 %. The presence of these bacteria in the raw material was probably caused by contamination with intestinal contents during whole fish processing. However, the acids tested were effective in reducing these bacterial groups.

Studies conducted by de Oliveira *et al.* (2006), in which they evaluated Enterobacteria present in the Nile tilapia acid silage made with formic acid (3 %), observed the presence of total coliforms in 98 %, the first day of storage (2.4×10^2 CFU.g⁻¹). However, coliforms were absent between 15 to 30 days of storage. According to Bolosco *et al.* (2010), fish silage made with 5 % acetic acid, could be stored for 201 days without a proliferation of *Salmonella* spp. and other coliforms.

In this study, the development of fungi and yeasts was observed until storage day seven, in both silages (Table 2). No fungal isolates were detected on storage days 14, 21 and 28.

The addition of antifungal agents in fish silage has been recommended, such as 0.25 % ascorbic acid (Machado 2010). However, it was not necessary under the conditions of the present study,

because the acidification process was effective in controlling aerobic fungi, after storage fourteen days

The *Staphylococcus* spp. quantification is showed in Table 3. This bacterial group was isolated from samples T0, T1 and T7, for both silages. The observed concentrations of these bacteria were relatively high when compared to other groups of micro-organisms. As of day 14 of storage, this bacterial group was not observed in the silage with lactic acid; however, it was present in the silage with acetic acid. Probably, the low pH observed in lactic silage inhibited the development of these microorganisms.

The quantification analysis of *Staphylococcus* spp., (Table 3) indicated a significant interaction between the types of silage (plot) and the different storage times evaluated (subplots). Significant differences

Table 2. Mean colony forming units per mL of fungal in fish silage with lactic acid or acetic acid, at different times of storage

Time	Lactic silage		Acetic silage	
	Filamentous	Yeast	Filamentous	Yeast
T0	2×10^3	1×10^3	2×10^3	1×10^3
T1	1×10^3	4×10^3	1×10^3	1×10^3
T7	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3
T14	0	0	0	0
T21	0	0	0	0
T28	0	0	0	0
\bar{X} (T1 at T28)	4×10^2 a	1×10^3 A	4×10^2 a	4×10^2 A

Means for the times T1 to T28, followed by the same letters, uppercase for filamentous fungi and tiny letter for yeast, do not differ by nonparametric Wilcoxon test ($P < 0.05$).

Table 3. Positivity and quantification of *Staphylococcus* spp. in fish silage acidified with lactic acid or acetic acid at different times of storage

Time	Acetic silage		Lactic silage	
	Positivity	(CFU/mL)	Positivity	(CFU/mL)
T0	+	1.1×10^9	+	1.1×10^9
T1	+	5.4×10^6 a	+	4.1×10^6 a
T7	+	1.0×10^5 a	+	4.0×10^5 b
T14	+	7.3×10^3 b	-	0a
T21	+	0a	-	0a
T28	+	0a	-	0a

Means followed by different letters in the line differ by Tukey test at 5 % significance level (CV = 7.9 %). ($P < 0.05$).

($P < 0.05$) were observed in the bacterial concentration at seven and fourteen days of acidification, however, after 21 days, there were no changes ($P > 0.05$) in the occurrence of these microorganisms ($P > 0.05$).

The production of lactic acid in biological silage is essential because it promotes reduction of pH (around 4.0), inhibiting the growth of bacteria of the *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Citrosactu*, *Achromobacter* and *Pseudomonas* genera (Vidotti and Gonçalves 2006).

Simões *et al.* (2007) evaluated the occurrence of *Staphylococcus* spp., positive coagulase in tilapia *in natura* and observed adequate concentrations of these microorganisms (less than 102 CFU.g⁻¹), established by the Health Surveillance Agency (ANVISA). However, other studies indicate that fish handlers can transport *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* to farmed fish and also facilitate the conditions for the development of these bacteria (Muratori *et al.* 2007). The above may explain the presence of *Staphylococcus* spp., in both silages evaluated in this study, since the fish waste used was highly manipulated by the workers in the slaughter process.

The regression analysis determined the optimum point based on the storage time (independent variable) for each silage evaluated, in which the presence of *Staphylococcus* spp., decreased, and therefore, increased potential food safety. For silage with acetic acid, an optimal incubation

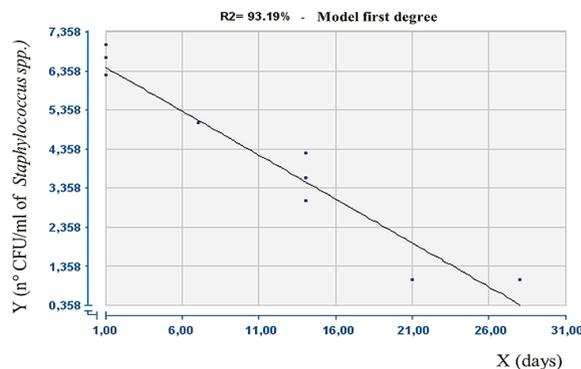


Figure 1. Graph of *Staphylococcus* spp. versus time of storage of the acetic silage: $Y = 6.627 - 0.2238X$ ($R^2 = 0.93$)

time of 29.6 days was estimated for the reduction of these bacteria (Figure 1). The value was determined according to the equation: $Y = 6.627 - 0.2238X$ (determination coefficient $R^2 = 0.93$), where Y is *Staphylococcus* spp., concentration and X represents the storage time of the silage (days). However, the estimated time exceeded the limits tested in this experiment (28 days), so it is advisable in future studies to perform the analysis with a longer storage period to confirm these results.

The CFU/ml of *Staphylococcus* spp., in the silage with lactic acid, varies according to equation $Y = 4.7167 - 0.617X$ (determination coefficient $R^2 = 0.90$), where Y is *Staphylococcus* CFU/ml and X represents the silage storage time (days). The optimal time to stabilize the silage, obtained by the first derivative equal to zero Y with respect to X would be approximately 8 days (7.6 days; Figure 5).

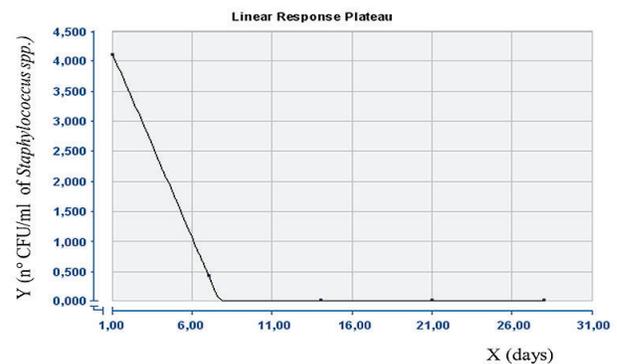


Figure 2. Graph of *Staphylococcus* spp. versus time of storage of the lactic silage. $Y = 4.7167 - 0.617X$ ($R^2 = 0.90$)

Lactobacillus spp. were absent at all storage times for both silages. According to Vidotti and Gonçalves (2006), the quality of the silage is related to capacity of *Lactobacillus* spp., to promote stability, as well as the quantity and shelf life of fish. However, because the process was performed with the administration of 5 % acetic or lactic acid, it is possible that bacterial inhibition has occurred due to the inclusion of the acids or has been reduced by the presence of other microorganisms.

Another relevant factor and poorly reported in the scientific literature is the chemical composition of acid silage. The analysis of the nutritional characteristics of acid silage allows a better inference in animal diet formulations. Table 4 shows the values of humidity (A), crude protein (CP), ether extract (EE), calcium (Ca) and phosphorus (P) of acid silages and raw material composed of crushed whole fish.

The humidity values measured in both silages were close to those described in the literature and within the normal range for fish silage. Bolosco *et al.* (2010) reported humidity values for acetic silage produced with tilapia waste, between 67.4 and 73.0 %. These authors indicated no influence of storage time on dry matter, ashes and ether extract. However, according to the microbiological results of this study, high humidity did not provide the conditions for the proliferation and increase of the microbial population in acidified silage, after 28 days. Probably the most important regulatory factor to inhibit food contamination was the pH.

Both silages had high CP values (Table 4), which probably contributed to the growth of *Staphylococcus* spp., (Table 3). The CP value found for acetic silage in this study is less than 67.4 % DM reported by do Carmo *et al.* (2008) and higher than 48.3 % DM found by de Oliveira *et al.* (2006). Lactic silage showed a lower content of CP compared to acetic silage, however, the average was similar to that found in silage with 3 % formic acid, described by Pimenta *et al.* (2008), with CP values ranging between 39 and 48 % of MS (1 to 30 days).

In acidified silage, alterations in protein levels have been reported based on storage time; this can be justified by the endogenous action of the fish tissues proteases, which increases the solubility of the protein (Pimenta *et al.* 2008, Al Abri *et al.* 2014).

In this research a high level of lipids in acetic silage was observed (Table 4). This result is in agreement with do Carmo *et al.* (2008), who found 14.2 % ether extract in dry silage with acetic acid. It also coincides with Vasconcelos *et al.* (2011), who detected 13.3 % of lipids in tilapia silage made with 1 % citric acid and 6 % acetic acid.

Contrasting the results of this study with those found by Vasconcelos *et al.* (2011), the level of calcium in both silages evaluated was higher numerically compared to the raw material (Table 4). The high values observed in this research could be due by the greater solubility of the Ca⁺⁺ in the carcasses, promoted by the acidification process (Kompiang *et al.* 1981).

Phosphorus levels in both acid silages were also higher numerically than those found in the raw material used in this study (Table 4). Future studies are necessary to elucidate the mechanism that promotes the greater availability of these minerals during the silage process. Phosphorus is essential for the bone structure of fish, and the lack of this mineral can cause reduced growth, reduced use of food and cause alterations in bone development in these animals (Pezzato *et al.* 2004, Witten *et al.* 2016).

Table 4. Compositions of two silages nutritive value of fish, with 28 days of storage and the raw material, consisting of residues of tilapia

Treatments	A(%)	CP(%)		EE(%)		Ca(%)		P(%)	
		DM	FM	DM	FM	DM	FM	DM	FM
Raw material	80.58	60.38	11.73	16.16	3.14	4.32	0.84	2.49	0.48
Acetic Silage	78.31	56.62	12.28	12.65	2.74	5.53	1.20	3.50	0.76
Lactic Silage	75.20	45.34	11.24	7.56	1.87	4.53	1.12	2.65	0.66

Variables: humidity (A), crude protein (CP), ether extract (EE), calcium (Ca), phosphorus (P), based on dry matter (DM) and fresh matter (FM) (AOAC, 1995).

CONCLUSIONS

Lactic and acetic acids were effective to reduce and maintain the low pH of fish silage until 28 days of storage. However, lactic silage had a better pH reduction and after 8 days of storage, it showed an optimal capacity to reduce the population of microorganisms pathogenic and spoilage, being more efficient in reducing contamination by *Staphylococcus* spp., compared to acetic silage. Likewise, high levels of protein were observed in both silages.

CITED LITERATURE

- Al-Abri, AS; Mahgub, O; Kadim, IT; Al-Marzooqi, W; Goddard, S; Al-Farsi, M. 2014. Processing and evaluation of nutritive value of fish silage for feeding Omani sheep. *Journal of Applied Animal Research* 42(4):406-413.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1995. Official methods of analysis. 16 ed. Arlington, USA, AOAC International. 1025 p.
- Bello, RA. 1994. Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela (online). *In* Figueroa, V; Sánchez, M (eds.). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Estudio FAO, Producción y Sanidad Animal. Rome. Italy. p. 1-13. Consulted 23 May 2016. Available in <http://bit.ly/2uZ52pF>
- Berenz, Z. 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos (online). *In* Figueroa, V; Sánchez, M (eds.). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Estudio FAO, Producción y Sanidad Animal. Rome. Italy. p. 15-27. Consulted 23 May 2016. Available in <http://bit.ly/2uZ52pF>
- Bolosco, WR; dos Santos, AM; Martins, CVB; Feiden, A; Bittencourt, F; Signor, AA. 2010. Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtida de resíduos da indústria de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Semina: Ciências Agrárias* 31(2):515-522.
- Borghesi, R; Potz, L; Oetterer, M; Cyrino, JEP. 2008. Apparent digestibility coefficient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition* 14(3):242-248.
- de Oliveira, MM; Pimenta, MESG; Camargo, ACS; Camargo, ACS; Fiorini, JE; Pimenta CJ. 2006. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico - análise bromatológica, físico-química e microbiológica. *Ciência e Agrotecnologia* 30(6):1218-1223.
- Dirksen G. 1993. Sistema digestivo. *In* Dirksen G; Gründer HD; Stöber M. (eds.). *Rosenberger Exame Clínico dos Bovinos*. 3.ed. Rio de Janeiro, Brasil, Guanabara Koogan. p.166-228
- do Carmo, JR; Pimenta, CJ; Pimenta, MESG; de Oliveira MM; Logato PVR; Ferreira, LO. 2008. Caracterização de silagens ácidas de resíduos de Tilápia. *Revista Eletrônica Nutritime* 5(5):664-672.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations). 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy.
- Lacaz, C; Porto, E; Martins, JEC; Heins-Vaccari, EM; de Melo, NT. 2002. *Tratado de Micologia Médica*. 9 ed. São Paulo, Brasil, Sarvier. 1120 p.
- Kompiang, IP. 1981. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. *Indonesian Agricultural Research and Development Journal* 3(1):9-12.
- Machado, TM. 2010. Silagem biológica de pescado (online). Technical text. São Paulo, Brasil, Instituto de pesca. Consulted 25 May 2016. Available in <http://bit.ly/36NA29q>
- Muratori, MCS; Couto Filho, CCC; Araripe, MNB; Lopes, JB; Costa APR. 2007. *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em manipuladores de piscicultura. *Revista Científica de Produção Animal* 9(2):120-126.
- Pérez, R. 1997. Feeding pigs in the tropics (online). Estudio FAO, Producción y Sanidad Animal. Rome. Italy. Consulted 24 Jan. 2016. Available in <http://bit.ly/2v3wNxy>

- Pessoa, GVA; Silva, EAM. 1972. Meios de Rugai e lisina-motilidade combinados em um só tubo para a identificação presuntiva de Enterobactérias. *Revista Instituto Adolfo Lutz* 32:97-100.
- Pezzato, LE; Barros, MM; Fracalossi, DM; Cyrino, JEP. 2004. Nutrição de Peixes. *In* Cyrino, JEP; Urbinati, EC; Fracalossi, DM; Castagnolli, N (eds.) *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. São Paulo, Brasil, TecArt. 1: p. 75-169.
- Pimenta, MESG; Freato, TA; de Oliveira, GR. 2008. Silagem de pescado: uma forma interessante de aproveitamento de resíduos do processamento de peixes (online). *Revista Eletrônica Nutritime* 5(4):592-598. Consulted 25 May 2016. Available in <http://bit.ly/2v0I5UI>
- Quin, PJ; Markey, BK.; Carter, WJ. 2005. *Microbiologia veterinária e doenças infecciosas*. Porto Alegre, Brasil, Artmed. 512 p.
- Ramírez, JCR; Inés, IJ; Arce, RF; Rosas, UP; Armando, UJ; Shirai, MK; Cordoba, BV; Manzano, MÁM. 2013. Preparation of biological fish silage and its effect on the performance and meat quality characteristics of quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 56(6):1002-1010.
- Sampaio, IBM. 2010. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 3 ed. Belo Horizonte, Brasil, Fundação de Ensino e pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia. 264 p.
- Simões, MR; Ribeiro, CFA; Ribeiro, SCA; Park, KJ; Murr, FEX. 2007. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27(3):608-613.
- Ucci, P. 2004. *Produção de silagem de pescado a partir de resíduo de industrialização de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus)*. Monografia de grau. Toledo, Brasil, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 32 p.
- Vasconcelos, MMM; de Mesquita, MSC; Albuquerque, SP. 2011. Padrões físicos-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. *Revista Brasileira de Engenharia da Pesca* 6(1):27-37.
- Vidotti, RME; Gonçalves, GS. 2006. *Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal* (online). Technical text. São Paulo, Brasil, Instituto de pesca. Consulted 24 May 2011. Available in <http://bit.ly/2RWt51z>
- Witten, PE; Owen, MAG; Fontanillas, R; Soenens, M; McGurk, C; Obach, A. 2016. A primary phosphorus-deficient skeletal phenotype in juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*: the uncoupling of bone formation and mineralization. *Journal of Fish Biology* 88(2):690–708.

Parámetros genéticos y marcadores productivos en lotes de camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) cultivados en Cuba

Raudel Cobo Abrantes*, Lourdes Pérez Jar

Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba. CP:19100. *Correo electrónico: rcobo@cip.alinet.cu

RESUMEN

El camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* es reconocido como uno de los más cultivados a nivel mundial. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar las tendencias de los índices productivos y de riqueza genética del lote fundador **S0-1**, así como de la primera descendencia de las otras cuatro introducciones (**S1-2**, **S1-3**, **S1-4**, **S1-5**) de esta especie en Cuba. De igual manera, se estimó la influencia de **S1-1x4**; primera descendencia del cruce entre la séptima descendencia del primer lote fundador **S7-1** con la sexta descendencia del cuarto lote fundador **S6-4** sobre los parámetros genéticos y productivos del quinto lote fundador **S1-5**. Los parámetros productivos empleados fueron el *peso final*, la *supervivencia* y el *rendimiento*. Cuatro regiones microsátélites (*M1*, *Pvan1758*, *Pvan1815* y *Pvan0040*) fueron exploradas para caracterizar las poblaciones en cultivo. En el primer estudio, los valores promedio más elevados de los parámetros genéticos se observaron en **S0-1**. Se encontraron diferencias significativas de todas las progenies con respecto a la **S1-5** para los parámetros *supervivencia* y *rendimiento*. En el segundo estudio, tanto los parámetros genéticos como productivos evaluados mostraron superioridad en la **S3-1x4x5**; tercera generación del cruce de **S1-1x4 X S1-5** con respecto a **S1-5**. La disminución de la diversidad genética no influyó de manera significativa en los indicadores productivos en las progenies evaluadas en el primer estudio. El cruce **S1-1x4** potenció los valores de variabilidad genética y de desempeño productivo de la quinta introducción de *L. vannamei* cultivado en Cuba.

Palabras clave: cultivo, microsátélites, supervivencia, cruce, *Litopenaeus vannamei*

Genetic parameters and productive markers in stocks of cultured shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) in Cuba

ABSTRACT

The Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is recognized as one of the most cultivated worldwide. The objectives of this work were to evaluate the tendencies of productive indexes and genetic richness of the founder stock **S0-1**, as well as the first offspring of the other four introductions of this species in Cuba (**S1-2**, **S1-3**, **S1-4**, **S1-5**). Also, estimate the influence of **S1-1x4**; first offspring of the crossing between the seventh offspring of the first founder stock **S7-1** with the sixth offspring of the fourth founder stock **S6-4** on the genetic and productive parameters of the fifth founder stock **S1-5**. Productive parameters including *final weight*, *survival*, and *yield* were computed. Four microsatellite regions (*M1*, *Pvan1758*, *Pvan1815*, and *Pvan0040*) were explored to characterize the populations in culture. In the first study, the highest average values of the genetic parameters were observed in **S0-1**. Significant differences were found for all progenies over **S1-5** for survival and yield parameters. In the second study, both, genetic and productive parameters evaluated showed superiority in the **S3-1x4x5**; third generation of the crossing of **S1-1x4 X S1-5** over **S1-5**. In summary, genetic diversity decrease did not significantly influence the productive indicators in the progenies evaluated in the first study. The **S1-1x4** crossing potentiate both genetic variability as the productive development values of the fifth introduction of *L. vannamei* cultured in Cuba.

Key words: culture, microsatellites, survival, crossing, *Litopenaeus vannamei*

INTRODUCCIÓN

Dentro de la acuicultura, el cultivo del camarón se ha convertido en una importante industria exportadora en varios países. Ésta ha experimentado un crecimiento acelerado en la última década con un valor estimado del 10 % anual en los últimos cinco años (Artiles *et al.* 2015). A partir de su desarrollo a escala industrial, hace más de cuatro décadas, se han obtenido elevadas tasas de producción con esta especie. Desde 1970 hasta 1990 el incremento promedio fue del 25 % y decayó al 10 % entre 1990 - 2000 aumentando nuevamente al 18 % entre 2000 - 2008 (Andriantahina *et al.* 2013).

Las dos especies que mayormente se cultivan son *Penaeus monodon* (Fabricius 1798), también conocido como el camarón tigre negro y el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). Este último representa el 53 % de la producción mundial con una cosecha de 4.156 millones de toneladas para el año 2018 (FAO 2018).

El cultivo del camarón en Cuba, como parte de la industria acuícola comenzó en 1983 y mostró su rentabilidad sobre la base científico-tecnológica. A partir del año 1987 empezó a desarrollarse hasta el punto de convertirse en una importante actividad comercial en el país (Machado 2006).

Durante el periodo 1987 - 2003, la especie nativa cultivada en Cuba fue el camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad 1936). Sin embargo, debido a sus bajos rendimientos productivos, el mantenimiento del cultivo de esta especie se hizo insostenible. A finales del 2003 se introdujo el primer lote del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* como una alternativa necesaria para lograr la supervivencia de la actividad camaronícola en el país. En el año 2008, se realizó la quinta y última introducción de esta especie en Cuba, todas procedentes de un mismo proveedor. Se lograron resultados superiores con respecto a los obtenidos con *L. schmitti*, reportándose pesos promedios finales de 17,2 g en ciclos de 90 a 100 días de duración.

Registros históricos reportados por la Empresa para el Cultivo de Camarón en Cuba (ECCAM), señalaron un gradual retroceso de los principales indicadores de las producciones de camarón

comercial entre los años 2007 y 2010, llegándose a alcanzar pesos promedios de 13,3 g y supervivencias finales del 41 %. En el caso de continuar esta tendencia el cultivo de esta especie dejaría de ser rentable, poniendo en peligro una fuente segura de ingresos para el país.

En el ámbito mundial se han usado diversos tipos de marcadores moleculares como herramientas para analizar los parámetros genéticos de poblaciones naturales y cultivadas, y con el propósito de predecir fenómenos de consanguinidad. En alcance a esos fines, los microsatélites del ADN son una técnica estándar por sus características de elevada reproducibilidad, alto grado de polimorfismo y codominancia (Souza de Lima *et al.* 2008).

De acuerdo a lo expuesto, la evaluación de la influencia de parámetros genéticos de diferentes descendencias de los lotes de camarón *L. vannamei* cultivados en Cuba, sobre el desempeño de sus respectivos indicadores productivos a nivel comercial, puede ser de gran importancia para trazar futuras estrategias de manejo del banco fundador. Por otro lado, la evaluación de cruces entre los lotes, puede convertirse en una herramienta que permita prolongar la vida útil de las poblaciones de esta especie en el país. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron: evaluar las tendencias de los índices productivos y de riqueza genética en el primer lote fundador de la primera introducción de *L. vannamei*, así como de la primera descendencia de las otras cuatro introducciones de esta especie en Cuba, y estimar la influencia del cruce **S1-1x4** sobre los parámetros genéticos y productivos del quinto lote fundador de *L. vannamei* introducido y cultivado en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La industria camaronera en Cuba, desde la introducción de *L. vannamei* está fundamentada en el material proveniente de los laboratorios del Shrimp Improvement System (SIS) en Isla Morada, EE.UU., donde se desarrolla un programa de mejora genética para obtener descendencias con una alta tasa de crecimiento. La dependencia de un solo proveedor, pudiera limitar la variabilidad genética de los lotes fundadores, resultando en

una gradual reducción de la productividad a escala comercial. En la actualidad se cuenta con seis lotes de camarón *L. vannamei* para el desarrollo de la actividad camaronícola a escala comercial. Estos son mantenidos en la Unidad Empresarial de Base (UEB) denominada centro de desove de postlarvas de Camarón “YAGUACAM”, ubicada en la provincia Cienfuegos (Figura 1).

El presente trabajo estuvo constituido por dos componentes; el estudio 1 evaluó la influencia

de la diversidad genética sobre los indicadores productivos de la primera descendencia de los cinco lotes fundadores de *L. vannamei* introducidos en Cuba. Por otra parte, el estudio 2 analizó la influencia del cruzamiento dirigido de lotes de *L. vannamei* sobre su diversidad genética y desempeño productivo en engorde comercial. Los lotes de *L. vannamei* seleccionados para los estudios 1 y 2 se presentan en el Cuadro 1.

Toma de muestras

En los años correspondientes de cada cultivo se capturaron de forma aleatoria, entre 30 y 40 ejemplares adultos, tratando de mantener igualdad en la proporción de hembras y machos (1:1). Los grupos de muestreo fueron criados y mantenidos en el Banco de Reproductores de la UEB YAGUACAM. Las muestras fueron tomadas del tejido muscular de la base del cuarto par de pleópodos y se conservaron en viales con etanol al 95 % hasta su posterior procesamiento en el Laboratorio de Biología Molecular del Centro de Investigaciones Pesqueras o en el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana.

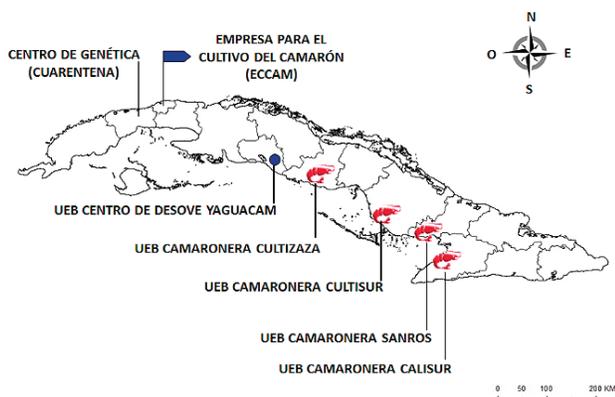


Figura 1. Localización de las UEB Camaroneras, centro de cuarentena y la empresa que dirige la camaronicultura en Cuba.

Cuadro 1. Lotes fundadores, descendencias y cruces de lotes de *Litopenaeus vannamei* seleccionados, caracterización genética y año en que se desarrolló su cultivo en estanques.

Lote fundador	Descendencias / Cruces	Año	Caracterización genética
Primera introducción (S0-1)	S1-1	2004	NC
	S7-1	2010	NC
Segunda introducción (S0-2)	S1-2	2004	Pérez-Beloborodova <i>et al.</i> (2012)
Tercera introducción (S0-3)	S1-3	2005	Pérez-Beloborodova <i>et al.</i> (2012)
	S1-4	2006	Pérez-Beloborodova <i>et al.</i> (2012)
Cuarta introducción (S0-4)	S6-4	2010	NC
	S1-1x4	2010	NC
Quinta introducción (S0-5)	S1-5	2009	Artiles <i>et al.</i> (2011a)
	S3-1x4x5	2014	Pérez-Beloborodova <i>et al.</i> (2015)

NC: no se caracterizó el lote. **S1-1, S1-2, S1-3, S1-4, S1-5**: primera descendencia de la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta introducción respectivamente. **S7-1** (séptima descendencia del primer lote fundador), **S6-4** (sexta descendencia del cuarto lote fundador), **S1-1x4** (primera descendencia del cruce de **S6-4 X S7-1**), **S3-1x4x5** (tercera generación del cruce de **S1-1x4 X S1-5**)

Genotipificación mediante los microsatélites *M1*, *Pvan1758*, *Pvan1815* y *Pvan0040*.

El ADN para la caracterización genética fue extraído de las muestras musculares usando resina Chelex-100 al 5 % o 10 % (Walsh *et al.* 1991). La amplificación por PCR se llevó a cabo en un termociclador Eppendorf usando el programa presentado en el Cuadro 2 y las secuencias de los cebadores específicos para los microsatélites seleccionados se presentan en el Cuadro 3,

Los productos de la PCR fueron comprobados mediante electroforesis de una alícuota en un gel de agarosa al 2 % teñido con bromuro de etidio. Para continuar el proceso de genotipificación, la alícuota restante de cada amplicón fue mezclada con una solución comercial de formamida/bromofenol azul en una proporción 1:1. Luego de eso, se realizó la desnaturalización de la mezcla resultante en el termociclador Eppendorf y el producto desnaturalizado fue sometido a electroforesis vertical en geles de acrilamida-bis-acrilamida al 6 %. El voltaje aplicado estuvo entre los 2500 a 3000 voltios y la potencia fue de 80 vatios.

Luego de la corrida electroforética, los geles fueron fijados con una solución de ácido acético (CH_3COOH) al 10 %, teñidos con una solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0,1 % y formaldehído (CH_2O) al 0,05 % y revelados con una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 3 %, formaldehído (CH_2O) al 0,05 % y tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) en concentración de 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Para la asignación del tamaño alélico se usaron como controles las muestras previamente genotipificadas por Artilles *et al.* (2011a), cuyos tamaños variaron de 194 a 240 pares de bases (pb) para *M1*, 140 a 146 (pb) para *Pvan0040*, 110 a 136 (pb) para *Pvan1815* y 174 a 188 (pb) para *Pvan1758*. Los marcadores comerciales PGEM[®], STR III, FFV y CTT también fueron incluidos para la determinación del tamaño alélico.

Registros para la evaluación del desempeño productivo.

La ECCAM y la UEB YAGUACAM, del Ministerio de la Industria Alimentaria, fueron las entidades proveedoras de los registros históricos de los indicadores productivos de las cuatro UEB Camaroneras existentes en el país. Los indicadores evaluados: *peso final*, *supervivencia* y *rendimiento* fueron organizados y graficados en el Programa Microsoft Office Excel 2013.

Cuadro 2. Perfil térmico usado para las reacciones de PCR.

FASE		T ¹ (°C)	t ² (s)
Desnaturalización inicial		94	300
35 ciclos	Desnaturalización	94	60
	Hibridación	específica cebador ³	30
	Extensión	72	45
Extensión Final		72	600

¹temperatura termociclador. ²duración de la fase. ³temperatura de hibridación: *Pvan1815*: 50°C; *Pvan1758*: 52°C; *M1* 52-54°C; *Pvan0040*: 45-48°C.

Cuadro 3. Cebadores usados en el trabajo.

Microsatélite	Secuencia (5'-3')	Referencia
<i>M1</i>	GTGTGTTGCGGAATCGAA CTAACCCAATATCGAATC	Wolfus <i>et al.</i> 1997
<i>Pvan0040</i>	TTTACGATCAGATTGTTT GAAATAGAAAATAAGAAC	Cruz <i>et al.</i> 2002
<i>Pvan1758</i>	TATGCTCGTTCCCTTTGCTT TTGAAGGAAAAGTGTGGGG	Cruz <i>et al.</i> 2002
<i>Pvan1815</i>	GATCATTGCCCCCTTTTT ATCTACGGTTTCGAGAGCAGA	Cruz <i>et al.</i> 2002

Análisis estadístico para la caracterización genética y el desempeño productivo.

Los parámetros de diversidad alélica, tales como Número de alelos (Na), Número de alelos efectivos (Ne), Riqueza alélica (RA), Número de alelos privados (Np), así como los valores de heterocigosidad observada (Ho) y esperada (He) (Nei 1978) fueron calculados y comparados con el empleo del software GeneAIEx (versión 6.1) (Peakall y Smouse 2006). Los loci que presentaron al menos dos alelos y que la frecuencia del alelo más común no excedió el 95%, se consideraron polimórficos (Graur y Wen-Hsiung 2000).

Para el análisis e interpretación de los datos productivos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics, versión 3.5.2 (StatPoint Technologies 2010). Se comprobaron la normalidad de los residuos y la homogeneidad de varianzas. Para datos con distribución normal se compararon las medias con un Análisis de Varianza (ANOVA) de clasificación simple con un nivel de significación de 0,05. Las diferencias significativas entre las medias fueron jerarquizadas mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan. Los datos que no se ajustaron a la distribución normal fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con nivel de significación de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio 1

Parámetros genéticos de los lotes S0-1, S1-2, S1-3, S1-4 y S1-5 de L. vannamei en Cuba.

La diversidad alélica o el promedio de alelos por locus es una medida de la variabilidad genética dentro de una población, siempre que las comparaciones se lleven a cabo entre muestras de tamaños similares.

Los valores promedio más elevados de los parámetros genéticos evaluados se observaron en el primer lote fundador **S0-1** como se muestra en el Cuadro 4. El valor de Na en todas las progenies evaluadas fluctuó entre 3,5 y 9,3 mientras que el valor de Ne obtuvo un rango entre 1,7 y 5,6.

El número promedio de alelos para todos los lotes fue ligeramente menor que los reportados

en otros estudios para esta misma especie. Souza de Lima *et al.* (2010) con el empleo de cinco loci microsátélites en el Noroeste de Brasil reportaron valores de Na entre 3 y 12. Valles *et al.* (2005) también usaron cinco microsátélites y reportaron entre 2 y 16 alelos por locus en especies de poblaciones naturales de *L. vannamei*. Sin embargo, Pérez-Enríquez y Max-Aguilar (2016) con el empleo de cinco loci microsátélites obtuvieron un promedio de 6,6 alelos por locus. Por otro lado, Goyard *et al.* (2003) empleando dos loci microsátélites de *L. vannamei* (Vanna01 y Vanna02) encontraron de uno a nueve alelos por locus en el camarón azul *Litopenaeus stylirostris*.

El valor de Ne obtenido para cada progenie fue más bajo que el valor de Na. Resultados similares fueron encontrados por Wolfus *et al.* (1997) luego de siete generaciones de selección, con Na igual a 4 y Ne con valor de 1,6. Sin embargo, los valores de Ne en este trabajo son más bajos que otros resultados donde se obtuvieron valores de hasta 10,5 (Valles *et al.* 2005) y 15,7 en el caso de poblaciones naturales (Wolfus *et al.* 1997).

Los valores medios obtenidos, en la mayoría de los casos, para Ho fueron más bajos que para He (Cuadro 4). Esto evidencia un déficit en la proporción de heterocigotos (o un exceso en la proporción de homocigotos) siendo el quinto lote fundador el que reportó los menores valores para estos dos parámetros.

Según Machado (2006), la reducción del tamaño efectivo de las poblaciones y las deficiencias en

Cuadro 4. Valores promedio de los parámetros genéticos de *L. vannamei*.

Lotes	Na	Ne	RA	Np	Ho	He
S0-1	9,25	5,63	8,25	3,75	0,7	0,8
S1-2	3,5	2,1	3,44	1	0,5	0,5
S1-3	6,75	4	5,02	3	0,6	0,7
S1-4	4,75	3,27	4,61	0,5	0,6	0,7
S1-5	3,75	1,73	4	3,75	0,3	0,4

Número de alelos (Na), Número de alelos efectivos (Ne), Riqueza alélica (RA), Número de alelos privados (Np), Heterocigosidad observada (Ho), Heterocigosidad esperada (He).

la gestión de los programas de cría, generalmente son los responsables de la pérdida de diversidad genética de lotes en cultivo. Esta pérdida en la variabilidad genética en lotes domesticados ha sido previamente observada en *L. vannamei* (Donato *et al.* 2005, Artiles *et al.* 2015).

Similar a otros estudios, en esta oportunidad H_o fue menor que H_e . Este es el caso de Maggioni *et al.* (2013) que con el empleo de 10 loci microsatélites en nueve poblaciones de *L. vannamei* en Brasil reportaron un valor de H_o igual a 0,49 y una H_e igual a 0,68. Souza de Lima *et al.* (2010) en este mismo país obtuvieron una H_o igual a 0,46 y un valor de H_e igual a 0,7. Pérez-Enríquez y Max-Aguilar (2016) obtuvieron valores de H_o y H_e , de 0,58 y 0,69 respectivamente.

Los valores promedio H_o (0,271 a 0,667) y H_e (0,367 a 0,801) obtenidos en este estudio entre todos los lotes empleados están en el rango de los obtenidos para poblaciones naturales de *L. vannamei* empleando loci microsatélites (0,045 a 0,614) por Valles *et al.* (2005). Sin embargo, la quinta introducción de *L. vannamei* en Cuba reportó los menores valores para estos dos parámetros con relación a las cuatro introducciones anteriores (Cuadro 4) evidenciando una escasa variabilidad genética.

Indicadores productivos de S1-1, S1-2, S1-3, S1-4 y S1-5 de *L. vannamei* en Cuba.

La introducción en Cuba del *L. vannamei* resultó en un aumento considerable de los indicadores de producción en las UEB Camaroneras. Aunque el país cuenta con condiciones naturales apropiadas para el desarrollo de la camaronicultura, se observan variaciones, así como inestabilidades en el desempeño productivo de cada introducción efectuada.

La primera descendencia de cada lote fundador mostró variaciones en los indicadores productivos: *peso final*, *supervivencia* y *rendimiento* como se observa en la Figura 2. Se encontraron diferencias significativas entre todas las progenies con respecto a la S1-5 para los parámetros *supervivencia* y *rendimiento*. Este último lote reportó los valores más bajos para ambos parámetros en comparación con el resto de los lotes evaluados. Esto pudo ser efecto de la baja variabilidad genética que mostró esta quinta y última progenie una vez introducida al país para la acuicultura.

Por su parte, la S1-4 mostró el valor más elevado en cuanto al parámetro *peso final* mientras que la S1-3 reportó un promedio de 9,7 g siendo el más bajo de todas las descendencias en estudio.

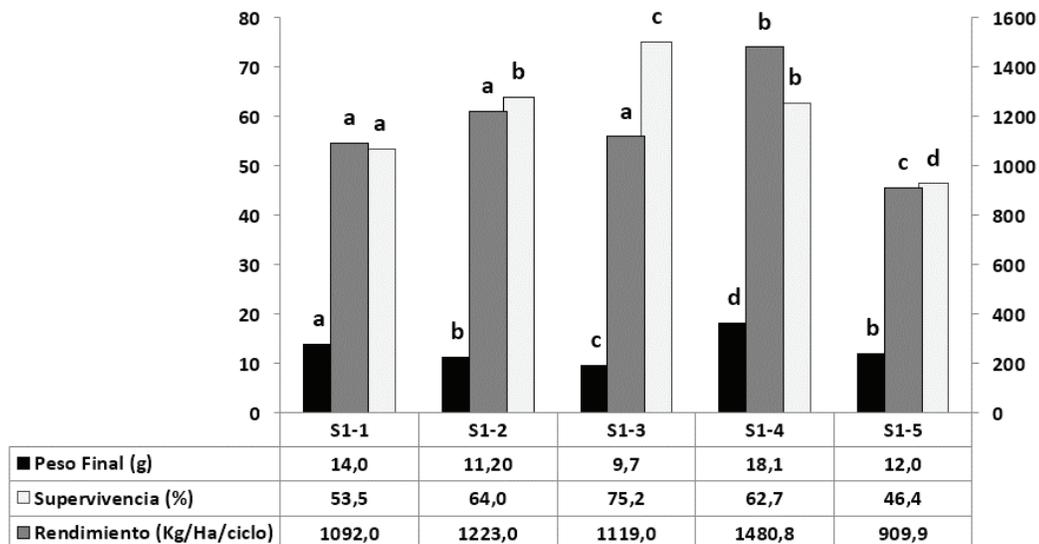


Figura 2. *Peso final* (g), *supervivencia* (%) y *rendimiento* (kg/ha/ciclo) de la primera descendencia de los cinco lotes fundadores de *Litopenaeus vannamei* en Cuba. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Este resultado pudo ser consecuencia de la elevada densidad de siembra (10-15 animales/m²) en que se encontraban los camarones debido al aumento del porcentaje de *supervivencia* (75,2 %) al final del ciclo de cultivo.

Con excepción de la **S1-5** los valores de *supervivencia* de las progenies evaluadas sobrepasan el 50 %, esto es comparable con los valores reportados en estudios realizados en EE.UU (Sookying *et al.* 2011, Treece 2015), así como en Costa Rica (Valverde-Moya y Alfaro-Montoya 2013, 2014). Existen dos razones fundamentales para explicar esto. La primera es el origen de las líneas genéticas empleadas; todos los lotes provenientes del SIS están catalogados como libres de patógenos específicos y son el resultado de un programa de mejora genética diseñado para obtener descendencias con un elevado crecimiento. La segunda razón es el manejo cuidadoso y el mantenimiento de un programa de vigilancia sanitaria (Silveira 2016) que evita la ocurrencia de enfermedades virales en Cuba desde la primera introducción del *L. vannamei* (Artiles *et al.* 2011b).

Estudio 2.

Parámetros genéticos de **S1-5** y **S3-1x4x5**.

Todos los valores promedio de los parámetros genéticos evaluados, mostraron superioridad en el lote **S3-1x4x5** obtenido como resultado del cruzamiento entre el lote puro **S1-5** y el cruce establecido **S1-1x4**, lo cual puede observarse en el Cuadro 5. La variación del **S3-1x4x5** comparado con los valores obtenidos para la primera descendencia de la quinta introducción **S1-5** mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) para los parámetros de diversidad alélica como para los índices de heterocigosidad.

Según Artiles *et al.* (2011a), con la estimación de la variabilidad genética y el índice de parentesco del quinto lote fundador se obtuvieron los valores de heterocigosidad más bajos con respecto a las cuatro introducciones anteriores de *L. vannamei* realizadas en el país. Por tal motivo, estos autores sugirieron un cruzamiento con lotes de diferente origen para mejorar el acervo genético y por ende el rendimiento productivo.

Cuadro 5. Valores promedio de los parámetros genéticos de **S1-5** y **S3-1x4x5** de *L. vannamei*.

Lotes	Na	Ne	RA	Np	Ho	He
S1-5	3,75	1,73	4	3,75	0,3	0,4
S3-1x4x5	6	4	6	4	0,7	0,7

Número de alelos (Na), Número de alelos efectivos (Ne), Riqueza alélica (RA), Número de alelos privados (Np), Heterocigosidad observada (Ho), Heterocigosidad esperada (He).

En ausencia de reproductores de otra procedencia, se decidió realizar un cruzamiento de individuos de esta línea genética de baja heterocigosidad con el cruce existente en el Banco de YAGUACAM compuesto por la primera y la cuarta introducción **S1-1x4**, que mostraba evidencias de elevados valores productivos en estanques de engorde comercial. La acción anterior se realizó a fines de evitar la pérdida del lote **S1-5** y mejorar sus rendimientos a escala productiva. De este cruce surgió la nueva línea genética **S0-1x4x5**. En este trabajo, se experimentó con la tercera generación **S3-1x4x5**, con la cual se obtuvo un aumento en el valor de los índices de diversidad alélica y heterocigosidad.

Se encontraron diferencias significativas para todos los parámetros evaluados entre ambos lotes. Esto se debió, fundamentalmente, a la escasa variabilidad de **S1-5** y a la influencia de la nueva información genética que aportó el cruzamiento. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pérez-Beloborodova *et al.* (2012), al evaluar la primera descendencia de tres lotes puros **S1-2**, **S1-3** y **S1-4** y dos cruzamientos **S1-1xS1-3** y **S1-2xS1-3**. Estos autores obtuvieron mayores valores de Na, Ne, He y Ho en el cruce **S1-2xS1-3** que en la descendencia **S1-2** por sí sola.

En este trabajo, los valores de Ho (0,7) y He (0,7) en el lote obtenido por cruzamiento **S3-1x4x5** se consideran de una elevada diversidad genética según lo reportado en sus estudios por Zhang *et al.* (2014). Estos autores emplearon siete marcadores microsatélites para evaluar la diversidad genética de siete lotes de *L. vannamei* introducidos en China y reportaron valores de 0,526 para Ho y 0,754 para He, con valores de Na y Ne similares a los obtenidos en este trabajo.

Indicadores productivos de S7-1, S6-4 y S1-1x4.

Los valores promedio de los indicadores productivos de los lotes puros de *L. vannamei* S7-1 y S6-4, así como el lote producto del cruce entre ambos S1-1x4, pueden revisarse en la Figura 3. Tanto la S6-4 como la S1-1x4, mostraron valores superiores y significativamente diferentes ($P < 0,05$) en cuanto al *peso final* en el momento de la cosecha y al *rendimiento* con respecto al lote S7-1. Por otro lado, se observa superioridad en la *supervivencia* lograda con el cruce S1-1x4.

La producción de biomasa total está estrechamente relacionada a las ganancias obtenidas en la industria acuícola y depende del número y del peso final de los organismos cultivados (Campos-Montes *et al.* 2013). Por lo tanto, los estudios relacionados con el crecimiento y la supervivencia de los animales en cultivo resultan de vital importancia para medir los impactos en la industria de la camaronicultura.

El valor del indicador productivo *supervivencia* obtenido en la primera descendencia del cruce S1-1x4, fue el más elevado significativamente ($P < 0,05$) con respecto a los otros dos lotes analizados. De manera general, S7-1 y S6-4 reportaron valores de *supervivencia* por encima del 50 % y *rendimientos* superiores a los 900 kg/ha/

ciclo. Con fundamento en lo anterior, se decidió cruzar ambos lotes con el objetivo de obtener descendientes con índices productivos similares o superiores, manteniendo un manejo adecuado de estos animales en los estanques de engorde comercial.

Los indicadores productivos, en especies acuícolas, dependen tanto de factores genéticos como ambientales y tienen una relación directa con la resistencia de los organismos a la presencia de patógenos (Trani 2007). Numerosos estudios han demostrado la influencia de los niveles de endogamia en los cultivos marinos (Rivera-García y Grijalva-Chon 2006). Entre los factores ambientales que influyen en la obtención de buenos rendimientos destacan aquellos que están relacionados con la calidad del agua, la disponibilidad del alimento y los tipos de sistema de manejo en los cultivos.

Aunque se obtuvieron valores satisfactorios de *supervivencia* y *rendimiento* para estas tres progenies evaluadas, el parámetro *peso final* mostró valores promedio entre 12,4 g y 14,6 g, más bajos que los obtenidos por Caballero-Zamora *et al.* (2015). Estos autores reportan en México, animales con *peso final* de 21 g a los 130 días de cultivo, con densidades de siembra entre 10 - 30

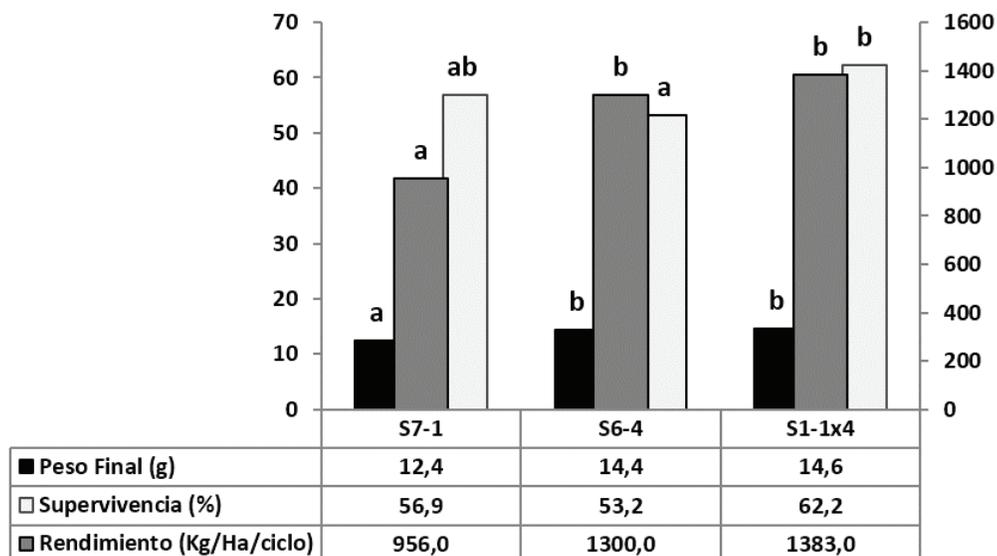


Figura 3. *Peso final* (g), *supervivencia* (%) y *rendimiento* (kg/ha/ciclo) de los lotes S7-1, S6-4 y S1-1x4 de *L. vannamei* cultivados en Cuba. Letras diferentes indican diferencias significativas.

individuos/m². Sin embargo, Campos-Montes *et al.* (2009) también en México, obtuvieron resultados inferiores de *peso final*, con camarones de 13,5 g con la misma duración de los ciclos de cultivo y con una densidad de siembra de 10 individuos/m², lo cual corrobora la importancia de la implementación de un manejo integral adecuado para el cultivo de camarones.

El valor promedio de *supervivencia* obtenido en **S1-1x4** superó el 60 %, similar al valor reportado por Artilles *et al.* (2015) para la décima generación de la primera introducción de *L. vannamei* en Cuba. Estos resultados coinciden con los obtenidos para la misma especie en Costa Rica (59 a 76%) luego de 11 generaciones sucesivas entre los años 1990 y 2001 (Valverde-Moya y Alfaro-Montoya 2014). Sin embargo, fueron inferiores a los reportados en Irán por Sareban *et al.* (2013) al trabajar con una densidad de siembra de 30 individuos/m² en dos ciclos de cultivo de 93 y 110 días, donde obtuvieron entre 80 y 85 % de supervivencia.

Por otro lado, el cruzamiento reportó un índice promedio de *rendimiento* de 1.383 kg/ha/ciclo, ligeramente superior a los 1.322 kg obtenidos en Brasil, en un ciclo de 150 días, con una densidad de siembra de 10 individuos/m² (Krummenauer *et*

al. 2010). En Texas y en Alabama existen reportes de capturas de 1.777 kg/ha/ciclo (Samocha *et al.* 2004) y 2.660 kg/ha/ciclo (Sookying *et al.* 2011) respectivamente, al trabajar en condiciones semi-intensivas de cultivo con una densidad de siembra de 17 individuos/m².

Indicadores productivos de S1-5 y S3-1x4x5.

La primera descendencia de **S1-5** en Cuba, resultó ser diferente significativamente ($P < 0,05$), en todos los indicadores productivos evaluados con respecto al lote obtenido por cruzamiento **S3-1x4x5**, como se observa en la Figura 4. Este último mostró los mayores valores de *peso final*, *supervivencia* y *rendimiento*.

El quinto lote fundador de *L. vannamei* se introduce en Cuba en octubre de 2008, procedente del Shrimp Improvement System (SIS) al igual que las introducciones anteriores. La diferencia con las cuatro introducciones fundamental entre este lote y los precedentes fue la disminución de la variabilidad genética. Numerosos estudios han demostrado que los niveles de heterocigosidad influyen directamente en factores como supervivencia, resistencia a enfermedades y velocidad de crecimiento de organismos en cultivo (Allendorf y Leary 1986, Zouros y Mallet 1989).

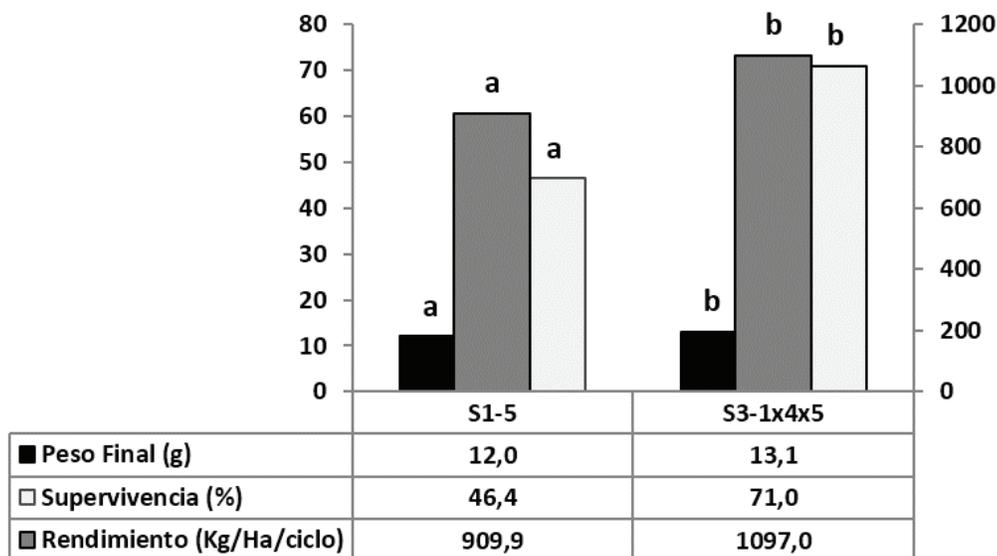


Figura 4. *Peso final* (g), *supervivencia* (%) y *rendimiento* (kg/ha/ciclo) de los lotes **S1-5** y **S3-1x4x5** de *L. vannamei* introducido y cultivado en Cuba. Letras diferentes indican diferencias significativas.

De esta manera, todos los indicadores productivos evaluados del cruce **S3-1x4x5** fueron superiores a los del lote **S1-5**. No obstante, el valor promedio del indicador *peso final* para **S3-1x4x5** fue de 13,1 g. Esto evidencia la repercusión que pueden tener los factores ambientales y antrópicos en los resultados de los indicadores productivos en los cultivos camarónicolas, más allá de la disminución de la diversidad genética de estos lotes. No obstante, al comparar estos valores con los obtenidos por Valverde-Moya y Alfaro-Montoya (2013), al establecer un adecuado plan de manejo en estanques comerciales de Costa Rica, se observa la coincidencia en cuanto a la media del peso final (11,0 g - 13,2 g).

En este estudio, se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el indicador productivo *supervivencia*, entre los dos lotes evaluados, el cruce **S3-1x4x5** reportó valores superiores al 70 %. En un experimento controlado, en Ecuador, con condiciones similares de densidad de siembra (12 animales/m²), en 100 días de cultivo de *L. vannamei*, obtuvieron un 64,8 % de supervivencia (Bayot *et al.* 2013). Por otro lado, Shakir *et al.* (2014) al trabajar con el camarón tigre *Penaeus monodon*, con la misma densidad de siembra, en 120 días de cultivo alcanzó una supervivencia de 51,8 %.

El índice de *rendimiento*, en el caso de **S3-1x4x5**, superó los 1.000 kg/ha/ciclo, por encima de los 746 kg/ha/ciclo reportados por Bayot *et al.* (2013). Sin embargo, Krishna *et al.* (2015) obtuvieron a los 120 días de cultivo, con el empleo del sistema semi-intensivo, 3.541,2 kg/ha/ciclo. En México, Mena-Herrera *et al.* (2006), durante dos temporadas de cultivo de 98 y 140 días, obtuvieron rendimientos por encima de los 7.000 kg/ha/ciclo.

CONCLUSIONES

La baja diversidad genética en los loci analizados en el primer lote fundador, así como en la primera descendencia de los cuatro lotes de *L. vannamei* posteriormente introducidos en Cuba no influyó de manera significativa en sus indicadores productivos. Por otro lado, la primera descendencia del cruce **S1-1x4**, incrementó

los índices de variabilidad genética, así como los parámetros de desempeño productivo de la quinta introducción **S1-5** de *L. vannamei* cultivado en Cuba. Se evidenció, además, que la repercusión de los efectos ambientales y antropogénicos en el cultivo del camarón blanco *L. vannamei* tuvo más influencia sobre el desempeño productivo que la pérdida de variabilidad genética de los lotes evaluados en este estudio.

LITERATURA CITADA

- Allendorf, FW; Leary RF. 1986. Heterozygosity and fitness in natural populations of animals. *In* Soulé ME (ed.). Conservation Biology. The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland, Massachusetts, EE.UU, Sinauer Associates. p. 57-76.
- Andriantahina, F; Liu, X; Feng, T; Xiang, J. 2013. Current Status of Genetics and Genomics of Reared Penaeid Shrimp: Information Relevant to Access and Benefit Sharing. *Marine Biotechnology* 15:399-412.
- Artiles, A; Rodríguez, I; Pérez, A; Pérez, L; Espinosa, G. 2011a. Limitada variabilidad genética de la quinta introducción en Cuba de *Litopenaeus vannamei* estimada con el uso de marcadores microsatélites. *Biología Aplicada* 28:142-146.
- Artiles, A; Rubio, M; González, E; Raico, L; Silveira, R. 2011b. Comportamiento de los virus de crustáceos de declaración obligatoria de la OIE en *Litopenaeus vannamei* de cultivo en Cuba en el período 2003 - 2009. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 28:12-18.
- Artiles, A; Cobo, R; Benítez, L; Pérez, L; Espinosa, G. 2015. Assessment of genetic variation and productive markers through four progenies of the first introduced stock of cultured shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* in Cuba. *International Journal of Aquaculture* 5(23):1-12.
- Bayot, B; Rodríguez, J; Arguello, W; Cornejo-Rodríguez, MH; Sonnenholzner, S. 2013. An evaluation of intraspecific competition for Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*

- (Boone) in extensive/semi-intensive ponds. *Aquaculture International* 22(3):1025-1039.
- Borrell, YJ; Espinosa, G; Vázquez, E; Sánchez, JA; Blanco, G. 2006. Variabilidad genética de loci microsatélites en los primeros lotes de *Litopenaeus vannamei* introducidos en Cuba para la acuicultura. *Revista Cubana de Investigaciones Marinas* 27(3):237-244.
- Caballero-Zamora, A; Montaldo, HH; Campos-Montes, GR; Cienfuegos-Rivas, EG; Martínez-Ortega, A; Castillo-Juárez, H. 2015. Genetic parameters for body weight and survival in the Pacific White Shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* affected by a White Spot Syndrome Virus (WSSV) natural outbreak. *Aquaculture* 447:102-107.
- Campos-Montes, GR; Montaldo, HH; Martínez-Ortega, A; Castillo-Juárez, H. 2009. Genotype by environment interaction effects for body weight at 130 days of age in the Pacific white shrimp [*Penaeus (Litopenaeus) vannamei*]. *Veterinaria México* 40 (3):255-267.
- Campos-Montes, GR; Montaldo, HH; Martínez-Ortega, A; Martínez-Jiménez, A; Castillo-Juárez, H. 2013. Genetic parameters for growth and survival traits in Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* from a nucleus population undergoing a two-stage selection program. *Aquaculture International* 21:299-310.
- Cruz, P; Mejía-Ruiz, C; Pérez-Enriquez R; Ibarra, A. 2002. Isolation and characterization of microsatellites in Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus vannamei)*. *Molecular Ecology Notes* 2:239-241.
- Donato, M; Manrique, R; Ramírez, R; Mayer, L; Howell, C. 2005. Mass selection and inbreeding effects on a cultivated strain of *Penaeus (Litopenaeus)* in Venezuela. *Aquaculture* 247:159-167.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 250p.
- Goyard, E; Arnaud, S; Vonau, V; Bishoff, V; Mouchel, O; Pham, D; Wyban, J; Boudry, P. 2003. Residual genetic variability in domesticated populations of the Pacific blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) of New Caledonia, French Polynesia and Hawaii and some management recommendations. *Aquatic Living Resources* 16:501-508.
- Graur, D; Wen-Hsiung, L. 2000. *Fundamentals of Molecular Evolution*. 2 ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 439 p.
- Krishna, PV; Bhanu, PK; Hemanth, KV; Prabhavathi, K. 2015. Growth, Survival and Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities under semi intensive culture systems in Andhra Pradesh. *International Journal of Advanced Research* 3(9):446-452.
- Krummenauer, D; Cavalli, RO; Ballester, ELC; Wasielesky, WJr. 2010. Feasibility of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research* 41(2):240-248.
- Machado, RJ. 2006. Assessment of genetic variability in two lots of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) introduced to Cuba. Tesis presentada para la obtención del título de Maestro Internacional en Ciencias y Manejo de Pesquerías. 42 p.
- Maggioni, RM; Coimbra, MRM; Costa, RB; Diniz, FM; *et al.* 2013. Genetic variability of marine shrimp in the Brazilian industry. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(8):968-974.
- Mena-Herrera, A; Gutiérrez-Corona, C; Linan-Cabello, M; Sumano-López, H. 2006. Effects of Stocking Densities on Growth of the Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Earthen Ponds. *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 58(3):205-213.
- Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89:583-590.

- Peakall, R; Smouse, P. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6:288-295.
- Pérez-Beloborodova, A; Artiles-Valor, A; Pérez-Jar, L; Hernández-Martínez, D; Guerra-Aznay, M; Espinosa-López, G. 2012. Genetic Characterization of Six Stocks of *Litopenaeus vannamei* used in Cuba for Aquaculture by means of Microsatellite Loci. *International Journal of Zoology* 2012:1-7.
- Pérez-Beloborodova, A; Hernández-Martínez, D; Pérez-Jar, L. 2015. Análisis de la variabilidad genética de la decimoprimer descendencia de la cuarta introducción (F11-4) y de los cruces F3-1x4x5 y F11-4 x F11-2 de *Litopenaeus vannamei* de cultivo en Cuba. La Habana, Cuba. 7p. Informe técnico.
- Pérez-Enríquez, R; Max-Aguilar, A. 2016. Rastreabilidad del pedigrí en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) mediante marcadores genéticos: Una comparación entre microsatélites y SNP. *Ciencias Marinas* 42(4).
- Rivera-García, M; Grijalva-Chon, JM. 2006. Variabilidad y diferenciación genética en camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* de bajo y alto crecimiento. *Ciencias Marinas* 32(1A):1-11.
- Samocha, TM; López, IM; Jones, ER; Jackson, S; Lawrence, AL. 2004. Characterization of intake and effluent waters from intensive and semi-intensive shrimp farms in Texas. *Aquaculture Research* 35(4):321-339.
- Sareban, H; Davoodi, R; Bozorgi, E; Sahu, B; Esmaeilzadeh, A. 2013. Successful Production of Two Crops Per Year of *Litopenaeus vannamei* in Hormozga Province, Iran. *Journal of Applied Aquaculture* 25(1):66-70.
- Shakir, C; Lipton, AP; Manilal, A; Sugathan, S; Selvin, J. 2014. Effect of Stocking Density on the Survival Rate and Growth Performance in *Penaeus monodon*. *Journal of Basic and Applied Sciences* 10:231-238.
- Silveira, R; Pozo, M; Prats, F; Pérez, A; Hernández, D; Medel, M. 2016. Surveillance for the prevention and control of diseases in Cuban aquaculture. *Journal of Aquaculture Research & Development* 7(6) (Supl).
- Sookying, D; Soller, F; Davis, DA; Hanson T. 2011. Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. *Aquaculture* 319:232-239.
- Souza de Lima, AP; Lira-dos Santos, AC; Leite-Dantas, H; Gomes-Filho, MA; Maggioni, R; Moura Coimbra, MR. 2008. Genetic monitoring of broodstocks of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in a closed rearing system in Pernambuco, Brazil. *Aquaculture Research* 39:1461-1466.
- Souza de Lima, AP; Bezerra-Cabral-Da-Silva, SM; Cavalcanti-Oliveira, KK; Maggioni, R; Moura-Coimbra, MR. 2010. Genetics of two marine shrimp hatcheries of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Pernambuco, Brazil. *Ciência Rural* 40:325-331.
- Trani, EC. 2007. Efectos genéticos y ambientales en la sobrevivencia del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* de los 70 a los 135 días de edad. Tesis presentada para obtener el grado de Maestra en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. D.F., México, Universidad Nacional Autónoma de México. 45 p.
- Treece, G. 2015. Florida Shrimp Aquaculture 2015. Florida, USA, Disponible en <http://bit.ly/2TJBTsA>
- Valles, R. 2005. Estudios de estructura genética del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) del Pacífico Oriental inferidos mediante análisis de microsatélites y ADN mitocondrial. Estudios postgraduados. La Paz. México, Centro de Investigaciones biológicas del Noroeste. 74p.
- Valverde-Moya, JA; Alfaro-Montoya, J. 2013. La experiencia del cultivo comercial de camarones marinos en estanques de producción

- en Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 5:87-105.
- Valverde-Moya, JA; Alfaro-Montoya, J. 2014. Productivity and profitability of shrimp mariculture in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 6:37-53.
- Walsh, P; Metzger, D; Higuchi, R. 1991. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques* 10:506-510.
- Wolfus, G; García, G; Alcivar-Warren, A. 1997. Application of the microsatellite technique for analyzing genetic diversity in shrimp breeding programs. *Aquaculture* 152:35-47.
- Zhang, K; Wang, W; Li, W; Zhang, Q; Kong, J. 2014. Analysis of genetic diversity and differentiation of seven stocks of *Litopenaeus vannamei* using microsatellite markers. *Journal of Ocean University of China* 13(4):647-656.
- Zouros, E; Mallet, AL. 1989. Genetic explanations of the growth/heterozygosity correlation in marine mollusks. *In* Ryland, S; Tyler, PA (eds.). *Reproduction, Genetics and Distribution of Marine Organisms. Proceedings of the XXIII European Marine Biology Symposium, Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark*, p. 317-324.

Stomach content of ichthyofauna present at the vicinity of Cobia fish culture cages in Bahía de Cochinos, Cuba

Diana Martínez Coello^{1*}, Pascual Rodríguez Cruzata¹, Alexander Lopeztegui Castillo^{1,2}

¹Ministerio de la Industria Alimentaria, Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba. ²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México. *:E-mail: diana23@cip.alinet.cu

ABSTRACT

Stomach content analysis is one of the most efficient methods to identify dietary components in the marine organisms and to infer feeding behaviors. This study was aimed to determine the natural diet composition of ichthyofauna present at the vicinity of Cobia fish culture cages in Bahía de Cochinos, and also to infer changes in the trophic spectrum of this ichthyofauna. The stomach contents of 103 fish individuals were analyzed after being collected between May and June 2015 in the morning and afternoon. The frequency of occurrence index (FO), gravimetric analysis (G) and relative importance index (RII) were calculated. Fish species with the highest representation in the collections were yellowtail snapper (*Ocyurus chrysurus*, 68.9 %) and blue runner (*Caranx crysos*, 22.3 %). There were 16 feed items identified belonging to five groups: fish, crustaceans, mollusks, echinoderms, and vegetable remains. In both periods (morning and afternoon) preferential preys were fish (FO=57.1 % and 65.7 %, respectively). Furthermore, feed remains were found and were classified as a secondary item based on their occurrence. However, according to G and RII indexes, it was the most important item according to weight and the unique with at least secondary relative importance. Feed ingestion moves fish trophic spectrum mainly at feeding times in the cages and, allows a decrease of organic matter accumulation under cages and facilitates its suspension and transport to other areas in the vicinity of the cages.

Key words: aquaculture, *Rachycentron canadum*, aquatic organisms.

Contenido estomacal de la ictiofauna presente en la cercanía de jaulas de cultivo de peces Cobia en Bahía de Cochinos, Cuba

RESUMEN

El análisis del contenido estomacal es uno de los métodos más eficientes para identificar componentes dietéticos en organismos marinos e inferir comportamientos alimentarios. El objetivo fue determinar la composición de la dieta natural de la ictiofauna en la cercanía de jaulas de cultivo de peces Cobia en Bahía de Cochinos e inferir el efecto del cultivo en el espectro trófico de esta ictiofauna. Se analizó el contenido estomacal de 103 ejemplares colectados entre mayo y junio del 2015, durante la mañana y la tarde. Se calculó la frecuencia de ocurrencia (FO), análisis gravimétrico (G) y el índice de importancia relativa (IIR). Las especies de peces con mayor representación en las colectas fueron las rabirrubias (*Ocyurus chrysurus*, 68,9 %) y las cojinúas (*Caranx crysos*, 22,3 %). Se identificaron 16 entidades alimentarias pertenecientes a 5 grupos de organismos: peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y material vegetal. En ambos períodos, los peces fueron las presas preferenciales (FO=57,1 % y 65,7 %, respectivamente). Se encontraron además restos de pienso, el cual se clasificó como entidad secundaria con base en su ocurrencia. No obstante, los valores de G y IIR mostraron que es el más importante en términos de peso y el único con importancia relativa secundaria. La ingestión de restos de pienso desplazó el espectro trófico de los peces hacia dicha entidad alimentaria, principalmente en los momentos de suministro, disminuyendo la acumulación de materia orgánica debajo de las jaulas y facilitó su resuspensión y transporte hacia otras zonas del ambiente cercano a las jaulas.

Palabras clave: acuicultura, *Rachycentron canadum*, organismos acuáticos.

Aprobado: diciembre 2018

INTRODUCTION

Cage aquaculture has grown rapidly over the last decades and currently undergoing major changes in response to pressures from globalization and increase in global demand for aquatic products (Halwart *et al.* 2008). The impact of aquaculture on floating cages is small and highly localized. However, seafloor close to such cages is subject to a large deposition of fecal material and unconsumed food (Vita *et al.* 2002). Increase in organic matter causes physicochemical sediment changes, which causes a reduction in the biological diversity of benthic organisms. However, in some cases they offer new resources to wild fish populations, which allows densities of some species of fish and invertebrates of surrounding communities to increase (Vita *et al.* 2002).

Food is an essential element of the aquatic environment which influences growth, survival and reproduction of organisms (Brewer and Rabeni 2008). It is also a key factor in the fish abundance and defines the structure of communities limiting the number of species and individuals that can coexist in the same area (Piet *et al.* 1998, Hernández-Aguilar *et al.* 2016).

In most cases, it is difficult to observe fish feeding. Therefore, analysis of the stomach contents becomes one of the most efficient methods to identify the components of the natural diet (Estupiñán-Montaño *et al.* 2018). This test is a valuable tool to infer how energy flows in a trophic network and to determine fish interactions with other species within a community (Krebs 1989, Hernández-Aguilar *et al.* 2016). Moreover, this method allows estimating the organisms' variability in the feeding areas through the description and quantification of dams (Canto-Maza and Vega-Cendejas 2008, Valenzuela-Quíñonez *et al.* 2018).

Nowadays Cuba is realizing various aquaculture activities with different species. One of the most expectative is on the Cobia (*Rachycentron canadum*; Linnaeus 1766), which is now developing for first time. Estimating the Cobia aquaculture impact on natural environment is necessary for a quickly and healthy developing of this activity and to infer the culture effect in the fish trophic spectrum found at the site. The aim of this study

was to determine the natural diet composition of ichthyofauna associated farming cages holding Cobias at the Bahía de Cochinos, Cuba.

MATERIALS AND METHODS

Study location

This study was carried out in the Bahía de Cochinos, at 22°12'51" N, 81°11'36" W (Figure 1). At this location two Cobia fish culture cages were placed; each cage was a cylindrical structure (19 m of diameter) and were situated following the consideration of Norwegian specialists (personal communication). The cages bottom was located at 8.0 m and the maximum depth at the sampling site was 18 m. This is first pilot experience in Cuba and began with 1230 Cobias per cage.

Fish catch and sample collection

A sample of 103 stomachs of caught fish around Cobias farming cages, was analyzed. Catches were made in May and June 2015 at morning (between 6 a.m. and 12 m.) and afternoon (from 12 m. to 5 p.m.), through hook and line, using fish flesh as bait. Each specimen was recorded with species name, time of capture, total length (cm) with a precision of 0.1 and total weight (g) with a precision of 0.1. Fish species identification was based on the criteria of Guitart (1974), Humman (1997) and Claro *et al.* (2001).

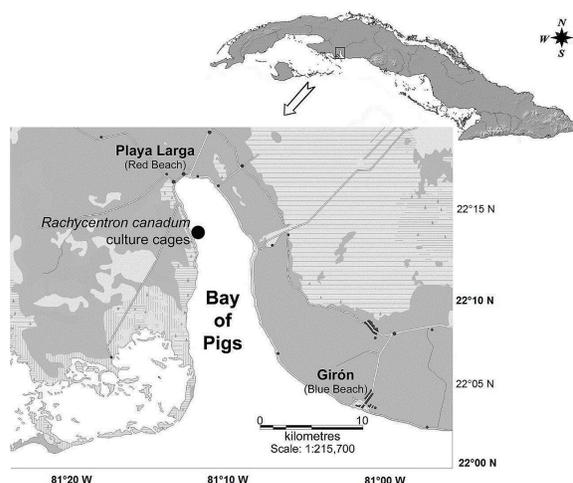


Figure 1. Location of the sampling area in the Bahía de Cochinos, Cuba.

For extraction of stomach contents, each fish was eviscerated in the field after capture, making a ventral longitudinal cut from the top edge of the opercula to the anus. The stomach was separated from the esophagus and intestine using cuts on the cardias and on the pyloric caeca; then, the stomach was knotted at both ends to prevent loss of content and preserved by freezing for further analysis.

Laboratory analysis

The stomachs were weighed before and after extracting their contents, using a digital technical balance (Kern EMB 600-2; precision of 0.01 g). The stomach contents were analyzed using a stereomicroscope and specialized literature (Clothier 1950; Zúñiga-Romero 2002a, 2002b; Redfern 2013); the items present were identified to the lowest taxonomic level permitted by the food digestion level. Bait fragments were excluded from processing. The following determinations were made from the analysis of the stomach content: repletion index (RI), vacuity coefficient (V), frequency of occurrence index (FO), gravimetric method (G) and the relative importance index (RII). Repletion index was determined according Franco and Bashirullah (1992).

$$RI = \frac{\text{weight of stomach contents (g)} \times 100}{\text{fish weight (g)}}$$

Based on this index, the stomachs were classified as full ($RI \geq 1$), half full ($0.5 \leq RI < 1$) and empty ($RI < 0.5$). Vacuity coefficient was calculated according to the following equation.

$$V = \left[\frac{\text{empty stomachs (Ev)}}{\text{total number of stomachs (Et)}} \right] \times 100$$

The quantitative analysis was based on the indexes determination frequency of occurrence index (FO) and gravimetric method (G), proposed by Hyslop (1980).

$$FO = \frac{n}{NE} \times 100$$

Where:

n = number of stomachs containing some prey item.

NE = total number of stomachs with food.

$$G (\%) = \frac{p}{PT} \times 100$$

Where:

p = prey weight.

PT = total weight of prey items.

The entities found were grouped as accidental ($FO < 10$), secondary ($10 < FO < 50$) and preferential ($FO > 50$), according the food categories proposed by Franco and Bashirullah (1992). To estimate the importance of each food category in the diet composition, the relative importance index (RII) was calculated using the equation modified by Olaya-Nieto *et al.* (2003).

$$RII = \frac{FO (\%) \times G (\%)}{100}$$

For the classification of RII, the following criteria were used: 0-10 % lower relative importance, 10-40 % secondary relative importance and 40-100 % high relative importance.

Comparisons were also made between two different periods according to capture time: morning (between 6 a.m. and 12 m.); afternoon (from 12 m. to 5 p.m.). To evaluate the differences in FO between the periods, a bifactorial ANOVA was used. G index was determined for items with a greater weight than 0.1 g.

RESULTS AND DISCUSSION

The captured fish belonged to 10 species. Total length of caught fish ranged between 16 and 75 cm with an average weight of 262 g. Fish largest congregations were sighted between 5 and 10 m of depth, near the cages bottom. The species with the highest representation in the captures were the yellowtail snapper (*Ocyurus chrysurus*; Bloch 1791) with occurrence of 68.9 % and blue runner (*Caranx crysos*; Mitchill 1815) with 22.3 % (Table 1). The calculation of RI showed that most of the stomachs were empty (56.3 %), while 7.8 % were classified as half full and the remainder as full (35.9 %). Vacuity coefficient was 21.4 %.

The high proportion of empty stomachs (RI = 56.3 %) may be due to the expulsion of ingested organisms caused by post-capture handling. Regurgitation produced by the contraction of the

Table 1. Fish species captured at the location site of Cobia fish culture cage in Bahía de Cochinos

Scientific name	Specimens (n)	Occurrence (%)	Stomachs with food content (n)	Empty stomachs (n)
<i>Ocyurus chrysurus</i>	71	68.9	56	15
<i>Caranx fusus</i>	23	22.3	18	5
<i>Sparisoma viride</i>	2	1.9	2	0
<i>Lutjanus analis</i>	1	1	1	0
<i>Caranx latus</i>	1	1	0	1
<i>Caranx ruber</i>	1	1	1	0
<i>Lutjanus apodus</i>	1	1	1	0
<i>Calamus calamus</i>	1	1	1	0
<i>Rachycentron canadum</i>	1	1	0	1
<i>Dasyatis sayi</i>	1	1	1	0
Total	103	100	81	22

esophageal muscles, have been described as a strategy of defense and escape (Olaya-Nieto *et al.* 2009), but can also occur when fish are rising rapidly or in response to a violent catch. This phenomenon can be stimulated by the use of hooks (used in this study) and gillnets to catch individuals (Rojas 1996). On the other hand, it is usual to find a higher proportion of empty stomachs in carnivorous fish (the most abundant in this study), because they have stomachs with greater volume than herbivores and omnivores (Olaya-Nieto *et al.* 2009).

Sixteen food categories were established from the identified material (both from plant and

animal origin) belonging to the following groups of organisms: fish, crustaceans (crabs, shrimps, amphipods, isopods and copepods), mollusks (gastropods, bivalves and polyplacophorans), echinoderms (brittle stars and sea urchins) and vegetable remains. Further, artificial feed remains provided to Cobia, were found in the stomachs evaluated. This item was named food (F) and together with the remains of crustaceans, shells and plants, formed the group of secondary elements, according to their frequency of appearance. Except for fish remains, a unique preferred item, the other food categories were classified as accidental (Figure 2).

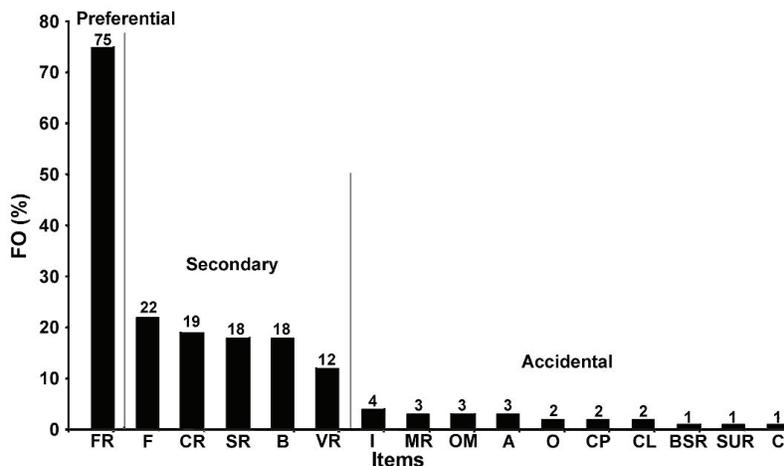


Figure 2. Frequency of occurrence (FO) of food items present in the stomach contents of captured fish species (FR: fish remains, F: feed, CR: crustacean remains, SR: shell remains, B: bait, VR: vegetable remains, I: isopods, MR: mineral remains, OM: organic matter, A: amphipods, O: opercula, CP: chiton plates, CL: crustacean larvae, BSR: brittle stars remains, SUR: sea urchins remains and C: copepods).

The repletion index analysis showed a higher percentage of fish caught on the afternoon, had full stomachs (RI = 41.5%), compared to fish caught on the morning (RI = 16.7 %). Conversely, empty stomachs were less numerous on the afternoon (RI=51.2 %) than on the morning (RI=62.5 %). Similarly, the half full stomachs were less frequent on the afternoon (RI=7.3%) than on the morning (RI=20.8 %).

The preferred food item was fish remains in both periods (FO=57.1 % and 65.7 %, respectively). The remaining food items were less important in the fish diet, for the same periods and were considered secondary or accidental (Figure 3). Referring all identified item (Figure 4A) no significant difference were found. Similar results were obtained when comparing item grouped by food categories (Figure 4B).

That could be explain by the fact that feed were almost the unique item found in those stomachs. Most number of fish were caught on the afternoon, around 5:00 p.m., while supplying feed for the Cobias or soon after. The similar frequency of occurrence of food categories in both periods,

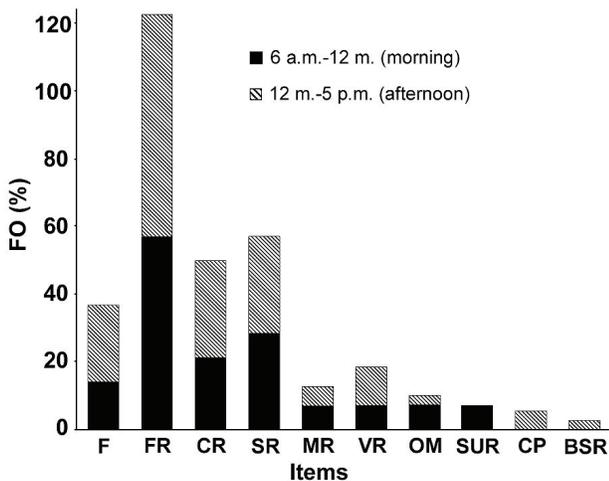


Figure 3. Frequency of occurrence (FO) of food categories present in the stomach contents of captured fish species, according to capture time (F: balanced feed, FR: fish remains, CR: crustacean remains, SR: shell remains, MR: mineral remains, VR: vegetable remains, OM: organic matter, SUR: sea urchins remains, CP: chiton plates and BSR: brittle stars remains).

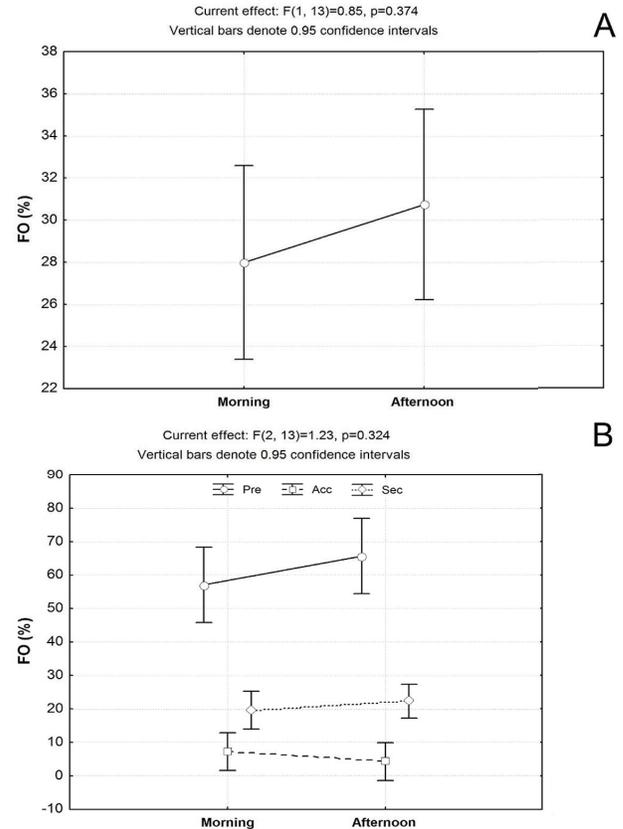


Figure 4. Bifactorial ANOVA for comparison FO between both periods (morning and afternoon), (A): showing all identified items and (B): showing classified food categories (**Pre**: preferential, **Sec**: secondary and **Acc**: accidental).

could mean similar diets. It shows a balance in the consumption of prey between both periods. So, regarding FO, it suggests the same consumption (morning and afternoon) for the fish at the vicinity of Cobia culture cages.

Fragments of gastropod species like *Cerithium litteratum* (Born 1778), *Diacavolinia longirostris* (Blainville 1821) and the bivalve *Tagelus* sp. (Gray 1847) were identified. Vegetable remains were represented by marine plants, mainly *Thalassia testudinum* (Koenig 1805).

The weight determined by gravimetry, in addition to the RII, showed that the balanced feed was the most representative item, also the only food item with secondary relative importance. The other food items were included into the low importance category (Figure 5A and B, respectively).

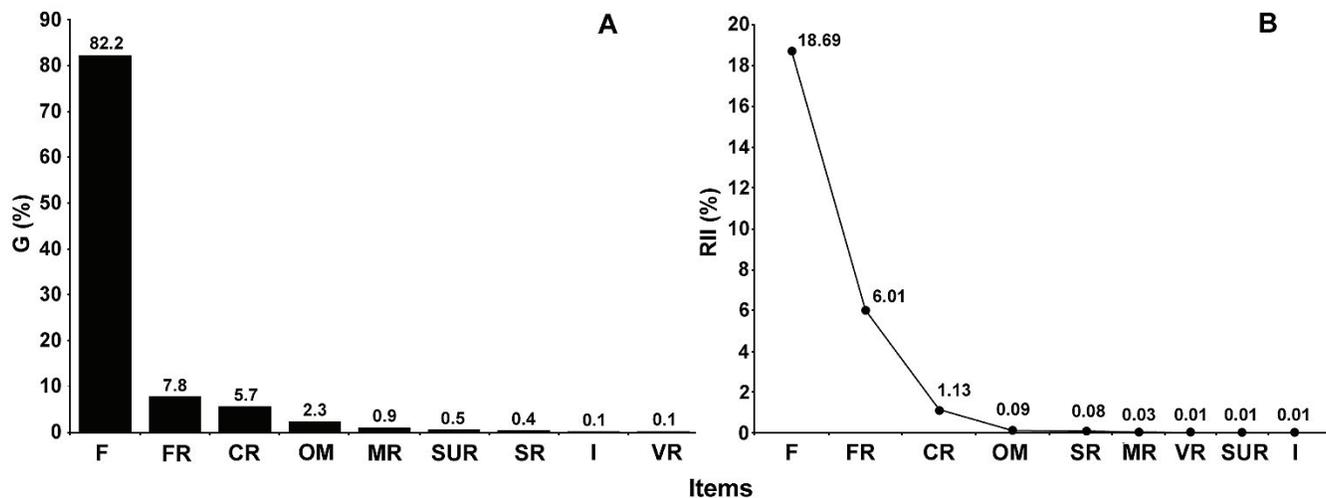


Figure 5. Gravimetric Index (A) and Relative Importance Index (B) of food items present in the stomach contents (F: balanced feed, FR: fish remains, CR: crustacean remains, OM: organic matter, MR: mineral remains, SUR: sea urchins remains, SR: shell remains, I: isopods and VR: vegetable remains).

This corroborates the reports by Bjordal and Skar (1992) and Valle-Pérez (2005), which indicated that feed not eaten by Cobias is consumed by fish at the vicinity of area. The preferential intake of this item could be caused by its greater palatability compared to natural foods. The feed granules are composed of fishmeal, soybean meal, fish oil, gluten meal, corn, wheat, vitamins and minerals that improve their organoleptic properties (color, smell, taste, texture), and became a most attractive food.

The bromatological composition of extruded feed (according to the manufacturer Skretting, Canada) indicates that it contains between 50 - 55 % of crude protein, 15 - 18 % of crude fat and 1.5 % of crude fiber, which supplies the fish's energy requirements. The main advantages of extruded feeds are: better digestibility of carbohydrates, better utilization of vegetable protein, slower digestion and increased floatability and stability of the granules (Vergara-Martín *et al.* 2005). This last advantage allows fish to capture feed particles with less energy investment than capturing natural preys.

The stomachs containing feed (66.6 %), also had scales in them. Most of these stomachs did not have any other fish remains inside (like fish-bones, muscle, fins). This could be because the sampled specimens and Cobias fish ate feed at

the same time, thus ingesting the released scales from animals in captivity.

Feed consumption by fish at the vicinity farming cages prevents the accumulation of food that would drop to the bottom and its negative effect on benthic communities and sediments. The effects on the environment due to the discharge of organic materials from aquaculture facilities are softened by wild ichthyofauna (Vita *et al.* 2002). This aspect is also favored by other factors such as speed and direction of marine currents, water temperature, depth of the site and the physical and chemical properties of waste particles (Buschmann 2001).

The attraction of fish to the floating cages is due to several factors, like increased availability of food resources and improved habitat structural diversity, among other (Gooding and Magnuson 1967, Lopeztegui-Castillo *et al.* 2018). In addition to the availability of artificial feed, a lot of invertebrates associated with nets, tubes, ropes, buoys and other devices of the floating structure, are preys for some fish.

Furthermore, culture cages also increase the refuge availability, contributing to the aggregating effects on the fish species in the surroundings. These structures are often used by some pelagic and demersal fish as recruitment areas (Deudero

et al. 1999, Lopeztegui-Castillo *et al.* 2018). Fish aggregations around the cages primarily include small specimens that favor the arrival of bigger predatory fish species, increasing the biomass of the different levels in the food web.

The diet of the yellowtail snapper (the most abundant species) included a wide variety of prey items. According to Claro and Lindeman (2008), its high richness diet is a particular characteristic of the species trophic biology. This may be a consequence of its pursuit behavior for prey, since this snapper, in addition to feeding at night, like other snapper species, does not restrict its feeding activity to the benthic zone and also feeds through the column of water and even on the surface (Sierra 1996). These characteristics promote *O. chrysurus* as a typical species that lives at the vicinity of floating aquaculture cages.

CONCLUSIONS

Most abundant fish at the vicinity of *Rachycentron canadum* culture cages were the yellowtail snapper (*Ocyurus chrysurus*) and the blue runner (*Caranx fuscus*), which respectively represented the 68.9 % and 22.3 % of a total 103 captured fish.

The natural diet of the ichthyofauna at the vicinity of *Rachycentron canadum* culture cages in Bahía de Cochinos, is composed of 16 food items belonging to the following groups: fish, crustaceans (crabs, shrimp, amphipods, isopods and copepods), mollusks (gastropods, bivalves and polyplacophorans), echinoderms (brittle stars and sea urchins) and plant remains. Only fish remains were classified as preferential item (high frequency of occurrence), which confirms that captured individuals were mainly ichthyophagi.

The feed constituted, along with crustaceans, shells and plant remains, the group of secondary items based on the frequency of occurrence. However, feed was the most significant item in terms of weight (gravimetry) and relative importance index (RII), evidencing their representativeness in the diet of analyzed fish.

Most fish at the vicinity of the culture cages are shifting their trophic spectrum toward feed item,

which does not imply the absence of natural food items in their diet.

LITERATURE CITED

- Bjordal, A; Skar, AB. 1992. Tagging of saithe (*Pollachiusvirens* L.) at a Norwegian fish farm: preliminary results on migration. ICES Council Meeting Papers, 1992/G:35.
- Brewer, SK; Rabeni, CF. 2008. Seasonal and diel habitat shifts by juvenile ictalurids in a flow-regulated prairie river. *American Midland Naturalist* 159(1):42-54.
- Buschmann, A. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo. Santiago: Fundación Terram, 67 p.
- Canto-Maza, WG; Vega-Cendejas, ME. 2008. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* 56(4):1837-1846.
- Claro, R; Lindeman, KC. 2008. Biología y Manejo de los Pargos (Lutjanidae) en el Atlántico Occidental. Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba. 472 p. CD-ROM, ISBN 978-959-298-011-2.
- Claro, R; García-Arteaga, JP; Pina-Amargós, F. 2001. La ictiofauna de los fondos blandos del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 22(2):117-128.
- Clothier, CR. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. Department of Natural Resources, Division of Fish and Game, Bureau of Marine Fisheries. California, 88 p.
- Deudero, S; Merella, P; Morales-Nin, B; Massuti, E and Alemany, F. 1999. Fish communities associated with FADs. *Scientia Marina* 63(3-4):199-207.
- Estupiñán-Montaño, C; Pacheco-Triviño, F; Cedeño-Figueroa, LG; Galván-Magaña, F; Estupiñán-Ortiz, JF. 2018. Diet of three shark species in the Ecuadorian Pacific, *Carcharhinus falciformis*, *Carcharhinus limbatus* and *Nasolamia*

- velox (online). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 98(4):927-935. Consulted 15 Jun. 2018. Available in DOI: 10.1017/S002531541600179X
- Franco, L; Bashirullah, KM. 1992. Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco Estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Tropical 10(2):219-238.
- Gooding, RM; Magnuson, JJ. 1967. Ecological significance of a drifting object to pelagic fishes. Pacific Science 21:486-497.
- Guitart, MD. 1974. Sinopsis de los peces marinos de Cuba. Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba, v. 4, 881 p.
- Halwart, M; Soto, D; Arthur, JR. 2008. Acuicultura en jaulas: Estudios regionales y panorama mundial. Roma, Italia. 255 p. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498.
- Hernández-Aguilar, SB; Escobar-Sánchez, O; Galván-Magaña, F; Abitia-Cárdenas, LA. 2016. Trophic ecology of the blue shark (*Prionace glauca*) based on stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) and stomach content (online). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 96(7):1403-1410. Consulted 20 Feb. 2018. Available in doi: 10.1017/S0025315415001393.
- Humman, P. 1997. Guía de peces del Caribe. España, M&G Difusión, 189 p.
- Hyslop, EJ. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. Journal of Fish Biology 1(7):411-429.
- Krebs, CJ. 1989. Ecological Methodology, In Harper, Row (eds.), New York, USA, Harper Collins Publisher, 654 p.
- Lopeztegui-Castillo, A; Rodríguez-Cruzata, P; Martínez-Coello, D. 2018. Impacto del cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) sobre las comunidades biológicas del oeste de bahía de Cochinos, Cuba. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 52(1):7-20.
- Olaya-Nieto, C; Tobías-Arias, AJ; Segura-Guevara, F; Brú-Cordero, SB; Tordecilla-Petro, G. 2003. Modificación del índice de importancia relativa (IIR) de Yáñez-Arancibia, Curiel-Gómez y Leyton (1976). Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Acuicultura, Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Lorica.
- Olaya-Nieto, C; Soto-Fernández, P; Barrera-Chica, J. 2009. Hábitos alimentarios de la mayupa (*Sternopygus macrurus*, Bloch and Schneider 1801) en el río Sinú, Colombia. Revista MVZ Córdoba 14(3):1787-1795.
- Piet, GJ; Pfisterer, AB; Rijnsdorp, AD. 1998. On factors structuring the flatfish assemblage in the southern North Sea. Journal of Sea Research 40:143-152.
- Redfern, C. 2013. Bahamian Seashells: 1161 Species from Abaco, Bahamas. Bahamian seashells, St. Andrews, Boca Raton, Florida.
- Rojas, MJR. 1996. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 44(3)/45(1):471-476.
- Sierra, LM. 1996. Relaciones tróficas de los juveniles de cinco especies de pargo (Pisces: Lutjanidae) en Cuba. Revista de Biología Tropical 44(3)/45(1):499-506.
- Valenzuela-Quíñonez, F; Galván-Magaña, F; Ebert, DA; Aragón-Noriega, EA. 2018. Feeding habits and trophic level of the shovelnose guitarfish (*Pseudobatos productus*) in the upper Gulf of California (online). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 98(7):1783-1792. Consulted 25 Nov. 2018. Available in DOI: 10.1017/S0025315417000832
- Valle-Pérez, C. 2005. Impactos antrópicos sobre la ictiofauna litoral. Tesis presentada para la obtención del título de Doctor en Ciencias, Alicante, España, Universidad de Alicante, 412 p.
- Vergara-Martín, JM; Haroun-Tabraue, RJ; González-Henríquez, MN; Molina, L; Briz-Miquel, MO; Boyra, A; Gutiérrez Martínez de Marañón, L; Ballesta, A. 2005. Evaluación de impacto ambiental de acuicultura en jaulas en Canarias (online). Telde, España. 110 p. Consulted 15 Jan. 2018. Available in <https://bit.ly/2Jx7nfK>

Vita, R; Marín, A; Madrid, JA; Jiménez-Brinquis, B; César, A; Marín-Guirao, L. 2002. Impacto ambiental de la acuicultura en el bentos marino: experimentos de exclusión-inclusión. Boletín del Instituto Español de Oceanografía 18(1-4):75-86.

Zuñiga-Romero, O. 2002a. Guía de biodiversidad Macrofauna y algas marinas. Moluscos (online). Antofagasta, Chile. nº 1. v. 1, 43 p. Consulted 15 Jan. 2018. Available in <https://bit.ly/2xCF1Oi>

Zuñiga-Romero, O. 2002b. Guía de biodiversidad Macrofauna y algas marinas. Crustáceos (online). Antofagasta, Chile. nº 2. v. 1, 39 p. Consulted 15 Jan. 2018. Available in <https://bit.ly/3bJCukg>

Caracterización y tipificación de los sistemas productivos de ceba de ganado bovino en la Orinoquia colombiana

Adriana María Molina Romero¹; Jorge Humberto Argüelles Cárdenas¹; Manuel Eduardo Ostos Triana¹; Luis Gabriel Duque Muñoz^{1*}

¹Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). Villavicencio, Colombia. *Correo electrónico: lgduque@agrosavia.co.

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar y tipificar los sistemas de producción de ganado de ceba, predominantes en el Piedemonte Llanero y la Altillanura plana de la Orinoquia colombiana, se seleccionaron mediante muestreo estratificado, 327 unidades productoras dedicadas a la ceba de ganado bovino. Se aplicó una encuesta para evaluar las variables: área total de la UP, área en pastos, área con mantenimiento de praderas y para la actividad de ceba; peso y edad de los animales al entrar y salir del sistema productivo, total de animales comercializados, proporción de machos cebados, orientación del hato, experiencia del productor y tipo de tenencia de la tierra. Se aplicaron análisis de componente principales (ACP) y análisis de conglomerados (AC). Se identificaron cuatro grupos homogéneos de Unidades Productoras (UP), denominadas: UP pequeñas, UP medianas, UP grandes y UP grandes con orientación a ceba de hembras. Se observó la existencia de variables diferenciadoras relevantes (tamaño de las UP, manejo de las praderas, área de pastos dedicada a la ceba, ganancia de peso y preferencia de ceba de machos y/o hembras).

Palabras claves: sistemas de producción, ganado bovino, producción de carne.

Characterization and typification of cattle fattening production systems in the Colombian Orinoquia

ABSTRACT

In order to characterize and typify fattening cattle production systems, predominant in the Piedemonte Llanero and the flat Altillanura of Colombian Orinoquia, 327 production units dedicated to fattening cattle were selected through stratified sampling. A survey was applied to evaluate the variables: total UP area, pastures area, grassland maintenance area, and fattening activity; weight and age of animals when entering and leaving the production system, total number of traded animals, proportion of fattened males, the herd orientation, producer experience and type of land tenure. Principal component analysis (ACP) and cluster analysis (AC) were applied. Four homogeneous groups of Production Units (UP) were identified, called: small UP, medium UP, large UP and large UP with fattening orientation of female. The existence of relevant differentiating variables was observed (size of the UP, grassland maintenance, pasture area for fattening activity, weight gain, and preference of fattening males and/or females).

Key words: production systems, cattle, meat production.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en Colombia constituye una de las actividades agropecuarias más importantes ya que representa cerca del 1,7 % del PIB nacional, 20 % del PIB agropecuario y 53 % del PIB pecuario (Grupo Bancolombia 2018). Para el año 2018, la población bovina nacional estaba distribuida en 600.578 predios y compuesta aproximadamente por 26.413.227 animales, de los cuales el 65,8 % fueron hembras y el 34,2 % machos (ICA 2018). El 58,6 % del total nacional se correspondió al sistema de producción de carne (cría, levante, ceba), 35 % a la ganadería doble propósito, mientras que 6,4 % a la lechería especializada (Grupo Bancolombia, 2018). De acuerdo al ICA (2018), 67,75 % del total nacional, se encuentra ubicado principalmente en los siguientes departamentos: Antioquia, que contribuye en mayor porcentaje a ésta población (11,5 %), mientras que los otros departamentos aportan de la siguiente manera: Casanare (7,54 %), Córdoba (7,84 %), Meta (7,38 %), Caquetá (6,85 %), Santander (6,04 %), Cesar (5,36 %), Cundinamarca (5,39 %), Magdalena (5,15 %) y Boyacá (4,44 %).

Por otra parte, la Orinoquia colombiana tiene una incidencia importante en el sector ganadero, la misma está conformada por los departamentos Arauca, Casanare, Guainía, Guaviare, Meta, Vaupés y Vichada. Esta región comprende aproximadamente 26 millones de ha, de las cuales el 53 % pertenece a la Orinoquia bien drenada, que incluye las terrazas aluviales y la altillanura plana y disectada (Rivera y Amézquita 2013), y se extiende desde el piedemonte de la cordillera Oriental, hasta el límite con Venezuela en el río Orinoco (Caicedo 2016). Cuenta con 5.770.120 cabezas en una superficie de 434.168 km² (García 2018), lo que representa el 20 % de los bovinos del país. La mayor concentración de ganado se encuentra en Casanare, Meta y Arauca con más de un millón de animales por departamento, seguidos por Guaviare y Vichada con 500.000 cabezas cada uno, mientras que Guainía y Vaupes no alcanzan los 5.000 animales (García 2018), lo que se considera una distribución por departamento desigual.

La producción de ceba bovina es una de las más importantes actividades productivas en esta región, la cual se realiza bajo un modelo extensivo (García, 2018). Este modelo puede tener efectos considerables sobre los suelos, su capa vegetal y el medio ambiente (Marín *et al.* 2017, García 2014).

El sistema de producción de ceba de la Orinoquia, se le considera como un sistema homogéneo en cuanto al ambiente productivo en el que se establece, la estructura y el uso de recursos productivos disponibles en las unidades de producción, las prácticas utilizadas y la implementación de tecnologías, los niveles alcanzados de los costos de producción y la vinculación comercial con mercados para la transacción del producto (carne). Esta apreciación, no es concordante con la realidad integral (productiva, socioeconómica y geográfica) de la región, puesto que la heterogeneidad de las variables cuantitativas y cualitativas en los sistemas productivos está dada por diversas condiciones sociales, productivas y económicas (Carrillo *et al.* 2011). Así mismo, esta valoración homogénea del sistema constituye una limitante para el reconocimiento, identificación y localización específica de ambientes diferenciados en los que se establece la producción de ceba bovina.

El reconocimiento de la heterogeneidad de los hogares y de los sistemas que desarrolla la economía campesina contribuye al conocimiento de la dinámica de desarrollo agrícola de una región, de las relaciones entre las fincas, así como de las relaciones de las fincas con su entorno físico biótico y socioeconómico (Escobar y Berdegué 1990). El entendimiento de las diferentes interacciones, así como de los impactos lleva al desarrollo de cadenas de valor de alimentos incluyentes y sostenibles (Soler 2017).

La identificación de la heterogeneidad existente en el sistema productivo de ceba de la Orinoquia requiere la caracterización y tipificación de los sistemas productivos. Según Bolaños (1999), la caracterización no es más que la descripción de las características principales y las múltiples interrelaciones de las organizaciones; en tanto que la tipificación se refiere al establecimiento y

construcción de grupos posibles con base en las características observadas en la realidad. Esto es particularmente importante desde el punto de vista del agroecosistema, que no es más que un complejo que incluye aire, agua, suelo, plantas, animales y microorganismos en un área limitada, que las personas han modificado para fines de producción agrícola. Puede ser de cualquier tamaño, un solo campo, una granja doméstica, o puede ser el paisaje agrícola de un pueblo, región o nación (Marten 1988).

Con la tipificación se busca definir tipologías de producción, lo que podría hacer más eficiente el uso de los recursos disponibles para la formulación y ejecución de políticas, programas y proyectos dirigidos al desarrollo regional y local. La estratificación de productores en grupos homogéneos permite identificar los denominados “dominios de recomendación” en los que la implementación de una política tiene las mismas posibilidades de éxito (Norman *et al.* 1996).

En consonancia con lo anterior, Ávila *et al.* (2000) sostenía que la planificación de acciones de investigación requería distinguir los diferentes grupos o tipos que coexisten en una población estudiada, considerando los diversos aspectos en que se desarrollan los sistemas de producción y las reacciones frente a las evoluciones tecnológicas. Con base en lo anterior, la caracterización y tipificación de las unidades de producción permitiría diversificar la oferta tecnológica, en consonancia con dicha variabilidad, y podría mejorar la adopción e impacto de la tecnología.

Por las razones antes expuestas, el objetivo planteado en el presente estudio fue caracterizar y tipificar el sistema productivo de ceba del Piedemonte Llanero y la Altillanura plana de la Orinoquia colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en los departamentos de Cundinamarca y Meta, ubicados en la zona del Piedemonte y Altillanura, clasificada como Bosque Húmedo Tropical (Holdridge 1967).

La zona de estudio se caracteriza por dos periodos bien definidos, uno lluvioso entre los meses de abril a noviembre, y otro seco entre los meses de diciembre a marzo. La humedad relativa varía entre 65 % y 80 % durante el año, mientras que los suelos de la zona se caracterizan por baja fertilidad como consecuencia de la baja presencia de macronutrientes (fosforo, calcio, magnesio, potasio y azufre), con una elevada acidez y saturación excesiva de Aluminio (Amézquita *et al.* 2002).

Levantamiento de la información

Los datos fueron obtenidos de 327 Unidades Productoras (UP) del sistema ganadero, mediante la aplicación de una encuesta bajo muestreo aleatorio simple estatificado. Las UP fueron identificadas a partir de dos fuentes, la primera compuesta por el marco de áreas de la Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2016) y la segunda provista por la lista del Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2014). Las mismas proporcionaron información sobre las agrupaciones que incluyen a las UP. Estas agrupaciones se denominan segmentos de acuerdo a la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), o conglomerados de acuerdo al Censo Nacional Agropecuario (CNA; Cuadro 1).

Los productores fueron incorporados al estudio de acuerdo a tres criterios de inclusión:

- 1) ganaderos que cebaron más de 10 animales destetos.
- 2) ganaderos que realizaron la venta de ganado entre el 1-01-2016 hasta el 21-10-2017, previo a la aplicación de la encuesta
- 3) ganaderos orientados a la actividad de ceba o que durante el ciclo productivo incluyeron esta actividad.

Variables consideradas

Para la caracterización y tipificación de las UP en la zona de estudio, se siguió la metodología descrita por Valerio *et al.* (2014).

Se realizó una descripción general del sistema de ceba en la zona de estudio mediante el análisis de las áreas totales de las UP e inventarios

Cuadro 1. Tamaño de la muestra por departamento, municipio y fuente de información.

Departamento	Municipio	ENA	CENSO	Total
Cundinamarca	Medina	23	22	45
	Paratebuena	7		7
Meta	Villavicencio	33		33
	Acacías	7		7
	Cubarral		35	35
	Guamal		3	3
	Castilla la Nueva	2		2
	Cumara	35	1	36
	El Castillo	2		2
	Fuente de Oro	1		1
	Ganada	5		5
	Mesetas	6		6
	Uribe	1	2	3
	Lejanías	6		6
	Puerto Concordia	2		2
	Puerto Gaitán	7		7
	Puerto López	11	33	44
	Puerto Lleras	5		5
	Puerto Rico	3		3
San Carlos de Guaroa	7		7	
San Juan de Arama	3		3	
San Martín	54		54	
Vistahermosa	11		11	
Total				327

bovinos. Así mismo, se tomaron los datos de identificación de la UP (geográfica y muestral), y de aquellos relacionados al productor encuestado (nombre, teléfono, mail, condición jurídica). De igual forma, se definieron variables cualitativas y cuantitativas (Cuadro 2) concernientes con las prácticas y manejo del sistema de ceba en la UP, relacionadas a:

- i) conformación del hato.
- ii) establecimiento, renovación y mantenimiento de praderas.
- iii) nutrición, sanidad, consumo de agua.
- iv) instalaciones, maquinaria y equipo.
- v) comercialización.
- vi) gestión para la actividad de ceba.
- vii) innovación.
- viii) ingresos y uso de la tierra.

Análisis de datos

Para reducir la dimensionalidad de la matriz de datos durante el procesamiento de la información se aplicó un análisis de componente principales (ACP), mediante el procedimiento PRINCOMP de SAS, versión 9.3 (SAS Institute 2011). Se escogieron los componentes cuyo valor propio fue igual o mayor a 1.

Posteriormente, para clasificar los predios o unidades productoras en grupos homogéneos y con base en los componentes principales (ACP) seleccionados, se realizó un análisis de conglomerados (AC), bajo el procedimiento CLÚSTER (algoritmo de Ward) del precitado software, lo que facilitó la tipificación y caracterización de las UP.

Cuadro 2. Variables cualitativas y cuantitativas, consideradas para la tipificación y caracterización de los sistemas productivos.

Variables	Unidad o escala de medición
<i>Cuantitativas</i>	
Área UP	Ha
Proporción área en pastos	%
Área en pastos para ceba	Ha
Proporción área en pastos para ceba	%
Peso ponderado entrada animales al sistema	kg
Peso ponderado salida animales al sistema	kg
Edad ponderada entrada animales al sistema	Meses
Edad ponderada salida animales al sistema	Meses
Total de animales vendidos	Animales
Proporción machos cebados	%
Área con mantenimiento de praderas para ceba	Ha
Proporción del área con mantenimiento de praderas para ceba	%
<i>Cualitativas</i>	
Experiencia del productor	Baja, media y alta
Tenencia de la tierra	Propia, arriendo y propiedad colectiva
Orientación del hato	Ceba, ciclo completo, Cría y/o levante, doble propósito y leche

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción general del sistema

Los resultados muestran que 45 % de los predios encuestados cuentan con áreas menores de 100 ha, 41 % se encuentran en un rango entre 100 y 500 ha, mientras que 14 % restante, posee áreas superiores a 500 ha (Cuadro 3). Lo anterior indica la predominancia de pequeños y medianos productores en la zona de estudio, de acuerdo con lo reportado por Chaura (2012).

En el mismo cuadro se observa que la mayor capacidad de carga se observó en los predios

con áreas menores de 100 ha (0,36), comparados con las explotaciones cuyas áreas se encuentran entre 100 a 500 ha (0,14). Los resultados evidencian que la muestra se encuentra por debajo del parámetro nacional de 0,5 UGG/ha (Gómez 2013), lo que refleja un bajo nivel tecnológico. Esto puede apreciarse como una oportunidad de mejora mediante la adopción de nuevas tecnologías.

Asimismo, se evidencia que las unidades productoras con áreas mayores a 1000 ha, muestran una tendencia a destinar menos superficie para pastos mejorados y para la actividad de ceba. Esto indica que los predios con grandes extensiones suelen

Cuadro 3. Distribución del tamaño de las UP, de la capacidad de carga y superficie aprovechada

Área (ha)	# Sem	Total UP	% UP	CpCar.	(\bar{X})UP	Past_Mej	Past_Ceba
<100	2.113	146	45	0,36	40	34	21
100 - 500	4.100	133	41	0,14	226	122	88
500 - 1.000	1.061	24	7	0,06	757	267	234
> 1.000	661	24	7	0,01	2.291	137	288

Total de semovientes: # **Sem**, capacidad de carga: **CpCar**, área promedio de la UP (ha): (\bar{X}) **UP**, área promedio de pastos mejorados (ha): **Past_Mej**, área promedio para ceba (ha): **Past_Ceba**

dedicarse a la ganadería extensiva aprovechando las pasturas existentes, en lugar de utilizar pastos mejorados (Marín *et al.* 2017), además de poseer bajas inversiones en tecnologías, lo que genera poca productividad (Ramírez 2002). Así mismo, diversifican la ganadería de ceba con otros sistemas productivos de la región como son los cultivos de corto plazo como arroz, soya, maíz (FENALCE 2016).

En cuanto a la venta de ganado se observó mayor comercialización de ganado (machos y hembras) entre 3 y 4 años, correspondiendo al 53 % del total (Cuadro 4). Los machos fueron comercializados en mayor medida (53%), comparados a las hembras (32 %). La venta de hembras puede estar condicionada por factores externos, tales como el precio de la carne en los mercados. Según Lara (2007), una mayor presencia de ganado en el mercado, genera una caída en el precio de la carne, lo que provoca el sacrificio de las hembras en las UP. Lo anterior fundamentado en los bajos rendimientos de las crías futuras, que posiblemente no alcanzarían para cubrir los costos de sostenimiento del hato.

Componentes con mayor variabilidad

A partir del ACP, se seleccionaron los primeros cinco componentes principales (CP) que acumularon

Cuadro 4. Distribución de bovinos vendidos por sexo y edad

Sexo	Años*	Total UP	# Sem	% Sem
Machos	< 1	3	73	1
	1 - 2	26	728	10
	2 - 3	104	2.059	29
	3 - 4	139	3.811	53
	4 - 5	13	453	6
	> 5	5	70	1
Hembras	1 - 2	7	158	11
	2 - 3	23	404	28
	3 - 4	26	460	32
	4 - 5	9	209	15
	> 5	11	190	13

Grupo etario: **Años**, total de semovientes: **# Sem**, porcentaje de semovientes: **%Sem**,

69,15 % de la variabilidad del conjunto de datos original (Cuadro 5).

El primer CP, con la mayor proporción de la variabilidad (21,27%), está representado por las variables de edad ponderada a la entrada (0,54) y edad ponderada a la salida (0,51). Este componente se caracteriza por estimar el tiempo de duración de la etapa de ceba, ya que el objetivo de este sistema productivo es obtener la mayor ganancia de peso en un periodo corto que permita generar un rápido flujo de caja. Este componente corresponde a la edad de ceba.

El segundo componente contribuyó con 17,11% de la varianza total y las variables con mayor contribución fueron proporción del área con mantenimiento de praderas (0,458), área en pastos destinada a la ceba (-0,44) y peso ponderado de la entrada de los animales a la actividad (0,40), que permite conocer la capacidad de carga que tiene el predio antes de iniciar la ceba y la cantidad de pasto o forraje disponible. Este componente se asocia con la capacidad productiva.

El tercer componente principal explica 11,6% de la variabilidad contenida en los datos originales, cuya variable con mayor participación fue el área con mantenimiento de praderas (0,66), es decir, las mejoras que generan condiciones nutricionales o alimenticias balanceadas para la obtención de mayor ganancia de peso en los animales. Este componente se relaciona con las pasturas técnicamente manejadas.

El cuarto componente principal contiene el 10,83% de la varianza total. Las variables que más aportaron fueron la cantidad total de animales cebados (0,50) y el peso con que salieron para la venta (0,58), que permite estimar los beneficios económicos y calcular las rentabilidades obtenidas.

Por último, el quinto componente acumuló 8,33% de variabilidad contenida en los datos originales. Las variables que más aportaron fueron el área total de pastos (0,46) y la proporción de las pasturas dedicadas a la ceba (0,65), constituyendo una relación lógica y coherente de los productores que se dedican a cebar ganado. Este componente se relaciona con el uso del suelo.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de cada uno de las nuevas variables latentes o componentes principales con las variables estudiadas

Variables	Componentes principales (ACP)				
	1	2	3	4	5
Área UP	0,396	-0,322	0,316	-0,114	-0,127
Proporción área en pastos	-0,118	0,233	0,176	-0,010	0,466
Área en pastos para ceba	0,110	-0,440	0,323	0,244	0,235
Proporción área en pastos para ceba	-0,184	-0,048	-0,194	0,399	0,657
Peso ponderado entrada animales al sistema	0,242	0,403	-0,042	0,240	-0,094
Peso ponderado salida animales al sistema	0,035	0,356	-0,009	0,584	-0,213
Edad ponderada entrada animales al sistema	0,545	0,199	0,026	0,004	0,116
Edad ponderada salida animales al sistema	0,505	0,162	0,064	0,075	0,109
Total de animales vendidos	0,001	-0,242	0,324	0,507	-0,162
Proporción machos cebados	-0,329	-0,002	0,088	0,244	-0,396
Área con mantenimiento de praderas para ceba	-0,164	0,141	0,668	-0,091	0,118
Proporción del área con mantenimiento de praderas para ceba	-0,186	0,458	0,399	-0,193	0,004
Valores propios	2,552	2,053	1,392	1,300	0,999
Proporción	21,27%	17,11%	11,60%	10,83%	8,33%
Proporción acumulada	21,27%	38,38%	49,99%	60,82%	69,15%

Los resultados obtenidos para el primer componente (mayor variabilidad de los datos) que describe la duración del ciclo de ceba, permiten inferir los potenciales efectos de la extensión de la ceba (meses) en el suelo, tales como erosión y compactación. De acuerdo con lo anterior, este componente puede relacionar la influencia que genera el sistema productivo sobre los agroecosistemas, particularmente en el uso de la tierra.

Tal como lo indica Espinosa *et al.* (2015), el uso y aprovechamiento ocasiona fuertes procesos de degradación (erosión, desertificación, salinización, compactación y decrecimiento de la fertilidad). Así mismo, se ha mencionado al pastoreo extensivo como la principal causa de degradación y que la implementación de mejoras en el pastoreo (rotación) y optimización de la carga animal podrían disminuirlo, lo que generaría un incremento en el almacenamiento de carbono (Chávez 2016). Lo anterior se ve reflejado en el segundo componente representado por la proporción (%) del área con mantenimiento de praderas, lo cual contribuye a la capacidad productiva.

El tercer componente, representado por el área con mantenimiento de praderas para la ceba (ha), muestra la relevancia del mismo, ya que unas pasturas sin el adecuado manejo técnico promoverían la degradación del suelo, con la consecuente amenaza para la producción alimentaria. Burbano (2016), expone la indiscutible función del suelo, como soporte y aprovisionamiento de nutrientes para las plantas a los fines de producir alimentos y biomasa.

En el componente cuarto, correspondiente a los ingresos obtenidos por la venta de los animales cebados, se observa la influencia de la lógica capitalista expresada por Lorente (2010), en la que la producción se realiza de acuerdo a la demanda, considerándose a la naturaleza y a los animales como materias primas cuyo único fin es la obtención de mayores beneficios económicos.

Del quinto componente, relacionado al uso del suelo, se puede inferir la importancia del efecto de los animales sobre las áreas de pasturas dedicadas la ceba (compactación). De acuerdo a Burbano (2016), la existencia de grupos (humanos

o animales) que ejercen diferentes grados de desgaste al suelo, puede generar el deterioro de este y la poca conservación de los ecosistemas.

Clasificación de las UP en grupos homogéneos y descripción de los tipos

Se conformaron cuatro grupos de UP, dedicadas a la actividad de ceba (Figura 1). La denominación de cada grupo y la cantidad de UP, por municipio y grupo se describen en el Cuadro 6.

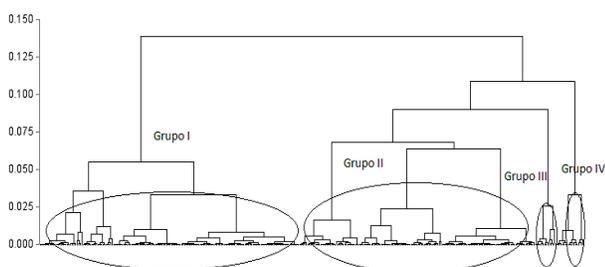


Figura 1. Agrupamiento de las unidades productoras destinadas a la actividad de ceba en la zona de estudio.

El grupo 1 (ceba en fincas pequeñas), fue el grupo de UP con el área media más baja, pero con la proporción del área dedicada a pastos más alta. Con respecto a la proporción de pastos dedicados a la actividad de ceba, es superior a la media general. El peso con el que salen los animales para la venta es el más alto comparado con los demás grupos; aunque la ganancia media no fue la más alta, superó a la media general (Cuadro 7).

La edad de los animales al momento de su salida del sistema, se ubicó aproximadamente en 34 meses. Este grupo presentó la más alta proporción de machos cebados, superando al promedio general. Además, fue el grupo con la mayor proporción del área con mantenimiento de praderas, superando a la media general (Cuadro 7). Aproximadamente la cuarta parte de los productores encuestados se incluyeron en este grupo y cerca de la mitad tuvo más de 15 años de experiencia en la actividad de ceba y declararon como propia la finca evaluada (Cuadro 8). En el mismo cuadro se puede observar la proporción de los productores

Cuadro 6. Unidades de producción por municipio y total, de acuerdo al grupo conformado

Grupo	Denominación	Número de UP por municipio	UP (%)	Total UP
1	Ceba en fincas pequeñas	Medina (43), Cubarral (30), San Martín (16), Cumaral (15), Puerto López (10), Vistahermosa (7), Lejanías (5) Granada (5), Mesetas (5), Acacias (4), Puerto Rico (3), Paratebueno (2), El Castillo (2), Puerto Concordia (2), Puerto Lleras (2), San Juan de Arama (2), Guamal (1), Fuente de oro (1) y Uribe (1).	47,7	156
2	Ceba en fincas medianas	San Martín (34), Villavicencio (32), Puerto López (21), Cumaral (18), San Carlos de Guaroa (7), Paratebueno (5), Puerto Gaitán (4), Cubarral (4), Vistahermosa (4), Puerto Lleras (3), Uribe (2), Medina (2), Acacias (1), Castilla la Nueva (1), Guamal (1), Lejanías (1), San Juan de Arama (1) y Mesetas (1).	43,4	142
3	Ceba en fincas grandes	Puerto López (5), San Martín (3), Cumaral (3) y Castilla la Nueva (1).	3,7	12
4	Ceba en fincas grandes preferente en hembras	Puerto López (8), Puerto Gaitán (3), Acacias (2), Guamal (1), Cubarral (1), Villavicencio (1) y San Martín (1).	5,2	17
Total			100	327

con dedicación exclusiva a la actividad de ceba o a la ejecución de las tres actividades: cría, levante y ceba.

El grupo 2 (ceba en fincas medianas), presentó un área media superior al grupo anterior, pero con la proporción más baja del área en pastos comparado con los otros grupos, siendo la proporción del área en pastos para ceba, muy similar a la del grupo 1, al igual que la proporción de machos cebados. Fue el segundo grupo con más bovinos vendidos. Los valores de peso de los animales al entrar y salir del sistema, fueron similares al grupo 1 y presentó al final del proceso productivo, la ganancia de peso más alta de todos los grupos (Cuadro 7).

Aproximadamente una cuarta parte de las UP incluidas en el estudio, pertenecen a este grupo y desarrollan los tres ciclos completos de ceba: cría, levante y ceba. Una proporción importante de los productores encuestados, se incluyeron en este grupo y manifestaron ser propietarios de la UP. Casi la cuarta parte manifestó tener más de 15 años de experiencia en esta actividad (Cuadro 8).

El grupo 3 (ceba en fincas grandes), fue el grupo con el área predial más grande. La proporción del área en pastos para la actividad de ceba fue la más alta comparada con el resto de los grupos y presentó el mayor número de animales vendidos. En este grupo se observó la particularidad de no realizar mantenimiento de praderas, y con una proporción de machos cebados alta, similar a los grupos anteriores. De igual forma se observó que el incremento de peso de los animales durante el proceso productivo fue de los más altos, comparado a los otros grupos. La duración del periodo de ceba fue mayor que en el resto de los grupos (Cuadro 7).

En el grupo 4 (ceba en fincas grandes preferente en hembras), se observaron predios con un área superior a los dos primeros grupos, pero inferior al tercero. La proporción del área en pastos fue inferior al promedio general y un poco más de la cuarta parte de ésta, dedicada a la ceba. En este grupo se observó la particularidad de que aproximadamente la cuarta parte de los animales cebados fueron machos, mientras que el resto fueron hembras. El peso de entrada de los animales al sistema, fue superior a todos

Cuadro 7. Valores medios de las variables cuantitativas evaluadas en cada grupo

Variables	Grupo 1 (n=156)		Grupo 2 (n=142)		Grupo 3 (n=12)		Grupo 4 (n=17)		Media general
	Media	IC 95 %	Media	IC 95 %	Media	IC 95 %	Media	IC 95 %	
Área UP	132,9	95,3 - 170,5	357,8	262,2 - 453,3	1.346,4	479,0 - 2213,7	1.176,1	227,3 - 2124,9	329,3
%pastos	88,5	86,5 - 90,4	70,6	67,2 - 73,9	83,2	74,9 - 91,4	75,7	68,2 - 83,1	79,8
área.p.ceba	43,3	35,3 - 51,3	71,1	58,9 - 83,4	767,5	437,1 - 1097,8	59,7	30,1 - 89,2	82,8
%p.ceba	61,7	56,4 - 66,9	59,3	53,2 - 65,5	82,3	71,4 - 93,3	30,7	13,5 - 47,9	59,8
peso.entrada	274,1	262,7 - 285,5	262,6	250,4 - 274,8	250,0	208,2 - 291,7	350,1	319,7 - 380,4	272,2
peso.salida	450,2	440,1 - 460,4	446,6	433,1 - 460,2	432,5	378,6 - 486,3	433,6	407,6 - 459,5	447,2
edad.entrada	20,8	19,6 - 21,9	19,6	18,5 - 20,6	19,2	12,4 - 26,0	74,8	58,5 - 91,1	23,0
edad.salida	33,9	32,7 - 35,0	33,8	32,5 - 35,2	33,9	27,1 - 40,7	76,0	58,5 - 93,5	36,0
total.venta	19,2	16,0 - 22,4	25,2	21,9 - 28,5	88,6	43,4 - 133,9	16,4	13,0 - 19,7	24,2
%machos.ceba	87,7	83,0 - 92,4	85,1	79,9 - 90,2	83,3	58,6 - 108,0	24,3	4,4 - 44,2	83,1
praderas.ceba	38,0	38,0 - 31,5	5,8	3,5 - 8,0	0		6,2	0,9 - 11,6	21,0
%praderas.ceba	93,6	93,7 - 96,2	16,0	10,2 - 21,8	0		18,2	0,8 - 35,5	52,6

Proporción área en pastos: **%pastos**, Área en pastos para ceba: **área.p.ceba**, Proporción área en pastos para ceba: **%p.ceba**, Peso ponderado entrada animales al sistema: **peso.entrada**, Peso ponderado salida animales al sistema: **peso.salida**, Edad ponderada entrada animales al sistema: **edad.entrada**, Edad ponderada salida animales al sistema: **edad.salida**, Total de animales vendidos: **total.venta**, Proporción machos cebados: **%machos.ceba**, Área con mantenimiento de praderas para ceba: **praderas.ceba**, Proporción del área con mantenimiento de praderas para ceba: **%praderas.ceba**, Intervalo de confianza a 95 %: **IC 95 %**

Cuadro 8. Distribución de las variables cualitativas para cada grupo

Variables	Uso	Grupo I (n=156)	Grupo II (n=142)	Grupo III (n=12)	Grupo IV (n=17)	Total
Experiencia del productor	Baja (< 5 años)	10,40	9,17	1,22	1,83	22,63
	Media (5 a 15 años)	13,76	11,62	0,31	1,83	27,52
	Alta (> 15 años)	23,55	22,63	2,14	1,53	49,85
Tenencia de la tierra	Propia	44,34	34,25	3,36	4,59	86,54
	Arriendo	2,75	8,87	0,31	0,61	12,54
	Propiedad colectiva	0,61	0,31	0	0	0,92
Orientación del hato	Ceba	18,96	13,46	1,53	1,53	35,47
	Ciclo completo	16,82	22,63	1,83	3,06	44,34
	Cría y/o levante	5,50	1,83	0,31	0,61	8,26
	Doble propósito	1,83	4,28	0	0	6,12
	Leche	4,59	1,22	0	0	5,81

los demás grupos, pero el incremento medio del peso de los animales fue el más bajo de todos los grupos. El proceso de ceba fue muy corto en este grupo, y se caracterizó por la ceba de hembras de descarte (Cuadro 7).

Las cuatro tipologías analizadas en los párrafos anteriores afectan de alguna forma al agroecosistema. De acuerdo a Marten (1988), este es un sistema complejo, por la cantidad de procesos ecológicos que se vinculan a él, como el ser humano, los animales, suelo, aire, microorganismos, entre otras. Según Villacis *et al.* (2003), las fincas pequeñas intensificadas promueven el uso intensivo del suelo, sin la conservación de zonas para coberturas arbóreas. Esto se observa en las UP que conforman el grupo 1, con áreas pequeñas y limitadas dedicadas a la actividad de ceba. En el caso del grupo 2, aunque posee áreas medianas, gran parte de las mismas son dedicadas a pastos para la ceba.

Por otra parte, la ganadería extensiva se encuentra en amplias extensiones de terreno donde los animales se alimentan directamente de lo que provee del suelo sin un mantenimiento de las praderas (Marín *et al.* 2017). Caso observado en el grupo 3, con áreas grandes, pero sin ningún tipo de mejoras en sus pastos. En el grupo 4, las áreas dedicadas para la ceba son pequeñas debido al poco tiempo que las vacas ocupan estos espacios. Esto permite menores inversiones para el

mantenimiento de pasturas y la obtención de una mayor rentabilidad. Según Peralta *et al.* (2013) la ceba de vacas de descarte es una alternativa para crear ganancias al productor. Se supondría que mientras más grande sea el área predial, la biodiversidad observada debe ser mayor, por lo que los grupos 3 y 4 aportarían más al agroecosistema en términos de especies o hábitats de fauna y flora. Sin embargo, no hay garantía de esto.

De lo anterior se deriva que cada una de las tipologías evaluadas puede cambiar la diversidad existente hacia ambientes pobres por la deforestación, contaminación, cambio climático, construcción de vías y obras o, por el contrario, favorezcan la conservación de una parte de la fauna y flora (Murgueitio *et al.* 1998).

CONCLUSIONES

La heterogeneidad de las variables cuantitativas y cualitativas en los sistemas productivos de ganado de ceba está dada por diversas condiciones sociales, productivas y económicas.

La existencia de variables diferenciadoras relevantes (tamaño de las UP, manejo de las praderas, área de pastos dedicada a la ceba, ganancia de peso, preferencia de ceba machos y/o hembras), ratifican la no homogeneidad del sistema.

Las tipologías obtenidas permiten conocer la diversidad biofísica y productividad del sistema de ceiba, y generan patrones diferenciadores de cada grupo que pueden ser correlacionados con los costos de producción y los requerimientos de investigación y transferencia de tecnología (dominios de recomendación).

Se observa la existencia de un sistema ganadero caracterizado por la ceiba de hembras de descarte y por destinar proporcionalmente, menos área en pastos para la actividad de ceiba.

Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan la categorización tradicional de los sistemas productivos (pequeños, medianos, grandes) realizada de acuerdo con las condiciones del predio y la economía del productor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento tanto al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), por la financiación de este proyecto, como al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) por el apoyo técnico para el desarrollo del proyecto.

Asimismo, a los investigadores Pedro A. Rodríguez, José G. Velázquez, Guillermo A. Bueno, Otoniel Pérez, Héctor G. Onofre, Cesar Jaramillo, Ronnal E. Ortiz y el contratista externo Carlos E. Londoño, por las contribuciones de sus conocimientos en el sistema productivo y la región de estudio.

LITERATURA CITADA

Amézquita, E; Friesen, DK; Rivera, M; Rao, IM; Barrios, E; Jiménez, JJ; Decaëns, T; Thomas, RJ. 2002. Sustainability of crop rotation and ley pasture systems on the acid-soil savannas of South America. *In* World Congress of Soil Science (17, 2002, Bangkok, Tailandia). Bangkok, Tailandia. 1-6.

Ávila, L; Muños, M; Rivera, B. 2000. Tipificación de los sistemas de producción agropecuaria en la zona de influencia del programa UNIR (CALDAS). Universidad de Caldas, Departamento de sistemas de producción, Programa UNIR. p.18

Bolaños, O. 1999. Caracterización y tipificación de organizaciones de productores y productoras. *In* Congreso Nacional Agronómico (11, 1999, San José, Costa Rica), Congreso Nacional de Extensión (1, 1999, San José, Costa Rica). Memoria, San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos. p. 31.

Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas* 33(2):117-124.

Carrillo, L; Moreira, H; González, J. 2011. Caracterización y tipificación de sistemas productivos de la leche en la zona centro-sur de Chile: un análisis multivariable. *IDESIA* 29(1):71-81.

Caicedo, G. 2016. Perspectivas del desarrollo regional local para la Orinoquia. *Revista ORINOQUIA* 20(1):7-9.

Chaura, W. 2012. Bioética y producción agropecuaria sostenible en los Llanos Orientales colombianos. *Revista Colombiana de Bioética* 7(1):78-96.

Chávez, A. 2016. Efectos de la ganadería sobre algunos componentes del agroecosistema en la granja Maniabo. *La Técnica: Revista de las Agrociencias. Edición especial (enero-junio):57 -70*

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2014. Censo Nacional Agropecuario 2014 (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3bDR5O1>

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2016. Encuesta Nacional Agropecuaria 2016 (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3bDOHXo>

Escobar, G; Berdegué, J. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red internacional de metodología de investigación de sistemas de producción. Santiago, Chile, RIMISP. 143 p.

Espinosa-Alzate, JA; Leon-Sicard, TE; Rios-Osorio, LA. 2015. Tipología y usos del suelo

- en agroecosistemas del valle del Guamuez, Putumayo – Colombia (en línea). *Sociedade e Natureza* 27(2):255-266. Consultado 15 nov. 2017. Disponible en <https://bit.ly/2WWRzL0>
- Gómez, M. 2013. Costos y los indicadores de productividad en la ganadería colombiana (en línea). *In* Foro Empresarialización y competitividad ganadera. (1, Bogotá, Colombia). Ponencia. Bogotá, Colombia. FEDEGAN, FNG. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2WSL3Vs>
- FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y leguminosas). 2016. Estadísticas FENALCE. Área, producción y rendimiento de los cultivos cereales y leguminosas (en línea). Cundinamarca, Colombia. Consultado 10 nov. 2017. Disponible en <https://bit.ly/3bH9Csz>
- García, N. 2018. Ganadería sostenible en la Orinoquia, una apuesta para salvar una tradición llanera (en línea). Bogotá, Colombia. 6 p. Consultado abr. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2QZa9yh>
- García, H. 2014. Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas (en línea). Reporte de investigación, FEDESARROLLO, Bogotá, Colombia. 28 p. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2ycRuZd>
- Grupo Bancolombia. 2018. La ganadería en cifras (en línea, sitio web). Consultado 8 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2WU8b65>
- Holdridge, LR. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 206 p.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2018. Censo pecuario año 2018. Censo bovino en Colombia (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado dic. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2X1VyFY>
- Lara, E. 2007. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa cebado de ganado Brangus en los Llanos Orientales. Universidad de la Salle. División de formación avanzada. Consultado jun. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2QY0UhK>
- Lorente Saiz, A. 2010. Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca (en línea). *GeoGraphos* 1(3):1-22. Consultado 3 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3dG1lqG>
- Marten, G. 1988. Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assessment. *Agricultural system*. 26(4):291-316.
- Marín, M; Pescador, L; Ramos, L; Charry, J. 2017. Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Revista Ingeniería y región* 17:1-12.
- Murgueitio, E; Calle, Z. 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia (en línea). *In* Conferencia electrónica Agroforestería para la producción animal en América Latina (1, Roma; Italia). Memoria. Roma, Italia, FAO. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2WYURxh>
- Norman, DW; Worman, FD; Siebert, JD; Modiakgotla, E. 1996. El enfoque de Sistemas Agropecuarios para el Desarrollo y la Generación de Tecnología Apropriada. Roma, Italia, FAO. 256 p. (Serie Gestión de Sistemas de Explotación Agrícola, nº. 10).
- Peralta, J; Feltes, F; Branda, L. 2013. Ganancia de peso en vacas descarte suplementadas con expeller de pulpa de coco (*Acrocomia totai* Mart) sobre pastura cultivada (en línea). *Compendio ciencias veterinarias* 3(1):11-14. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2UL8ZaR>
- Ramírez, B. 2002. Caracterización y alternativas productivas para fincas ganaderas establecidas en la Amazonía Colombiana. *Agroforestería en las Américas* 9(33):3 4.
- Rivera, M; Amézquita, E. 2013. Caracterización Biofísica de Sistemas en Monocultivo y en Rotación en Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. *In* Sistemas agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Cali, Colombia, CORPOICA. p. 69-86.

SAS Institute. 2011. Base SAS® 9.3 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Soler-Tovar, D. 2017. Conceptualización y necesidades de una agricultura climáticamente inteligente (en línea). *Revista de Medicina Veterinaria* (33):7-11. Consultado 21 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2wMExVC>

Valerio, D; García, A; Acero, R; Castaldo, A; Perea, JM; Peinado, JM. 2004. Metodología para

la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos (en línea). Córdoba, España, Universidad de Córdoba. 9 p. Documento de trabajo n° 1, Vol. 1. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3dDFnEN>

Villacis, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39 - 40):17-23.

Nota Técnica

Aplicación de un modelo logístico para inferencia de la tasa de crecimiento de chigüires mantenidos en condiciones de semiextensividad

Pere M. Parés-Casanova^{1*}, Fabián Andrés Muñoz², Arcesio Salamanca Carreño², Carlos Blanco², Daniel Cala²

¹Universidad de Lleida, Departamento de Ciencia Animal. Lleida, Cataluña, España. ²Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigaciones Los Araucos. Arauca, Colombia. *Correo electrónico: peremiquelp@ca.udl.cat

Resumen

Se estudiaron 30 chigüires (11 machos y 19 hembras), con un rango de edad comprendido entre 2 y 96 meses, procedentes de tres granjas ubicadas en los llanos araucanos, en Colombia. De cada animal se obtuvieron las siguientes variables lineales: longitud corporal, alzada a la cruz, longitud cefálica, perímetro cefálico y perímetro torácico. Los pares edad-variable lineal se ajustaron a tres modelos de crecimiento: logístico, Gompertz y von Bertalanffy. Se utilizó el criterio de Akaike para analizar la bondad del ajuste de los modelos. En todos los casos, el modelo logístico presentó los menores valores de información de Akaike y por tanto, fue el de mejor ajuste. De igual forma, se observó que este modelo sobrestima las variables, particularmente las variables post-craneales (longitud corporal, alzada a la cruz y perímetro torácico), observándose incluso en la parte asintótica de la curva. La causa podría deberse a un desarrollo deficiente de los animales, probablemente por una dieta inapropiada.

Palabras clave: alometría estática, capibara, *Hydrochoerus hydrochaeris*, crecimiento, ontogenia.

Application of a logistic model for inference of the growth rate of capybaras maintained in semi-extensive conditions

Abstract

We studied 30 capybaras (11 males and 19 females), ranged between 2 to 96 months of age, from three farms of the Araucano llanos in Colombia. The following linear variables were obtained on each animal: body length, height to withers, head length, head perimeter, and thoracic perimeter. Each pair age - linear variable was adjusted to three growth models: logistic, Gompertz and von Bertalanffy. Akaike's criterion was used to analyze the goodness of fit of the models. In all cases, the logistic model presented the lower *Akaike* information values so suggesting the best fit. It was observed that this model overestimates the variables, particularly the post-cranial variables (body length, height at the withers and thoracic perimeter), even in the asymptotic part of the curve. Its cause could be a poor development of animals, perhaps due to an inappropriate diet.

Key words: static allometry, capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris*, growth, ontogeny.

INTRODUCCIÓN

El chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*; Linnaeus 1766) es un roedor de la familia Caviidae, subfamilia Hydrochoerinae (Cueto 1999). También se le conoce como chigüire, jomo, ñeque, piro-piro, poncho o roncoso, y se ha descrito como el roedor de mayor tamaño y peso del mundo (Ojasti 1973, Carrascal *et al.* 2011). Se ha reportado su presencia en todos los países de Sudamérica excepto en Chile (Ojasti 1973, Cueto 1999, Carrascal *et al.* 2011) y se les ha observado en manadas en regiones tropicales y templadas, invariablemente cerca del agua. En Colombia las mayores poblaciones de esta especie se localizan en la zona de los Llanos Orientales, especialmente en los departamentos de Arauca, Meta, Casanare y Vicha (Rodríguez *et al.* 2012).

El tamaño corporal varía entre 120 y 135 cm de longitud total, y desde 55 a 62 cm de altura. Pueden alcanzar hasta diez años de vida y lograr la madurez sexual en 15 meses, con un peso que varía entre 30 y 40 kg (Cueto 1999, Rodríguez *et al.* 2012). Las tasas de crecimiento calculadas en pastos naturales varían entre 62 y 75 gramos por día para el primer año y medio de vida, estando el crecimiento de los individuos muy afectado por factores ambientales (Cueto 1999). Un ejemplo de lo anterior se observa en Venezuela durante la marcada estación seca, donde las tasas de crecimiento son mínimas, mientras que durante la estación húmeda alcanzan los valores máximos (Cueto 1999).

En esta especie se han reportado estudios en diversas temáticas, como parásitos gastrointestinales (Santa Cruz *et al.* 2005), aislamiento de hemoparásitos (González *et al.* 2003), estudios anatómicos de musculatura (Resoagli *et al.* 2016), hábitats, dietas y uso potencial de alimentos (Ulloa 2005, Guimarães *et al.* 2014), poblacionales (Cueto 1999, Chacón *et al.* 2013), así como morfofisiología del sistema urogenital (Miglino *et al.* 2013). De igual forma, esta especie es mencionada desde un punto de vista biológico, en textos generales sobre fauna silvestre, inventarios faunísticos regionales y artículos sobre la utilización de la fauna silvestre en general.

La facilidad para su domesticación permite la explotación comercial (Rodríguez *et al.* 2012) y puede constituir un recurso económico importante a través de su uso sustentable (Resoagli *et al.* 2016). Por ser una especie de humedales y terrenos inundables, su aprovechamiento tiene ventajas competitivas con respecto a la ganadería, debido a la alta eficiencia en la utilización del forraje disponible en estas zonas marginales (Chacón *et al.* 2013).

No obstante lo anterior y a excepción de los trabajos realizados por Ojasti (2003), son escasos los estudios sobre morfometría corporal en esta especie, a pesar de constituir un recurso alimenticio de alto valor biológico para las poblaciones indígenas y campesinas (Ojasti 1973, Ojasti 2003, Rodríguez *et al.* 2012).

En las especies de interés zootécnico, la evaluación del crecimiento es importante para analizar y gestionar de un modo adecuado el proceso productivo, ya que permite inferir las necesidades nutricionales de los animales y por otra parte se relaciona en forma directa con la cantidad y calidad de la carne producida (da Silva *et al.* 2004). De igual forma, este análisis es significativo en los programas de mejoramiento genético, debido a que permite estimar parámetros importantes para la selección (Lôbo *et al.* 2006).

De acuerdo a Howland *et al.* (2004), el crecimiento pocas veces es lineal, por lo que las estimaciones de las tasas de crecimiento pueden ser erróneas cuando los datos son ajustados a modelos inapropiados. Para incrementar la confianza estadística en la estimación de las tasas de crecimiento, es necesario generar curvas de crecimiento completas, es decir modelos que describan el proceso a lo largo de todo el ciclo de vida de los individuos.

Aunque los modelos lineales han sido usados frecuentemente en zoología, su aplicación exige también que se cumplan algunos criterios tales como la linealidad, normalidad y homogeneidad de la varianza (Payandeh 1983). En muchos casos, su correcta aplicación exige la transformación logarítmica de los datos (Payandeh 1983), pero ello puede conllevar problemas inherentes, que incluyen la asunción de errores multiplicativos

y dificultades para la correcta evaluación de las medidas usuales de bondad, como el coeficiente de determinación y los errores estándar de las estimaciones (Payandeh 1983). Además, los modelos transformados normalmente provocan que las estimaciones aparezcan sesgadas y menos precisas (Payandeh 1983).

Para evitar los inconvenientes del uso de los modelos lineales se han empleado las funciones sigmoideas para describir el crecimiento de plantas y de mamíferos (Cueto 1999); aunado a que el crecimiento de los animales es mayormente de tipo sigmoidal, con un punto de inflexión (velocidad máxima de crecimiento) que coincide con la pubertad. De acuerdo a una función sigmoidea, la tasa de crecimiento de los organismos es máxima al nacer y decrece exponencialmente con el tiempo (Payandeh 1983). Aunque existen diversos modelos de crecimiento basados en funciones sigmoideas, los de uso más frecuente en mamíferos, son el modelo logístico, el modelo de Gompertz y el modelo de von Bertalanffy (Torres *et al.* 2012).

El crecimiento del chigüire, ha sido evaluado por diferentes autores tanto en condiciones silvestres como en cautiverio; sin embargo, no se cuenta con información sobre este proceso en poblaciones colombianas. Además, hasta el presente, la mayoría de los trabajos que describen el crecimiento del chigüire han utilizado únicamente la ganancia de peso durante un intervalo de tiempo determinado, como medida de la tasa de crecimiento. De esta forma se asume que, durante el período de tiempo estudiado, el crecimiento es constante (crecimiento lineal).

El estudio del crecimiento del chigüire es importante para promover su conocimiento, conservación y manejo sostenible dentro y fuera de Colombia. La descripción mediante modelos no lineales del cambio corporal en función del tiempo y con un número reducido de parámetros que tienen interpretación biológica, permitirían derivar otros indicadores como el grado de madurez a determinado tiempo, así como la edad y peso en el punto de inflexión, que indican un cambio en la tasa de crecimiento (Domínguez-Viveros *et al.* 2013).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar un modelo matemático que describa el crecimiento corporal no lineal ni ponderal de *Hydrochoerus hydrochaeris* en estado semi silvestre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y lugar de estudio:

Se estudiaron 30 chigüires (11 machos y 19 hembras) con un rango de edad comprendido entre los 2 y los 96 meses, procedentes de tres fincas de manejo semiextensivo, localizadas en el municipio de Fortul, (Arauca, Colombia), en la región de piedemonte, Buenos Aires (n=5), El Edén (n=9) y El Encanto (n=16). La edad fue la declarada por los productores. Este municipio se caracteriza por alturas que oscilan desde los 200 hasta los 3.500 msnm, con una topografía ligeramente inclinada. La temperatura media anual es de 28°C, con un régimen pluvial monomodal y una humedad relativa del 90 %.

En la finca El Encanto, las mediciones se realizaron durante el mes de mayo, mientras que en las fincas El Edén y Buenos Aires, los datos se colectaron entre septiembre y octubre. Los animales fueron sujetados con lazo de nylon para el momento de las mediciones a objeto de disminuir su movilidad y garantizar exactitud en las lecturas.

Medidas corporales:

De cada animal se obtuvieron las siguientes variables lineales: longitud corporal; desde el punto más culminante del occipital hasta la primera vertebra coccígea (LCo), alzada a la cruz; desde el suelo al punto culminante de la cruz – zona de la región interescapular (AC), longitud cefálica; desde el punto más culminante del occipital al punto medio de los orificios exteriores nasales (LCe), perímetro cefálico; medido desde la articulación de los huesos interfrontales, descendiendo por el músculo masetero para volver al punto de partida (PC), y perímetro torácico; desde el punto más declive de la región interescapular hacia la región ventral pasando por la región posterior de la articulación humero-escapular para volver al

punto de partida (PT). Las mediciones corporales se colectaron individualmente, una sola vez, con cinta inextensible y se expresaron en centímetros.

Análisis estadístico:

Se aplicó un análisis multivariado no paramétrico (NPMANOVA) en los animales mayores de 18 meses (5 machos y 9 hembras), considerados maduros sexualmente; se utilizó la distancia de Mahalanobis para detectar la presencia de dimorfismo sexual. Se ajustaron posteriormente los pares de edad-variable lineal a los tres modelos de crecimiento:

$$y = \frac{a}{(1 - be^{-cx})}$$

Modelo logístico

$$y = ax \exp(bx \exp(cx))$$

Modelo de Gompertz

$$y = a(1 - be^{-cx})$$

Modelo de von Bertalanffy

Donde:

- a = estimativa de la variable a la madurez.
- b = parámetro de integración sin significado biológico.
- c = estimativa de precocidad de madurez.

Para analizar la bondad del ajuste de los modelos, se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), el cual se obtuvo de acuerdo al planteamiento de Domínguez-Viveros *et al.* (2013):

$$AIC = N \ln\left(\frac{SC}{N}\right) + (2k + 1)$$

Donde:

- N = número de observaciones.
- sc = suma de cuadrados de los residuales.
- k = número de parámetros en el modelo.

Se consideró el modelo de mejor ajuste, el que presentó el mínimo valor de AIC (Motulsky y Christopoulos 2003). Para facilitar la comprensión

de la bondad del modelo elegido, se estimó el coeficiente de determinación, realizando un análisis de regresión lineal, considerando el peso predicho por el modelo como variable dependiente y el peso observado de cada animal como variable independiente. El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el paquete informático PASTv. 2.17c bajo ambiente Windows (Hammer *et al.* 2001). El límite de significancia se estableció en 5 %.

Consideraciones éticas

Todas las medidas fueron obtenidas de animales vivos y no se procedió a su sacrificio, por lo que no se consideró necesario la obtención de autorización ética.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias significativas entre machos y hembras mayores de 18 meses ($P > 0,05$), en las variables analizadas, por lo que se procedió al análisis y presentación conjunta de los datos para ambos sexos. El modelo logístico fue el que presentó los mínimos valores de AIC en todos los casos, por tanto, fue el de mejor ajuste (Cuadro 1).

El parámetro a , representa la tasa de madurez del animal en cada punto de la curva, e indica la velocidad de crecimiento para alcanzar el carácter asintótico. Animales con valores altos de a revelan una madurez precoz, comparados con animales de medida similar con valores menores de a . El parámetro c es una estimación del valor de la variable asintótica del animal, no

Cuadro 1. Coeficientes a , b y c del modelo logístico para las variables lineales estudiadas

	a	b	c	Akaike
LCo	118,12	0,737	0,039	11715,0
AC	54,05	0,552	0,035	3086,8
LCe	44,04	0,784	0,037	1801,4
PC	44,04	40,561	0,117	306,2
PT	142,14	0,582	0,025	20989,0

LCo: Longitud Corporal, AC: Alzada a la cruz, LCe: Longitud Céflica, PC: Perímetro Cefálico, PT: Perímetro Torácico. a : estimativa de la variable a la madurez, b : parámetro de integración sin significado biológico y c : estimativa de precocidad de madurez.

siendo, necesariamente, el mayor valor que el animal consigue, sino el valor medio al que se tiende a la madurez. El PC presentó las mayores estimaciones del perímetro asintótico. En la estimación del parámetro *c* se puede percibir que ocurre lo inverso del parámetro *a*, con unos valores muy elevados de la longitud corporal y del perímetro torácico. Para el PC, el parámetro *c* apareció mucho más elevado (0,117), signo de una precocidad mayor en relación al resto de las variables. El AIC de esta variable fue 306,2, menor al de todas las variables para el modelo logístico. En cuanto al parámetro *b*, el mismo no posee interpretación biológica, pero es importante para modelar la curva sigmoidea desde el nacimiento ($t = 0$) hasta la edad adulta ($t \rightarrow \infty$).

Para las variables diferentes al PC, el modelo propone valores superiores a los observados. Esta sobrestimación de las medidas asintóticas podría deberse a que los ejemplares aún no han alcanzado las medidas máximas, pero ello contrasta con el amplio rango de edad estudiado, en el que se evaluaron animales de 96 meses, mucho mayores de 15 meses que es la edad de madurez sexual (Rodríguez *et al.* 2012). La segunda variable con el menor AIC fue la LCe (1801,4), lo que corrobora que las variables cefálicas presentan el desarrollo biológico esperado. Por otra parte, el desarrollo de la cabeza es independiente del crecimiento post-craneal y no revela defectos nutricionales de un modo tan manifiesto como las otras variables post-craneales. De todo ello, por la aparición de algunos

Cuadro 2. Coeficientes de determinación (R^2) para las variables lineales estudiadas dentro del modelo logístico.

	R^2
LCo	0,900
AC	0,906
LCe	0,914
PC	0,937
PT	0,958

LCo: Longitud Corporal, AC: Alzada a la cruz, LCe: Longitud Cefálica, PC: Perímetro Cefálico, PT: Perímetro Torácico.

caracteres que no llegan a expresarse en su totalidad o no alcanzan la fase lineal, se propone que hay un desarrollo deficiente de los animales, posiblemente debido a una nutrición inadecuada. De igual forma, se observaron coeficientes de determinación superiores a 0,9 en el modelo logístico (Cuadro 2).

La correlación entre los parámetros *a* y *c* del modelo logístico fue negativa y elevada (-0,44). En la interpretación biológica de esta correlación se infiere que animales con mayores tasas de crecimiento tienen menor probabilidad de alcanzar un mayor tamaño en la madurez, comparados con aquellos que crecen más despacio en el inicio de la vida, es decir, animales que alcanzan la madurez con mayor peso presentan la menor tasa de crecimiento.

En la Figura 1 se representa la variable perímetro cefálico, donde se observan las fases señaladas por Torres *et al.* (2012) para el modelo logístico.

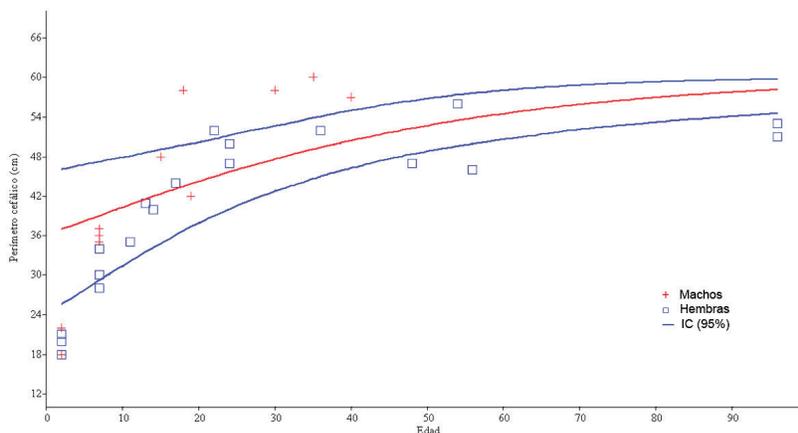


Figura 1. Modelo logístico para la variable lineal perímetro cefálico.

La primera fase de aceleración, con velocidad de crecimiento muy rápida y positiva, que alcanza un valor máximo en el punto de inflexión de la curva; la segunda fase, de desaceleración a partir del punto de inflexión, con velocidad de crecimiento que disminuye en virtud de factores fisiológicos que frenan el crecimiento. En el caso de la tercera fase o fase lineal, que ocurre cuando el animal deja de crecer o cuando el crecimiento se puede considerar solamente para la reposición de tejidos, tan sólo se insinúa en las variables analizadas.

Existe un consenso creciente de lo inadecuado de utilizar los enfoques tradicionales, como los modelos lineales y exponenciales, para estudiar el crecimiento. Es por ello que hay una necesidad apremiante de adaptarse a modelos empíricos, especialmente los no lineales. Esta contribución ha permitido estudiar los parámetros productivos y de crecimiento en el chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*) desde una perspectiva más biológica y, por tanto, permitiendo inferencias posiblemente más ajustadas a la realidad.

CONCLUSIONES

En la evaluación del crecimiento del chigüire, el modelo logístico fue el de mejor ajuste en todos los casos, corroborado por los valores de AIC. Se observó que las variables cefálicas presentan el desarrollo biológico esperado. De igual forma se evidenció que los animales que alcanzan la madurez con mayor peso presentan la menor tasa de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los ganaderos de las fincas “El Encanto” (vereda de Providencia), El Edén (vereda de Santa Fe) y “Buenos Aires” (vereda del Paraíso), de Arauca (Colombia), por todas las facilidades ofrecidas para realizar el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

Carrascal, VJ; Linares, AJ; Chacón, PJ. 2011. Comportamiento del *Hydrochoerus hydrochaeris isthmus* en un sistema productivo del

departamento de Córdoba, Colombia. Revista MVZ Córdoba 16(3):2754–2764.

Chacón, J; Linares, JC; Carrascal, JC; Ballesteros, J. 2013. Área de acción del chigüiro (*Hydrochoerus isthmus*) en un sistema agropecuario en Córdoba, Colombia. Revista Colombiana de Ciencia Animal 5(2):270–281.

Cueto, GR. 1999. Biología reproductiva y crecimiento del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en cautiverio: una interpretación de las estrategias poblacionales. Universidad de Buenos Aires.

da Silva, NAM; de Aquino, LH; e Silva, FF; de Oliveira, AIG. 2004. Curvas de crecimiento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça Nelore (en línea). Ciência e Agrotecnologia 28(3):647-654. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://bit.ly/39ShZBo>

Domínguez-Viveros, J; Rodríguez-Almeida, FA; Nuñez-Domínguez, R; Ramírez-Valverde, R; Ortega-Gutierrez, JA; Ruiz-Flores, A. 2013. Ajuste de modelos no lineales y estimación de parámetros de crecimiento en bovinos tropicame. Agrociencia 47(1):25–34.

González, JA; González, AO; Santa Cruz, AC; Ortiz, JC; Comolli, JA; Roux, JP; Toccalino, PA; Navías, JC; Cayo, DO. 2003. Aislamiento de *Trypanosoma evansi* en carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en cautiverio, de la provincia del Chaco, Argentina (en línea). In Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, UNNE (10, 2003, Corrientes, Argentina). Resumen. Córdoba, Argentina. Sitio argentino de producción animal. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://bit.ly/39RaSc7>

Guimarães, L; Rodrigues, F; Scotti, M. 2014. Strategies for herbivory mitigation by capybaras *Hydrochoerus hydrochaeris* in a riparian forest under restoration in the São Francisco river basin Brazil. Wildlife Biology 20(3):136–144.

Hammer, Ø; Harper, DAT; Ryan, PD. 2001. PAST v. 2.17c. Palaeontologia Electronica 4(1):1–229.

- Howland, HC; Merola, S; Basarab, JR. 2004. The allometry and scaling of the size of vertebrate eyes. *Vision Research* 44(17):2043–2065.
- Lôbo, RNB; Villela, LCV; Lobo, AMBO; Passos, JR de S; de Oliveira AA. 2006. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês (en línea). *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(3). Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://bit.ly/2wRD5kC>
- Miglino, MA; dos Santos, TC; Kanashiro, C; Ferraz, RH. 2013. Morphology and reproductive physiology of female capybaras. *In* Moreira, JR; Ferraz, KMP, Herrera EA; Macdonald, DW (eds.). *Capybara*. New York, EEUU, Springer. p. 131-146.
- Motulsky, H; Christopoulos, A. 2003. Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression. A practical guide to curve fitting (en línea). San Diego, EEUU. 351 p. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <http://bit.ly/38OtYyj>
- Ojasti, J. 2003. Bibliografía comentada sobre el chigüire en Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica* 23(4):43–68.
- Ojasti, J. 1973. Estudio biológico del chigüire o capibara. Caracas, Venezuela. Ediciones del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 273 p.
- Payandeh, B. 1983. Some applications of nonlinear regression models in forestry research. *Forestry Chronicle* 59(5):244–248.
- Resoagli, JM; Cao, JA; Fernández, JA; Bode, FF. 2016. Descripción anatómica de la musculatura del miembro pelviano del “carpincho” (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Revista veterinaria* 27(1):36–40.
- Rodríguez, J; Peña, M; Góngora, A; Murillo, R. 2012. Obtención y evaluación del semen de capibara *Hydrochoerus hydrochaeris*. *Revista MVZ Córdoba* 17(2):2991–2997.
- Santa Cruz, AC; Sarmiento, NF; González, JA; Comolli, JA; Roux, JP. 2005. Parásitos gastrointestinales de carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) del criadero “Marchi-E”, Baradero, provincia de Buenos Aires, Argentina (en línea). *In* Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, UNNE (12, 2005, Corrientes, Argentina). Resumen. Córdoba, Argentina. Sitio argentino de producción animal. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://bit.ly/2TQ0tI4>
- Torres, V; Meyer, BR; Noda, A; Sarduy, L. 2012. Criterios de bondad de ajuste en la selección de modelos no lineales en la descripción de comportamientos biológicos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(4):345–350.
- Ulloa, AR. 2005. Distribución del hábitat del chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris*; Linnaeus 1766) en sabanas inundables de la Estación Biológica el Frío, Venezuela. Tesis Lic. Mérida, Venezuela, ULA. 92 p.

INSTRUCCIONES AL AUTOR

REVISTAS CIENTÍFICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

Las revistas científicas del INIA, *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical*, se fundaron con el propósito de fomentar y mantener el intercambio de información entre los investigadores. Se divulgan resultados de la investigación e innovación en el campo de las ciencias agrícolas animales y vegetales, tanto por el INIA como por otras instituciones, nacionales e internacionales.

Agronomía Tropical inicia su publicación en el año 1951, mientras que *Zootecnia Tropical*, está vigente desde el año 1983. Ambas publican trabajos originales que presentan nuevos conceptos o tecnologías en el área agrícola.

Agronomía Tropical aborda las áreas temáticas: recursos fitogenéticos, protección vegetal, economía agrícola, edafología, biotecnología agrícola vegetal, tecnología de alimentos, ingeniería agrícola y sistemas de producción agrícola vegetal.

Zootecnia Tropical se enfoca en las áreas de producción, salud, genética y reproducción animal de especies de interés zootécnico, tecnología de alimentos de origen animal, pastos, forrajes, acuicultura marítima y continental, entre otros temas de interés.

TIPO DE CONTRIBUCIONES

Las revistas *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical* publican cuatro categorías de contribuciones: artículos científicos, notas técnicas, artículo de revisión y trabajos especiales. Los artículos científicos y notas técnicas pueden tener un enfoque cuantitativo o cualitativo.

Artículo científico. Documento no mayor a 25 páginas, donde se presentan resultados originales e inéditos. También serán aceptados datos o resultados presentados en resúmenes de congresos o seminarios, a condición de que el artículo completo no aparezca en las memorias del mismo.

Nota técnica. Documento de corta extensión con un máximo de 10 páginas, que describe técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas o resultados parciales de un trabajo de interés. El texto tendrá las mismas secciones del artículo científico.

Artículo de revisión y trabajo especial. Documento que presenta reportes y estadísticas de un área temática actualizada de interés colectivo, de orden científico-técnico, con relevancia nacional o internacional en el cual el autor presenta un análisis crítico sobre un tema prioritario o emergente. Este será solicitado por el Comité Editorial a especialistas de trayectoria profesional y experiencia demostrada. Será sometido a las normas de revisión para un artículo científico y su extensión no debe ser mayor a 25 páginas, incluyendo cuadros y figuras.

REMISIÓN DE ARTÍCULOS

La revista *Zootecnia Tropical* recibirá las contribuciones de los autores a través de los formularios presentados en el portal OJS de la revista. Las contribuciones podrán ser presentadas en español, inglés o portugués, acompañadas de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Autoría. Se incluirán como autores a las personas que hayan realizado contribuciones en la formulación del ensayo, diseño experimental, obtención de data cruda, aplicación del método estadístico, análisis de datos, interpretación de resultados, así como redacción del manuscrito o investigación bibliográfica.

Originalidad. Los trabajos sometidos para arbitraje y probable publicación deben ser inéditos, por lo tanto, se presentará una carta de fe donde el (los) autor(es) manifiestan que el mismo no ha sido enviado a otra(s) revista(s).

Integridad. La alteración de resultados y el plagio (alusión de resultados de otros investigadores sin dar crédito con la cita bibliográfica correspondiente) se considera inadmisibles y no ético.

Conflicto de intereses. Los autores presentarán por escrito, no mantener vínculos de interés comercial o personal en la investigación que dio origen al manuscrito sometido.

PROCESO EDITORIAL

Los trabajos recibidos serán evaluados inicialmente por el Comité Editorial, aquellos trabajos que superen la evaluación preliminar serán arbitrados por tres especialistas en el área de conocimiento, mediante el método de "doble ciego". Una vez que el autor reciba las observaciones de los evaluadores, tiene un plazo de 30 días para incorporar las modificaciones sugeridas en el texto y remitir la versión corregida a la revista.

Transcurridos 30 días sin recibir respuesta de los autores, el Comité Editorial retirará el trabajo. Es importante destacar que el arbitraje es una orientación para aceptar o rechazar el documento y el Comité Editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos que cumplan con los criterios de calidad y pertinencia establecidos por la revista.

El Comité Editorial tiene la potestad de ajustar el artículo para mantener la uniformidad de estilo de la revista, después de la edición y corrección de estilo, los autores recibirán la prueba de galera, la cual debe ser cuidadosamente revisada y devuelta al editor en un término máximo de una semana. Los trabajos que no superen la evaluación preliminar o el proceso de arbitraje serán devueltos a los autores, con notificación de no publicable en la revista. Las apelaciones deben presentarse ante el Editor Jefe, quien revisará la apelación conjuntamente con el Comité Editorial y emitirá un dictamen en un plazo de dos semanas.

FORMATO.

Los borradores deben ser escritos utilizando los procesadores de textos, como Libre Office Writer o Microsoft Office Word®. Las páginas serán numeradas consecutivamente en el lado inferior derecho, al igual que cada línea del texto, con inicio desde el título; fuente Arial tamaño 12; interlineado 1,5; márgenes a 2,5 cm por los cuatro lados.

En relación con los encabezamientos, el título de la contribución es el único de primer orden, se escribirá centrado en negrilla con la primera letra en mayúscula. Los títulos principales de sección (segundo orden): Resumen, Introducción, Materiales y métodos, Resultados y discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura citada, se indicarán centrados en negrilla y mayúsculas. El título de tercer orden, alineado a la izquierda, en negrilla y sólo la letra inicial en mayúscula; el texto continuará debajo del título. El título de cuarto orden, alineado a la izquierda, en negrilla seguido de un punto y sólo la letra inicial en mayúscula, el texto continuará en la misma línea

Los cuadros se presentarán en el mismo archivo del texto, acompañados del respectivo título, ubicado en la parte superior, el cual debe ser concreto y expresar el contenido del mismo, en letra Arial tamaño 11; identificados progresivamente con números arábigos, con orden de aparición inmediatamente después del párrafo donde se menciona por primera vez. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. El encabezado de las columnas debe ser conciso e indicar claramente las unidades en que se expresa el contenido. El significado de las abreviaturas utilizadas se desarrollará como pie de cuadro. Cuando se presenten resultados numéricos, deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Los cuadros serán elaborados utilizando aplicaciones tales como Libre Office

Writer, Microsoft Office Word®, Libre Office Calc o Microsoft Office Excel®; y no ser presentados en forma de imagen escaneada.

Las figuras se refieren a cualquier ilustración que se incluya en el trabajo como: gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas u otras representaciones, indicadas consecutivamente en el texto. El título se debe colocar en la parte inferior, en letra Arial tamaño 11. Las fotografías se deben presentar en formato JPEG, y los gráficos, mapas, dibujos otras representaciones se presentarán en formato PNG. Además de los cuadros y figuras insertados en el texto, deben enviarse los archivos originales en el formato en el que fueron elaborados. Todos los cuadros y figuras deben estar indicados en el texto. La resolución mínima para todas las figuras es 300 ppp.

Título. Se presentará en español, inglés o portugués, con su respectiva traducción, cónsono con el idioma del manuscrito. Identifica y describe el contenido del trabajo, sin abreviaturas, con un máximo de 20 palabras. Los nombres científicos se incluirán solo para especies poco comunes o cuando sea indispensable.

Autor(es) y afiliación (es). Nombres y apellidos completos en minúsculas a excepción de las iniciales. Cuando los autores publican con dos apellidos, deben estar separados con un espacio, salvo aquellos apellidos extranjeros o que por tradición utilicen el guion. Se acompañarán con números en superíndices para identificar la institución a la que pertenece(n) el(los) autor(es) y correos electrónicos. Se incluirá el nombre completo de la institución y sus siglas entre paréntesis, ciudad y país. El autor de correspondencia se identificará con un asterisco.

Resumen, Abstract o Resumen. Párrafo entre 200 y 250 palabras, claro y comprensible. Los estudios con enfoque cuantitativo deben indicar brevemente: problema y justificación, objetivo(s), métodos experimentales, resultados y conclusiones, sin exceder el uso de valores numéricos. Para estudios con enfoque cualitativo se deben indicar: objeto de estudio, propósito, metodología, resultados y aproximaciones. El idioma del resumen será como se indica a continuación:

Idioma del trabajo	Idioma del resumen
Español	Español e Inglés
Inglés	Inglés y Español
Portugués	Portugués, Inglés y Español

Palabras clave. Se recomiendan términos simples o compuestos (máximo seis), que permitan identificar el contenido del artículo y que no hayan sido usados en el título. Para seleccionar las palabras clave se sugiere consultar y usar los descriptores del tesoro multilingüe de agricultura (AGROVOC), creado por la FAO u otro similar. Se deben incluir los nombres científicos de los organismos biológicos como palabras clave. Disponible en: <http://aims.fao.org/es/agrovoc>

Introducción. Constituye una breve referencia de los antecedentes que motivaron la realización de trabajo; igualmente pueden incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo.

Materiales y Métodos o Metodología. Esta sección debe ser clara y precisa, de manera suficiente para permitir la repetitividad del ensayo. Para estudios con enfoque cuantitativo, seguir un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos utilizados tienen que ser citados como referencias bibliográficas, describiendo solo las modificaciones o lo novedoso. Las investigaciones de campo deberán incluir una breve descripción agroclimática de la localidad donde se efectuó el trabajo. Cuando las contribuciones tengan un enfoque cualitativo se debe indicar el marco teórico que describe brevemente conceptos y modelos

que orientaron la investigación; así como métodos, técnicas y procedimientos de acopio de la información, al igual que de procesamiento y validación de datos.

Resultados y discusión o Resultados y hallazgos. El contenido debe ser coherente con los objetivos señalados en la introducción. Es necesario detallar los resultados en orden lógico y de forma objetiva y secuencial. La información cuantitativa se podrá presentar en cuadros y figuras. La literatura citada no debe exceder de tres autores por idea a discutir.

Conclusiones o Aproximaciones. Deben responder al problema de la contribución. Indicar, de manera breve y precisa, los hallazgos más relevantes de la investigación, es decir, aquellos que constituyan un aporte significativo para el avance del campo temático explorado, además de brindar orientación para futuras investigaciones. Las conclusiones o aproximaciones no deben ser ambiguas, ni basarse en suposiciones.

Agradecimientos. Se incluirán los reconocimientos a aquellas personas que hayan realizado contribuciones sustanciales al trabajo, como: técnicos, productores, comunidades y revisores, entre otros. Igualmente, para reconocer a las instituciones que financiaron la investigación parcial o totalmente. El párrafo de esta sección debe ser breve, hasta un máximo de 10 líneas.

Literatura citada. Debe ser actualizada, con excepción de trabajos clásicos que se requiera incluir. Se debe ajustar al documento "Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas para ciencias agroalimentarias/IICA, CATIE" (2016). 5a ed. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6570/1/BVE18029707e.pdf>

A continuación, se presentan algunos ejemplos de las referencias más utilizadas:

Artículo en revista científica

Nery, FC; Paiva, R; Silva, DPC; Campos, ACAL; Chalfun-Júnior, A; Campos, JMS. 2011b. Nuclear DNA integrity of cryopreserved embryonic axes of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Acta Horticulturae* 908:139-142.

Artículo de una revista digital

Fajardo, L; Lovera, M; Arrindell, P; Aguilar, VH; Hasmy, Z; Cuenca, G. 2015. Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a restored tropical dry forest, Margarita island-Venezuela (en línea). *Revista de Biología Tropical* 63(3):859-870. Consultado 24 jul. 2015. Disponible en <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/15940/20146>.

Libros

Balzarini, M; Di Rienzo, JA; Tablada, M; González, L; Bruno, C; Córdoba, M; Robledo, W; Casanoves, F. 2011. Introducción a la bioestadística: aplicaciones con InfoStat en agronomía. Córdoba, Argentina, Brujas. 383 p.

Capítulo de libro de un autor en su propia obra

Toledo, JM; Schultze-Kraft, R. 1985. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. In *Manual para la Evaluación Agronómica*. Cali, Colombia, RIEPT- CIAT. p. 91-110.

Capítulo de libro cuyo autor no es el editor del documento

Panta, A; Zea, B; Sánchez, D; Tay, D; Roca, W. 2013. Crioconservación de recursos genéticos de tubérculos y raíces andinos en el Perú. In *González-Arno, MT; Engelmann, F (eds.). Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe*. San José, Costa Rica, IICA. p. 175-196.

Para ampliar la información le recordamos consultar las normas de redacción de referencias bibliográficas del IICA-CATIE, 5ª edición.

CONSIDERACIONES DE ESTILO

- La redacción del manuscrito será en voz activa y se debe utilizar la forma impersonal o tercera persona del singular.
- Restringir el uso del gerundio, utilice esta forma verbal únicamente para demostrar dos acciones que se realizan a la vez.
- Las palabras cuadro y figura se escriben, en el texto, con la primera letra en mayúscula.
- Las siglas deben ser escritas en mayúscula y entre paréntesis en su primera aparición en el texto y antecedidas por el término completo al que se refiere, a excepción de las unidades de medida.
- Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, abstract o cuerpo del artículo. Esto siempre y cuando no le anteceda la palabra variedad o cultivar, en cuyo caso no se utilizarán.
- Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es conocido, deberá señalarse la familia.
- Los nombres de productos comerciales deben evitarse, utilizándose el nombre genérico o principio activo. En caso de ser estrictamente necesario, su uso debe acompañarse por el símbolo®.
- Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de estos, y solo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios (Celsius, Kelvin, Joule, entre otros). Las siglas tampoco tienen plural, esto se mostrará con las palabras acompañantes, ejemplo: los SNP.
- Los decimales se deben separar con coma (,) y las unidades de mil o millón se expresarán con punto (.).

Nomenclatura. Se recomienda el uso del Sistema Métrico Decimal (SI) para la expresión de las unidades. Para los trabajos, los autores utilizarán las convenciones del International Code of Botanical Nomenclature, el International Code of Nomenclature of Bacteria, y el International Code of Zoological Nomenclature. Para la nomenclatura química se utilizará la International Union of Pure and Applied Chemistry, así como la Commission on Biochemical Nomenclature.

Para la nomenclatura de genes y proteínas, se recomienda utilizar los símbolos internacionalmente aceptados; los símbolos específicos pueden ser obtenidos en la base de datos de genes de Pubmed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. Las normas de nomenclatura para ganado y otras especies están disponibles en <http://www.genenames.org>, mientras que para ratones y ratas están disponibles en <http://www.informatics.jax.org/mgihome//nomen/strains.shtml>.

En cuanto a los polimorfismos nucleotídicos simples (SNP), deben ser identificados con su número de referencia único (rs) o el número de presentación (ss), como se indica en la base de datos pública dbSNP <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp>.

En referencia a la nomenclatura de las mutaciones y otras variaciones en la secuencia de ADN, favor visitar www.hgvs.org/ página oficial de la Genome Variation Society (HGVS).

A continuación, se presenta una lista de abreviaturas y símbolos para la expresión de términos y unidades de medida de uso común:

Término	Símbolo	Término	Símbolo
Metros sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	Población total	N
Índice de conversión	IC	Probabilidad	P
Peso al nacer	PN	Coefficiente de variación	CV
Peso al destete	PD	Coefficiente de correlación	r
Bloques multinutricionales	BM	Coefficiente de determinación	R ²
Consumo de materia seca	CMS	Desviación estándar	DE
Energía digestible	ED	Error experimental	EE
Energía metabolizable	EM	Grados de libertad	GL
Fibra ácido detergente	FAD	Heredabilidad	h ²
Fibra de detergente neutra	FDN	Materia Orgánica	MO
Ganancia diaria de peso	GDP	Materia Seca	MS
Aminoácido	aa	Nitrógeno no proteico	NNP
Ad libitum	Ad lib	Proteína Cruda	PC
Ácido Graso Volátil	AGV	Cantidad de sustancia	mol
Partes por millón	ppm		

Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo
Gramo	g	Hora	h
Kilogramo	kg	Minuto	min
Gramos por kilogramo	g.kg ⁻¹	Segundo	s
Miligramos	mg	Porcentaje	%
Kilocalorías	kcal	Por mil	‰
Kilogramo por hectárea	kg.ha ⁻¹	Hectárea	ha
Kilómetro	km	Tonelada	t
Litro	L	Tonelada por hectárea	t.ha ⁻¹
Gramos por litro	g.L ⁻¹	Grados Celsius	°C
Mililitros	mL	Grados Fahrenheit	°F
Mililitros por litro	mL.L ⁻¹	Grados Kelvin	°K
Metro	m	Joule	J
Metro cuadrado	m ²	Milímetro	mm
Metro cúbico	m ³	Micrometro	µm
Decímetro	dm	Miliequivalente	meq
Centímetro	cm	Caloría	cal