

## Impact of biomass bank technology with Cuba CT-115 grass on a dairy farm from the topical area of the center of Veracruz, Mexico

## Impacto de la tecnología de bancos de biomasa con pasto CUBA CT-115 en una lechería de la zona tropical del centro de Veracruz, México

R.S. Gudiño Escandon<sup>1,3</sup>, J.A. Díaz-Untoria<sup>2</sup>, Verena Torres Cárdenas<sup>2</sup>, Cynthia O. Retureta González<sup>2</sup>; C. R. Padilla Corrales<sup>2</sup>, R. O. Martínez Zubiaur<sup>2</sup> and V.E. Vega-Murillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>3</sup>Unión Ganadera Regional de la Zona Central de Veracruz, México

Email: rgudino@uv.mx

R.S. Gudiño Escandon: <https://orcid.org/0000-0002-1013-805X>

J.D. Díaz Untoria: <https://orcid.org/0000-0002-8174-1382>

Verena Torres Cárdenas: <https://orcid.org/0000-0002-7451-8748>

Cynthia O. Retura González: <https://orcid.org/0000-0003-2846-4205>

C.R. Padilla Corrales: <https://orcid.org/0000-0002-6828-122X>

R.O. Martínez Zubiaur: <https://orcid.org/0000-0002-3420-6862>

V.E. Vega Morrillo: <https://orcid.org/0000-0002-0847-8944>

To evaluate the impact of biomass bank technology with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 in dual-purpose livestock, data was collected from 14 indicators during six years. For three years, the area had normal management and biomass banks for the other three. Trimester-year combination allowed to create a data matrix with a total of 24 rows. The Statistical Model for Impact Measurement was used to interpret the results. Three principal components (PC) were selected, which explained 83.87% of the variability. PC1 explained 56%, PC2 16.47% and PC 3 11.3%. The three new variables were renamed as production, supplements and productivity, respectively, according to the variables that had a preponderance superior to 0.65 in each component. With these variables, impact indexes of each scenario were estimated. Production component changed its impact values, from negative to positive, in the three years with biomass banks, which showed the advantage of technology introduction. Through linear correlations, it was estimated that, in each trimester, the total number of cows increased by  $1.84 \pm 0.14$ ; milk production at  $298.37 \pm 45.87$  kg, weaned live weight at  $44.81 \pm 9.59$  kg and stocking rate at  $0.057 \pm 0.07$  LAU/ha. Biomass bank technology allowed to important indicators for dual-purpose livestock.

Key words: dual purpose, Statistical Model for Impact Measurement, feeding during dry period, *Cenchrus purpureus*, *Pennisetum purpureum* Schumach

In tropical areas of Mexico, the use of bovine cattle is mainly developed through the grazing of native grasses (*Axonopus* and *Paspalum*), with low potential for forage production. Forage production takes place mainly in areas with *Cynodon plectostachyus*, *Megathyrsus maximus*, *Hiparrhenia rufa*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*, *Echinochoa polystachya* and *Andropogon gayanus* (Enríquez *et al.* 2011).

García *et al.* (2019) reported that, in the coastal plain of Veracruz, grass is the main feeding source for cattle. However, it is scarce and has poor quality, due to the

Para evaluar el impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 en la ganadería de doble propósito, se captaron datos de 14 indicadores durante seis años. De estos, tres tuvieron el manejo normal de la zona, y tres bancos de biomasa. La combinación trimestre-año permitió confeccionar una matriz con un total de 24 filas. Se utilizó el Modelo Estadístico de Medición de Impacto para interpretar los resultados. Se seleccionaron tres componentes principales (CP), que explicaron 83.87 % de la variabilidad. El CP1 explicó 56 %, CP2 16.47 % y CP 3 11.3 %. Las tres nuevas variables se renombraron como producción, suplementos y productividad, respectivamente, de acuerdo con las variables que tuvieron preponderancia superior a 0.65 en cada componente. Con estas variables se estimaron los índices de impacto de cada escenario. El componente Producción cambió sus valores de impacto, de negativo a positivo, en los tres años con bancos de biomasa, lo que mostró la ventaja de la introducción de la tecnología. Mediante correlaciones lineales se estimó que, en cada trimestre, el número total de vacas se incrementó en  $1.84 \pm 0.14$ ; la producción de leche en  $298.37 \pm 45.87$  kg, el peso vivo destetado en  $44.81 \pm 9.59$  kg y la carga en  $0.057 \pm 0.07$  UGM/ha. La tecnología de bancos de biomasa permitió mejorar indicadores de importancia para la ganadería de doble propósito.

Palabras clave: doble propósito, Modelo Estadístico de Medición de Impacto, alimentación en el periodo seco, *Cenchrus purpureus*, *Pennisetum purpureum* Schumach

En el trópico de México, la explotación de ganado bovino se desarrolla, principalmente, mediante el pastoreo de gramas nativas, *Axonopus* y *Paspalum*, con bajo potencial de producción de forraje. La producción de forraje tiene lugar, principalmente, en praderas de pastos *Cynodon plectostachyus*, *Megathyrsus maximus*, *Hiparrhenia rufa*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum purpureum*, *Echinochoa polystachya* y *Andropogon gayanus* (Enríquez *et al.* 2011).

García *et al.* (2019) refieren que, en la llanura costera de Veracruz, el pasto es la fuente principal de alimento del ganado bovino. Sin embargo, resulta escaso y de mala

misuse of grasslands, especially during dry periods. In dual-purpose cattle farms, located in the tropical zone of the central region of Veracruz, dry matter deficit during dry season can be covered, with the application of technologies that improve the distribution of dry matter production destined for cattle during the year (Gudiño *et al.* 2018).

Biomass bank technology with Cuba CT-115 (*Cenchrus purpureus*) has been studied and extended in Cuban livestock since 1995. It consists of separating up to 30% of the area of the dairy farm sown with Cuba CT-115, from August to November, to store and graze in three rotations, between 20 and 25 t DM/ha, during dry period (Martínez and Herrera 2005).

Based on the criteria of several authors, Gudiño (2019) defines technology transfer in livestock as the application of knowledge generated from research to solving problems of animal production, considering specific conditions of production unit, with training and monitoring farmers.

The introduction of a new technology occurs depending on production, without controls in the system and with a broad relationship between the factors of the production process (Gaynor 2006).

There are methodologies, models and procedures for evaluating the impact on several factors, some general, with tendency to universality (Angelelli and Gligo 2002), others specific to particular situations or aspects (Días 2008), and others qualitative, with extensive databases and static or dynamic nature.

The impact of a technology is defined as changes achieved over time with the introduction of a technique or knowledge, determined by technological, productive, economic, social and environmental aspects, and their interrelation. Impact determination is achieved through a responsible information system, which measures the largest number of variables (Torres *et al.* 2019).

In the agricultural field, the Statistical Model for Impact Measurement (SMIM) has been applied in Cuba (Chacón 2009, Raez 2012 and Barreto 2012), and in countries such as Mexico (Ruiz *et al.* 2012) and Ecuador (Vargas *et al.* 2011).

According to Font and Guerrero (2005), the multiplicity of variables can be very complex, and multivariate techniques, such as principal component analysis (PCA) and hierarchical or cluster analysis, can help to interpret the complex reality of various factors, which are interrelated when evaluating the adoption of a new technology.

The objective of this study was to evaluate the impact of biomass bank technology with Cuba CT-115 in dual-purpose livestock, in a commercial dairy farm, as a representation of the livestock in tropical areas of Veracruz.

## Materials and Methods

*Location and management.* The study was carried out from 2014 to 2019, in a commercial dairy farm, with 26 ha in a dual-purpose system, representative of the livestock

calidad, debido al mal uso de las praderas, sobre todo durante la sequía. En fincas ganaderas de doble propósito, ubicadas en la zona tropical de la región centro de Veracruz, el déficit de materia seca en el período poco lluvioso se puede cubrir, si se aplican tecnologías que mejoren la distribución de la producción de materia seca destinada al ganado durante el año (Gudiño *et al.* 2018).

La tecnología de los bancos de biomasa con Cuba CT115 (*Cenchrus purpureus*) se ha estudiado y extendido en la ganadería cubana a partir de 1995. Consiste en segregar hasta 30 % del área de la lechería sembrada con Cuba CT-115, desde agosto hasta noviembre, para almacenar y pastar en tres rotaciones, entre 20 y 25 t de MS/ha, durante el período seco (Martínez y Herrera 2005).

A partir del criterio de varios autores, Gudiño (2019) define la transferencia de tecnología en la ganadería como la aplicación del conocimiento generado desde la investigación a la solución de problemáticas de la producción animal, teniendo en cuenta las condiciones específicas de la unidad de producción de forma integral, con capacitación y seguimiento a los productores.

La introducción de una nueva tecnología transcurre en función de la producción, sin testigos en el sistema y con amplia relación entre los factores del proceso productivo (Gaynor 2006).

Existen metodologías, modelos y procedimientos para la evaluación del impacto en varios factores, algunos generales, con pretensiones de universalidad (Angelelli y Gligo 2002); otros específicos para situaciones o aspectos concretos (Días 2008), y otros cualitativos, con amplias bases de datos, de carácter estático o dinámico.

El impacto de una tecnología se entiende como los cambios logrados en el tiempo con la introducción de una técnica o conocimiento, determinados por aspectos tecnológicos, productivos, económicos, sociales, ambientales, y su interrelación. La determinación del impacto se logra mediante un sistema de información responsable, que mide la mayor cantidad de variables (Torres *et al.* 2019).

En la esfera agropecuaria, el Modelo Estadístico de Medición de Impacto (MEMI) se ha aplicado en Cuba (Chacón 2009, Raez 2012 y Barreto 2012), y en países como México (Ruiz *et al.* 2012) y Ecuador (Vargas *et al.* 2011).

Según Font y Guerrero (2005), la multiplicidad de variables puede ser muy compleja, y las técnicas multivariadas, como el análisis de componentes principales (ACP), y el análisis jerárquico o de Cluster, pueden ayudar a interpretar la compleja realidad de diversos factores que se interrelacionan al valorar la adopción de una nueva tecnología.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con Cuba CT-115 en la ganadería de doble propósito en una lechería comercial, representativa de la ganadería del trópico de Veracruz.

## Materiales y Métodos

*Localización y manejo.* El estudio se desarrolló de 2014 a 2019, en una lechería comercial que dispone de 26 ha en un sistema doble propósito, representativa de la ganadería del

of tropical areas of Veracruz, in Jamapa municipality, Mexico. This facility is located at 19°14' N and 96°14' W, at 21 m a.s.l. The climate in the area is tropical AW, according to the Köppen-Geiger classification, with a mean annual temperature of 25.9 °C and mean annual rainfall of 1,108 millimeters (Domínguez *et al.* 2017).

The research was developed for six years. It included three years with normal management of the area, and three with biomass bank. Data collection began in 2014, without biomass banks, when the farm had 24 cows and 11 large paddocks with grasses, and low yield and quality, in dry period. During the six years, mineral salts were always offered at will and multinutritional blocks, as well as hay and silage. It was supplied from 6 to 8 hours in the stable, only in dry period. Quantities varied according to the development of the technology, except for the block, which was offered at a rate of 0.5 kg/d. The stabulation period was from 7:00 a.m. to 4:00 p.m. The area for producing hay was composed by 1 ha of *Digitaria decumbens* and 1 ha of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169 for silage, not included in the 26 ha of the technology. Cows were milked once a day, starting at 7:00 a.m. After milking, they went to the suckling area for two hours.

Technology application began after the establishment of the biomass bank with Cuba CT-115 in 7.8 ha, divided into 15 paddocks, which represents 30% of the farm. Grazing began in December 2016, with 24 crossbred Zebu and Holstein cows, weighing 450 to 500 kg and in good physical condition. The occupation period per paddock was 4, 3 and 2 d in the first, second and third rotation, respectively, for 60, 45 and 30 d with Cuba CT-115, which covered 135 d of grazing. It was fertilized with urea, at a rate of 50 kg N/ha, in specific areas, only during the first rotation. In the other 18 ha, which represent 70% of the farm, composed of *Digitaria decumbens*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* and *Cynodon nlemfuensis*, grazing was carried out after the biomass bank, in each rotation, in 10 paddocks, with occupation periods from 1 to 3 d, completing rotations of 90, 60 and 50 d, for a total of 210 d during dry period. This area was also fertilized with urea, at a rate of 50 kg N/ha after the first rotation. Twice, during dry season, irrigation with a 25 mm sheet could be applied.

*Data matrix.* The data matrix was organized per years and trimesters in rows. The 14 variables corresponded to columns: total cows, milking cows, dry cows, number of parturitions, cows/d/paddock, quarterly milk production, milk production/cow/d, total paddocks in Cuba CT-115, used silage (kg), silage per cow (kg), hay per cow (kg), weaned calves, produced live weight and stocking rate (LAU/ha).

*Statistical analysis.* To analyze and summarize the collected information, SMIM (Torres *et al.* 2008) was applied. This methodology combines different multivariate techniques (principal components and

tropical de Veracruz, en el municipio de Jamapa, México. Esta instalación se halla ubicada en las coordenadas latitud norte de 19° 14' y longitud oeste de 96°14', a 21 m s.n.m. El clima de la región es tropical AW, de acuerdo con la clasificación Köppen- Geiger, con temperatura media anual de 25.9° C y precipitación pluvial media anual de 1.108 milímetros (Domínguez *et al.* 2017).

La investigación consistió en seis años de estudio. Comprendió tres años, con el manejo normal de la zona, y tres con el banco de biomasa. La colección de datos comenzó en el 2014, sin bancos de biomasa, cuando la finca contaba con 24 vacas y 11 potreros grandes de gramíneas, con bajo rendimiento y calidad, durante el período seco. En el transcurso de los seis años, se ofreció siempre sales minerales a voluntad y bloque multinutricional; además de heno y ensilaje. Se suministró de 6 a 8 h en establo, solo en el período seco. Las cantidades variaron según el desarrollo de la tecnología, excepto para el bloque, que se ofertó a razón de 0.5 kg/d. El período de estabulación fue de 7:00 a.m. a 4:00 p.m. El área para producir heno fue de 1 ha de *Digitaria decumbens* y 1 ha de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-169 para ensilaje, no incluidas en las 26 ha de la tecnología. Las vacas se ordeñaron una vez por día, a partir de las 7:00 a.m. Después del ordeño, pasaron al área de amamantamiento durante dos horas.

La aplicación de la tecnología se inició luego del establecimiento del banco de biomasa con Cuba CT-115 en 7.8 ha, divididas en 15 cuarterones, lo que representa 30 % de la finca. El pastoreo comenzó en diciembre de 2016, con 24 vacas mestizas Cebú y Holstein, que tenían de 450 a 500 kg de peso y buen estado físico. El período de ocupación por cuarterón fue de 4, 3 y 2 d en la primera, segunda y tercera rotación respectivamente, para 60, 45 y 30 d con Cuba CT115, que cubrió 135 d de pastoreo. Se fertilizó con urea, a razón de 50 kg de N/ha, de forma localizada, solo en la primera rotación. En las 18 ha, que representan 70 % de la finca, compuestas por *Digitaria decumbens*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon nlemfuensis*, el pastoreo se realizó a continuación del banco de biomasa, en cada rotación, en 10 potreros, con períodos de ocupación de 1 a 3 d, completando rotaciones de 90, 60 y 50 d, para un total de 210 d durante el período seco. Esta área se fertilizó también con urea, a razón de 50 kg de N/ha después de la primera rotación. Dos veces, en la época de seca, se pudo aplicar riego con lámina de 25 mm.

*Matriz de datos.* La matriz de datos se organizó por años y trimestres en las filas. Correspondieron a las columnas las 14 variables: total de vacas, vacas en ordeño, vacas secas, número de partos, vacas/d/potrero, producción trimestral de leche, producción leche/vaca/d, total de cuarterones de Cuba CT-115, ensilaje utilizado (kg), ensilaje por vaca (kg), heno por vaca (kg), terneros destetados, peso vivo producido y unidades de ganado mayor (UGM)/ha.

*Análisis estadístico.* Para analizar y resumir la información recopilada se aplicó el MEMI, de Torres *et al.* (2008). Esta metodología combina diferentes técnicas multivariadas (componentes principales y Cluster) para

cluster) to carry out comprehensive analyzes and determine performance and classification of production systems (Torres 2015). Data was were processed with the statistical system IBM-SPSS (2012), version 22 for Windows.

Linear regressions were estimated between total number of cows, milk production, produced live weight, stocking rate LAU/ha (Y) and trimester (X), with the application of REG procedure of SAS (2012).

### Results and Discussion

Kaiser-Meyer-Olkin test was significant ( $P < 0.001$ ), with a value of 0.75, which indicated that the data matrix was adequate for the application of the SMIM. In the PC analysis, the first three explained more than 83% of the studied variability. PC 1 showed the greatest variance (56.09%), and was the most important. PC 2 and 3 explained lower variance (16.47 and 11.30%, respectively) (table 1).

Table 1. Total variance explained by the PCs

Component	Eigenvalue ( $\lambda$ )	Variance percentage	Accumulated percentage
1	7.85	56.09	56.09
2	2.31	16.47	72.56
3	1.58	11.31	83.87

Similar results to those of this research were obtained by Rodríguez *et al.* (2014), in a study on technical, socioeconomic and environmental evaluation of a genetic enterprise from Mayabeque, Cuba, in which they applied the SMIM with PC analysis. These authors reported that the first four components explained 63.38% of variability. PC 1 was the one with the highest relationship with productive variables, and explained 40.9% of variability. Segura *et al.* (2017), in a study on identification of determinant factors in milk production, in Pastaza, Ecuador, stated that impact index contributed to establish the performance and problems in the development of farms. Three components explained 78.7% of the variance, being PC1, called herd and production, which explained 38.7% of the variability.

Using the matrix of rotated components, by Varimax method, variables with preponderance values superior to 0.65 were identified (table 2). Variables total number of cows, milking cows, dry cows, number of parturitions, production per quarter, total paddocks of Cuba CT-115, number of weaned calves, produced live weight and LAU/ha were preponderant indicators in PC 1. Therefore, this new variable was called Production.

Variables cows/d/paddock, used silage, silage per cow and hay per cow were the indicators with the highest preponderance of PC 2, and it was called Supplementation. Variable milk production per cow per

realizar análisis integrales y determinar el comportamiento y la clasificación de los sistemas productivos (Torres 2015). Los datos se procesaron con el sistema estadístico IBM- SPSS (2012), versión 22 para Windows.

Se estimaron las regresiones lineales entre el número total de vacas, producción de leche, peso vivo producido, carga UGM/ha (Y) y el trimestre (X), con la aplicación del procedimiento REG de SAS (2012).

### Resultados y Discusión

La prueba de Káiser-Meyer-Olkin fue significativa ( $P < 0.001$ ), con valor de 0.75, lo que indicó que la matriz de datos era la adecuada para la aplicación del MEMI. En el análisis de las CP, los tres primeros explicaron más de 83 % de la variabilidad estudiada. La CP 1 fue la que mayor varianza explicó (56.09 %), y fue la más importante. La CP 2 y 3 explicaron menor varianza (16.47 y 11.30 %, respectivamente) (tabla 1).

Resultados similares a los de esta investigación obtuvieron Rodríguez *et al.* (2014) en un trabajo sobre evaluación técnica, socioeconómica y medioambiental de una empresa genética de Mayabeque, Cuba, donde aplicaron el MEMI con el análisis de CP. Estos autores informaron que los primeros cuatro componentes explicaron 63.38 % de la variabilidad. La CP 1 fue la de mayor relación con las variables productivas, y explicó 40.9 % de la variabilidad. Segura *et al.* (2017), en un estudio acerca de la identificación de los factores determinantes en producción lechera, en Pastaza, Ecuador, determinaron que el índice de impacto contribuyó para establecer el comportamiento y los problemas en el desarrollo de las fincas. Tres componentes explicaron 78.7% de la varianza, siendo la CP1, denominada rebaño y producción, la que explicó 38.7 % de la variabilidad.

Mediante la matriz de componentes rotadas, por el método Varimax, se identificaron las variables con valores de preponderancia superiores a 0.65 (tabla 2). Las variables número total de vacas, vacas en ordeño, vacas secas, número de partos, producción por trimestre, total de cuarterones de Cuba CT-115, número de terneros destetados, peso vivo producido y UGM/ ha fueron los indicadores preponderantes en el CP 1. Por ello, esta nueva variable se denominó Producción. Las variables vacas días por potrero, ensilaje utilizado, ensilaje por vaca y heno por vaca fueron los indicadores de mayor preponderancia de la CP 2, y se le denominó Suplementación. La variable producción de



day was the only preponderant indicator in PC 3, and it was called Productivity.

leche de vaca por día fue el único indicador preponderante en la CP 3, y se denominó Productividad.

Table 2. Matrix of rotated components by Varimax method

Variable	Components		
	Production (PC1)	Supplementation (PC2)	Productivity (PC3)
Total number of cows	0.97	-0.14	0.12
Milking cows	0.84	0.00	0.44
Dry cows	0.91	-0.22	-0.09
Parturitions	0.79	0.07	-0.21
Cows/d/paddock	-0.02	0.74	0.50
Milk per quarter	0.74	-0.08	0.62
Milk per cow per day	-0.02	-0.22	0.82
Area with CT-115	0.86	-0.43	-0.14
Used silage, kg	0.04	0.92	-0.26
Silage per cow, kg	-0.37	0.87	-0.17
Hay per cow, kg	-0.51	0.70	-0.19
Weaned calves	0.68	-0.38	0.19
Produced liveweight	0.69	-0.40	0.23
Stocking rate, LAU ha	0.97	-0.14	0.12
Variance percentage	56.09	16.47	11.31
Accumulated variance percentage	56.09	72.56	83.87

Lok *et al.* (2009) also obtained high and positive ponderance indexes, when evaluating indicators and animal performance of the entire herd in the Genetic 4 productive unit of a farm in the Institute of Animal Science, located in Mayabeque, Cuba, with the introduction of Cuba CT-115 biomass bank technology, which turned out to be a viable alternative to fulfill food deficit during dry season.

Martínez *et al.* (2013), in a study to measure impact of factors that influence on milk production in farms from Ciego de Ávila, Cuba, demonstrated that the mathematical approach described the impact index of the variables with the highest preponderance in the principal component analysis, by explaining variability in factors affecting production efficiency.

According to Torres *et al.* (2013), coefficients of factorial measures express impact indexes for each scenario, based on the principal components. Results of this analysis for PC Production are presented in figure 1. Bars show the impacts in the scenarios, from 2014 to 2019. In the first 12 trimesters, biomass bank technology was not applied, with stocking rate of 0.96 LAU/ha. The changes from negative to positive values in the scenarios indicate the impact of the biomass bank on results, which refer to the last 12 studied quarters, corresponding to the period from 2017 to 2019. This demonstrates that PC Production changed since the beginning of biomass bank technology application.

Lok *et al.* (2009) obtuvieron también índices de ponderación altos y positivos, al evaluar indicadores y el comportamiento animal de todo el hato en la unidad productiva Genético 4 de la granja del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en Mayabeque, Cuba, al introducir la tecnología de banco de biomasa del Cuba CT-115, que resultó ser una alternativa viable para satisfacer el déficit de alimentos en el período estacional de seca.

Martínez *et al.* (2013) en un trabajo de medición de impacto de factores que influyen en la producción de leche en fincas de Ciego de Ávila, Cuba, demostraron que el enfoque matemático describió el índice de impacto de las variables de mayor preponderancia en el análisis de componentes principales, al explicar la variabilidad en los factores que afectan la eficiencia en la producción.

Según Torres *et al.* (2013), los coeficientes de medidas factoriales expresan índices de impacto para cada escenario, en función de los componentes principales. Los resultados de este análisis para el CP Producción se presentan en la figura 1. Las barras muestran los impactos en los escenarios, desde el 2014 hasta el 2019. En los primeros 12 trimestres, no se aplicó la tecnología del banco de biomasa, con carga animal de 0.96 UGM/ha. Los cambios de valores negativos a positivos en los escenarios indican el impacto del banco de biomasa en los resultados, los cuales se refieren a los últimos 12 trimestres estudiados, correspondientes al período de 2017 a 2019. Esto demuestra que la CP Producción tuvo cambios desde que inició la aplicación de la tecnología del banco de biomasa.

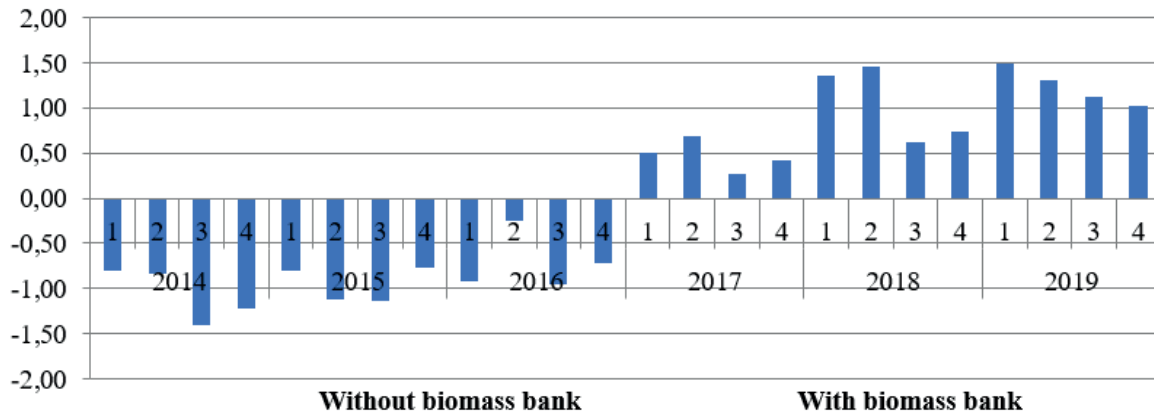


Figure 1. Impact indexes per year and quarters for PC1 Production and Technology

A similar situation was presented in a study carried out by Martínez *et al.* (2012) on the analysis of the impact of biomass bank technology with Cuba CT-115. The cited authors used rotated matrices to determine impact indexes in each scenario. These changed their values, from negative to positive, over the years, which shows the impact of this technique.

In figure 2, bars represent the impacts of PC Supplementation in each scenario. Negative values correspond to the quarters of rainy season, which did not receive hay or silage, while positive values correspond to periods in which it was supplemented. Lower positive values are appreciated from 2017, indicating a decrease in the amount of hay and silage used during the stable hours during dry periods.

Una situación similar se presentó en un estudio realizado por Martínez *et al.* (2012) acerca del análisis del impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el Cuba CT-115. Los autores citados utilizaron matrices rotadas para determinar en cada escenario los índices de impacto. Estos cambiaron sus valores, de negativos a positivos, con el transcurso de los años, lo que evidencia el impacto de dicha técnica.

En la figura 2, las barras representan los impactos del CP Suplementación en cada escenario. Los valores negativos corresponden a los trimestres del período lluvioso, que no recibieron heno o ensilaje, mientras que los positivos corresponden a períodos en los que sí se suplementó. Se aprecian valores positivos más bajos a partir de 2017, lo que indica una disminución de la cantidad de heno y ensilaje utilizado en el horario de establo durante los períodos de seca.

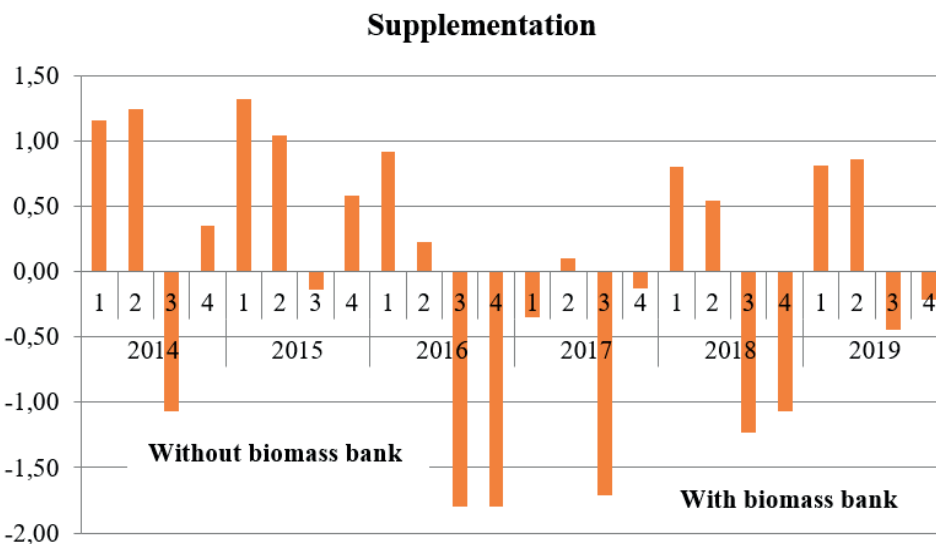


Figure 2. Impact indexes per year and quarters for PC Supplementation

The previous showed that PC Supplementation is not related to the PC Production, and explains less the variability. In addition, it presented lower impact values during the years that the biomass bank was used. In practice, this indicates that before biomass bank, supplementation with preserved foods was insufficient to grow in the main productive indicators.

In figure 3, bars represent impacts of PC Productivity. The variable milk production per cow per day was the preponderant indicator. This, by

Lo anterior dejó ver que el CP Suplementación no está relacionado con el CP Producción, y explica menos la variabilidad. Además, presentó valores de impacto menores durante los años que se utilizó el banco de biomasa. En la práctica, esto indica que antes del banco de biomasa, la suplementación con alimentos conservados era insuficiente para crecer en los principales indicadores productivos. En la figura 3, las barras representan los impactos del CP Productividad. La variable producción de leche por vaca por día fue el indicador preponderante. Este, por sí mismo,

itself, has low variability, and although the following tables show discrete increases in productivity, it is not the fundamental cause of productive increase. This result was also influenced by the productive management of the farm, since due to the low price and demand in the milk market, part of the herd is managed with a cow-breeding system, and not as a dairy farm, during the year.

es de baja variabilidad, y aunque en las tablas siguientes se muestran discretos incrementos en productividad, no es la causa fundamental del incremento productivo. En este resultado influyó también el manejo productivo de la finca, ya que debido al bajo precio y demanda en el mercado de la leche, parte del hato durante el año se maneja en sistema vaca cría, y no en lechería.

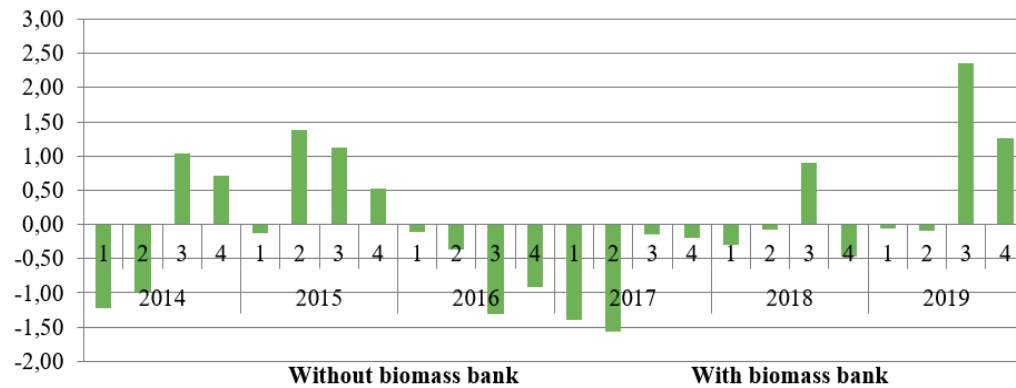


Figure 3. Impact indexes per year and quarters for PC Productivity

Similar results were obtained by Martínez *et al.* (2012), who, in the study of implementation and use of biomass banks in nine dairy farms for 10 years, reported increases of 0.2 L/milking cow per year and little variability. A more detailed form of showing the results with the productive indicators was the use of cluster procedure for grouping the scenarios with the greatest similarity. Table 3 shows means and standard deviations of studied variables for each of the three groups.

Resultados similares obtuvieron Martínez *et al.* (2012), quienes en el estudio de la implementación y utilización de bancos de biomasa en nueve lecherías durante 10 años informaron incrementos de 0.2 L/vaca en ordeño por año y poca variabilidad. Una manera más detallada de mostrar los resultados con los indicadores productivos fue la utilización del procedimiento de Cluster para el agrupamiento de los escenarios con mayor similitud. En la tabla 3, se presentan las medias y desviaciones estándar de las variables estudiadas para cada uno de los tres grupos confeccionados.

Table 3. Means and standard deviations of studied variables, grouped in three cluster analyzes

Variable	Group I Years 2014, 2015 Quarters 1 of 2016		Group II Quarters 2, 3 and 4 of 2016 and 2017 Quarters 3 and 4 of 2018		Group III Year 2018, Quarters 1 and 2 of 2019	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Total number of cows	24.33	1.41	40.56	10.96	54.67	0.52
Milking cows	13.08	2.02	15.85	4.23	25.06	4.03
Dry cows	11.26	1.95	24.41	7.30	29.56	3.88
Number of parturitions	4.56	2.07	7.22	1.99	11.33	1.86
Cows/d/paddock	237.02	9.83	150.37	29.77	235.16	33.14
Production per quarter	4860.50	1016.81	5839.58	1800.24	9801.79	2362.50
Production/cow/day	4.12	0.56	4.03	0.39	4.25	0.31
Area with CT-115	0.55	0.30	6.80	1.22	7.65	0.00
Used silage, kg	19221.33	9302.64	9403.33	11238.21	17732.50	11012.73
Silage per cow, kg	786.67	382.13	252.78	330.56	325.15	202.27
Hay per cow, kg	457.11	238.71	142.25	219.54	60.33	93.47
Weight at weaning, kg	132.78	6.04	135.31	8.04	138.73	15.88
Weaned calves	3.44	1.01	8.22	2.91	8.33	2.34
Produced LW, kg	451.79	124.34	1111.44	387.04	1171.83	353.71
Stocking rate, LAU/ha	0.93	0.06	1.56	0.42	2.11	0.02

The fact that group I gathered the initial quarters with much lower indicators, demonstrates that, over time, there was a well-defined productive impact, capable of separating the most productive cases in group III. The total number of cows, milking cows, dry cows, weaned calves, milk production (kg), produced live weight (kg) and stocking rate LAU/ha, increased by 124.7, 91.6, 162.5, 142.2, 101.7, 159.4 and 126.9%, respectively, between group I and III. As a consequence, the implementation of this technology had better capacity to feed animals and increase size of herd under production. Hay and silage gradually decreased in each group, due to the increase of forage produced in the biomass bank.

The above is corroborated in the study by Fortes *et al.* (2014) on growth of Cuba CT-115 in biomass bank technology. These authors refer, as main result, the increase of stocking rate capacity, and the consequent increase of herd production. It is also confirmed in results of Alarcón *et al.* (2015), who developed an investigation about the transfer of livestock technology in Santiago de Cuba, and concluded that the increase of food base with Cuba CT-115 allows to increase herd yields.

Statistical regression analyzes among total number of cows, milk production (kg), produced live weight (kg), stocking rate LAU/ha and quarters, were highly significant ( $P < 0.001$ ) (figure 4) and quantify the impact of biomass bank technology in the estimators of herd productive parameters. Total number of cows increased by  $1.84 \pm 0.14$  animals per quarter and milk production by  $298.37 \pm 45.87$  kg per quarter. Produced live weight increased by  $44.81 \pm 9.59$  kg per quarter and the stocking rate was increased by  $0.057 \pm 0.07$  LAU/ha per each quarter.

El hecho de que en el grupo I se reunieran los trimestres iniciales con los indicadores mucho más bajos, demuestra que con el tiempo hubo un impacto productivo bien definido, capaz de separar en el grupo III los casos más productivos. El total de vacas, vacas en ordeño, vacas secas, terneros destetados, producción de leche (kg), peso vivo producido (kg) y carga UGM/ha, se incrementó en 124.7, 91.6, 162.5, 142.2, 101.7, 159.4 y 126.9 % respectivamente, entre el grupo I y III. Como consecuencia, la implementación de la tecnología tuvo mayor capacidad de alimentar animales e incrementar el tamaño del hato en producción. El heno y el ensilaje utilizados disminuyeron paulatinamente en cada uno de los grupos, debido al incremento del forraje producido en el banco de biomasa.

Lo anterior se corrobora en el estudio de Fortes *et al.* (2014) acerca del crecimiento del Cuba CT-115 en la tecnología de bancos de biomasa. Estos autores refieren como resultado principal el incremento de la capacidad de carga, y el consiguiente aumento de la producción del hato. También se confirma en los resultados de Alarcón *et al.* (2015), quienes desarrollaron una investigación acerca de la transferencia de tecnología pecuaria en Santiago de Cuba, y concluyeron que el incremento de la base alimentaria con Cuba CT-115 permite aumentar los rendimientos de los rebaños.

Los análisis estadísticos de regresión entre el número total de vacas, producción de leche (kg), peso vivo producido (kg), carga UGM/ha y los trimestres, fueron altamente significativos ( $P < 0.001$ ) (figura 4) y cuantifican el impacto de la tecnología del banco de biomasa en los estimadores de los parámetros productivos del hato. El número total de vacas se incrementó en  $1.84 \pm 0.14$  animales por cada trimestre y la producción de leche en  $298.37 \pm 45.87$  kg por trimestre. El peso vivo producido aumentó en  $44.81 \pm 9.59$  kg por trimestre y la carga se incrementó en  $0.057 \pm 0.07$  UGM/ha por cada trimestre.

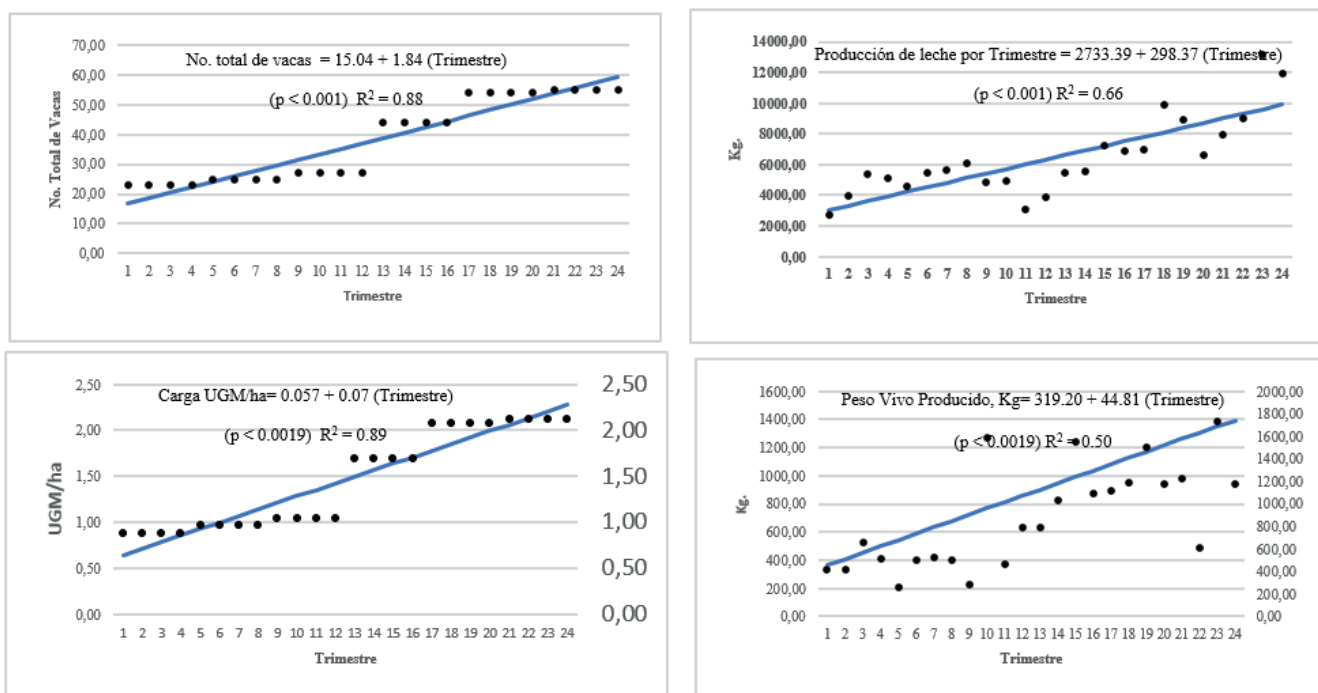


Figure 4. Linear regressions of the total number of cows, milk production, produced live weight and stocking rate LAU/ha and quarters



Díaz *et al.* (2014) reported important increases in milk production with biomass banks of Cuba CT-115, in a study carried out in farms of leading farmer, in Campeche, Mexico. Martínez and Medina (2018), when analyzing the influence of the use of biomass banks with Cuba CT-115 on seasonal performance of milk production in Siboney de Cuba cows, concluded that this technology is an alternative to face climate effects in tropical regions, which have from four to six dry months, because milk production per cow and per hectare increases, with greater stability in the annual productive process.

### Conclusions

The application of biomass bank technology with Cuba CT-115 in a dual-purpose dairy farms, representative of the livestock in tropical areas of Veracruz, showed a favorable impact, according to the results of the impact measurement model, particularly in the principal component more related to the response to changes in production.

With the establishment of this technology, forage production was higher, which allowed increasing stocking rate, milk production, total number of cows in herd, live weight of weaned animals and the reduction of supplementation. This way, food deficit, caused by the dry period in the ecosystem of the tropical zone of central Veracruz, was possible to be overcome.

### Acknowledgements

Thanks to the editor and reviewers for contributing to improve the quality of this paper, as well as to the Institute of Animal Science of the Republic of Cuba, for their support in carrying out this research.

Díaz *et al.* (2014) informaron incrementos importantes en la producción de leche con bancos de biomasa de Cuba CT-115, en un estudio realizado en fincas de productores líderes, en Campeche, México. Martínez y Medina (2018), al analizar la influencia de la utilización de bancos de biomasa con Cuba CT-115 en el comportamiento estacional de la producción de leche en vacas Siboney de Cuba, concluyeron que esta tecnología es una alternativa para enfrentar los efectos del clima en regiones tropicales, que tienen de cuatro a seis meses de sequía, ya que aumenta la producción de leche por vaca y por hectárea, con mayor estabilidad en el proceso productivo anual.

### Conclusiones

La aplicación de la tecnología del banco de biomasa con Cuba CT-115 en una lechería de doble propósito, representativa de la ganadería del trópico de Veracruz, mostró un impacto favorable, de acuerdo con los resultados del modelo de medición de impacto, particularmente en el componente principal más relacionado con la respuesta a los cambios en producción. Con el establecimiento de esta tecnología, la producción de forraje fue mayor, lo que permitió incrementar la carga, la producción de leche, el número total de vacas en el hato, el peso vivo destetado y la reducción de suplementación. Se logró así superar el déficit de alimentos que provoca el período seco en el ecosistema de la zona tropical del centro de Veracruz.

### Agradecimientos

Se agradece al editor y a los árbitros por contribuir a mejorar la calidad de este trabajo, así como al Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba, por el apoyo para la realización de esta investigación.

### References

- Alarcón, O., Sagaró, F. & Martínez, X. 2015. "Results of different livestock technology transfer in units of Santiago de Cuba". *Abanico Veterinario*, 5(2), ISSN: 2448-6132, Available: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-61322015000200038](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000200038)>, [Consulted: February 25th, 2020].
- Angelelli, P. & Glido, N. 2002. Apoyo a la innovación tecnológica en América Central: La experiencia del fondo para la Modernización Tecnológica y Empresarial de Panamá. Informe de Trabajo. División de Micro, Pequeña y Mediana Empresa, Banco Interamericano de Desarrollo. Available: <<https://publications.iadb.org/es/publicacion/16072/apoyo-la-innovacion-tecnologica-en-america-central-la-experiencia-del-fondo-para>>, [Consulted: February 24th, 2020].
- Barreto, O. 2012. Evaluación de la producción de leche vacuna en la UBPC Maniabo de Las Tunas. MSc. Thesis. Departamento de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Chacón, M.M. 2009. Evaluación del comportamiento económico-productivo de lecherías con diferentes sistemas de producción en la empresa El Tablón de la Provincia de Cienfuegos. MSc Thesis. Departamento de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- Dias, A.F. 2008. Avaliação dos impactos econômicos de tecnologias agropecuárias. In: Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa. Metodologia de referência. 1st Ed. Dias, A.F., Stachetti, G. & Vedovoto, G.L. (eds.). Ed. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília DF, Brasil, pp. 27-28, ISBN: 978-85-7383-420-8
- Díaz, A., Sardiñas, Y., Castillo, E., Padilla, C.R., Jordán, H., Martínez, R.O., Ruiz, T.E., Díaz, M.F., Moo, A.F., Gómez, O., Alpide, D., Arjona, M.R. & Ortega, G. 2014. "Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(2): 41-61, ISSN: 2683-1716.
- Domínguez, B., Hernández, A., Rodríguez, A., Cervantes, P., Barrientos, M. & Pinos, J.M. 2017. "Changes in Livestock Weather Security Index (Temperature Humidity Index, THI) During the Period 1917-2016 in Veracruz, Mexico". *Journal of Animal Research*, 7(6): 983-991, ISSN: 2277-940X, DOI: <https://doi.org/10.5958/2277-940X.2017.00149.8>.
- Enríquez, J.F., Meléndez, F., Bolaños, E.D. & Esqueda, V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. 1st Ed. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz, México, pp. 3-7, ISBN: 978-607-425-734-2.

- Font, F. & Guerrero, L. 2005. Estadística aplicada al análisis sensorial. In: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Cañeque, V. & Sañudo, C. (eds.). Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, España, p. 429–445, ISBN: 84-7498-509-9.
- Fortes, D., Herrera, R.S., García, M., Cruz, A.M. & Romero, A. 2014. “Growth analysis of the *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 in the biomass bank technology”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(2): 167-172, ISSN: 2079-3480.
- García, T.B., López, I., Castañeda, O., Cab, E. & Hernández, D. 2019. Efecto de la implementación de un calendario de manejo de praderas y de prácticas zootécnicas básicas sobre parámetros reproductivos de vacas de doble propósito. Estudio de caso. In: Innovación en la ganadería veracruzana. 1st Ed. Vega, V. & Hernández, A. (eds.). Ed. Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos del Estado de Veracruz, A.C. Veracruz, México, pp. 48-53, ISBN: 978-607-98681-0-9.
- Gaynor, E. 2006. El ciclo PHCA de Shewhart. Available: < <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/modergay.htm>>, [Consulted: December 4th, 2019].
- Gudiño, E.R. 2019. “Potencial del Extensionismo pecuario, con aplicación del MIRB (Manejo Integral de la Reproducción Bovina) en el ganado veracruzano”. Memorias XLIII Congreso Nacional de Buiatría, Boca del Río, Veracruz, México, p 51-65.
- Gudiño, R.S., Retureta, C.O., Vega, V.E., Torres, V. & Martínez, R.O. 2018. “Caracterización del balance forrajero en fincas ganaderas de doble propósito de la zona centro del estado de Veracruz, México”. Memorias VI Congreso Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba, p. 872-875, ISBN: 9789-959-7171-80-5.
- Hair, J.F., Anderson R.E., Tatham R.L. & Black W.C. 1999. Análisis Multivariante. 5th Ed. Ed. Prentice Hall Iberia. Madrid, España, p. 265, ISBN: 84-8322-035-0.
- IBM SPSS Statistics for Windows Version 22.0. 2012. IBM Corp., Armonk, New York, USA.
- Lok, S., Crespo, G., Torres, V., Fraga, S. & Noda, A. 2009. “Impact of the technology of biomass bank of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 on the soil-plant-animal system of a dairy unit with cattle”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 43(3): 297-303, ISSN: 2079-3480.
- Martínez R.O. & Herrera. R.S. 2005. Empleo del pasto Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. In: *Pennisetum purpureum* para la Ganadería Tropical. 1st Ed. Herrera, R.S., Febles, G.J. & Crespo, G.J. (eds.). Ed. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba, p. 22.
- Martínez, R.O. & Medina, Y. 2018. Influencia de la utilización de bancos de biomasa con Cuba CT-115 en el comportamiento estacional de la producción de leche con vacas Siboney de Cuba. Available: <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/influencia-utilizacion-bancos-biomasa-t32949.htm>>, [Consulted: June 29th, 2020].
- Martínez, R. O., Torres V. & Aguilar P.I. 2012. “Impact of biomass banks with *Pennisetum purpureum* (Cuba CT-115) on milk production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3): 253-259, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, J., Torres, V., Hernández, N. & Jordán, H. 2013. “Impact index for the characterization of factors affecting milk production in farms of Ciego de Ávila province, Cuba”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(4): 367-373, ISSN: 2079-3480.
- Raez, N. 2012. Caracterización e impacto de la producción de leche en la Empresa Pecuaria “Cuenca Lechera Las Tunas” en el periodo 2006-2010. MSc. Thesis. Departamento de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- Rodríguez, I., Torres, V., Martínez, O. & Domínguez, L. 2014. “Environmental, socio-economical and technical evaluation of a genetic enterprise from Mayabeque, Cuba, using the Statistical Model of Impact Measuring (SMIM) “. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(3): 219-226, ISSN: 2079-3480.
- Ruiz, M., Ruiz, J., Torres, V. & Cach, J. 2012. “Study of beef meat production systems in a municipality of Hidalgo State, Mexico”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3): 261-267, ISSN: 2079-3480.
- SAS (Statistical Analysis Systems). 2010. SAS/STAT Software, Version 9.3 for Windows. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Segura, E.O., Coronel, B.D., Heredia, M.G., Landines, E.F. & Muñoz, J.C. 2017. “Identificación de los factores determinantes en la producción lechera en la provincia de Pastaza”. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(1): 21-34, ISSN: 1390-8049.
- Torres, V. 2015. Aspectos estadísticos a considerar en el diseño, muestreo, procesamiento e interpretación de datos en la investigación de sistemas productivos agropecuarios. In: Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana. Vargas, J.C. & Torres, A. (eds.). Ed. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador, p. 174, ISBN: 978-9942-932-16-7.
- Torres, V., Cobo, R., Sánchez, L. & Raez, N. 2013. “Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba”. *Livestock Research for Rural Development*, 25, Article #159, ISSN: 0121-3784.
- Torres, V., Ramos, M.N., Torres, D. & Noda, A. 2008. “Statistical model for measuring the impact of innovation or technology transfer in agriculture”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 42(2): 131-137, ISSN: 2079-3480.
- Torres, V., Rodríguez, I. & Navarro, M. 2019. Modelo estadístico de medición de impacto (MEMI), en los procesos de innovación y transferencia tecnológica. Memorias VI Simposio Internacional Extensionismo, transferencia de tecnologías, aspectos socioeconómicos y desarrollo agrario sostenible, V Convención Internacional Agrodesarrollo 2019, Varadero, Cuba.
- Vargas, J., Benítez, D., Torres, V., Velázquez, F. & Erazo, O. 2011. Typification of the cattle farm in the mountain feet of Los Ríos and Cotopaxi provinces of the Republic of Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 381-390, ISSN: 2079.

Received: June 5, 2020

Accepted: August 11, 2020