

# Use of the impact index to interpret the influence of factors that influence on the age at incorporation to the female Charolaise reproduction

## Utilización del índice de impacto para interpretar la influencia de factores que influyen en la edad de incorporación a la reproducción de la hembra Charolaise

Ana M. Vega Albi<sup>1</sup>, Rafael S. Herrera García<sup>2</sup>, Verena Torres Cardenas<sup>2</sup>, Luis Lamela López<sup>3</sup>, Iván Montejo Sierra<sup>3</sup>, Ángel A. Santana Pérez<sup>4</sup>, Delia M. Cino Nodarse<sup>2</sup> and Cecilia Cabrales García<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario Municipal Jiguani, Pasaje # 6. Jiguani, Granma. C.P 87 300

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apdo. 24, San José de las Lajas, Mayabeque

<sup>3</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, España Republicana, Perico, Matanzas

<sup>4</sup>Universidad de Granma, Apartado Postal 21. Bayamo, Granma. C.P 85 100

<sup>5</sup>Empresa de Genética y Cría Manuel Fajardo. Comandante Remón # 21. Jiguani. Granma. C.P 87 300

Email: avegaad@udg.co.cu

Ana M. Vega Albi: <https://orcid.org/0000-0012-9613-0261>

Rafael S. Herrera García: <https://orcid.org/0000-0003-1424-6311>

Verena Torres Cárdenas: <https://orcid.org/0000-0002-1451-8748>

Luis L. López: <https://orcid.org/0000-0003-4963-3103>

Iván Montejo Sierra: <https://orcid.org/0000-0001-5823-2750>

Ángel A. Santana Pérez: <https://orcid.org/0000-0002-3503-9162>,

Delia M. Cino Nodarse: <https://orcid.org/0000-0001-7168-8867>

Cecilia Cabrales García: <https://orcid.org/0000-0002-2684-6608>

An experiment was designed at Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo, Granma, Cuba, to evaluate the silvopastoral system of *Leucaena leucocephala* cv. Peru and *Cynodon nlemfuensis* compared with monoculture grassland of the referred grass in Cuban Charolaise heifers. The analytical methodology for measuring the impact index was used. The results showed the preponderance of the factors initial weight, weight gain, weight gain per day, starting age and incorporation age, availability of biomass, rainfall and temperature. The indicators of the first component had the highest impact index on silvopastoral technology. They reflected lower value in monoculture, with negative figures. In the first impact index, 33.8 % of the most preponderant indicators were found in the principal components analysis. The best live weight gains (0.55 kg.animal.day<sup>-1</sup>) and incorporation age to the females reproduction (19 months) were obtained in the silvopastoral system with *Leucaena* and the financial indicators were higher in this system. This result showed a closer relation between the weight and the gains of the animals with the incorporation age. It is concluded that the mathematical methods used (measurement of the impact index) were adequate to establish the superiority of the silvopastoral system compared to the grass monoculture when obtaining higher weight, lower incorporation age and satisfactory economic balance of the female Charolaise.

Key words: *impact index, multivariate analysis, incorporation age, Charolaise*

The Charolaise breed shows excellent qualities, among which stand out its adaptation to different environments, good feed conversion even in grasses with low nutritional value, its recognized maternal ability and achieving weight gains higher than 650g.animal.day<sup>-1</sup>

Se diseñó un experimento en la Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo”, Granma, Cuba, para evaluar el sistema Silvopastoril de *Leucaena leucocephala* cv. Perú y *Cynodon nlemfuensis* en comparación con un pastizal de monocultivo de la referida gramínea en novillas Charolaise de Cuba. Se empleó la metodología analítica de medición del índice de impacto. Los resultados mostraron la preponderancia de los factores peso inicial, ganancia de peso, ganancia de peso por día, edad de inicio y de incorporación, disponibilidad de la biomasa, lluvia y temperatura. Los indicadores de la primera componente tuvieron el mayor índice de impacto en la tecnología silvopastoril. Reflejaron menor valor en el monocultivo, con cifras negativas. En el primer índice de impacto se encontraron 33.8 % de los indicadores de mayor preponderancia en el análisis de componentes principales. Las mejores ganancias de peso vivo (0.55 kg.animal.día<sup>-1</sup>) y edad a la incorporación a la reproducción de las hembras (19 meses) se obtuvieron en el silvopastoreo con *Leucaena* y los indicadores financieros fueron superiores en este sistema. Este resultado indicó una relación más estrecha entre el peso y las ganancias de los animales con la edad de incorporación. Se concluye que los métodos matemáticos utilizados (medición del índice de impacto) fueron adecuados para establecer la superioridad del sistema silvopastoril comparado con el monocultivo de la gramínea al obtener mayor peso, menor edad de incorporación y satisfactorio balance económico de la hembra Charolaise.

Palabras clave: *índice de impacto, análisis multivariado, edad de incorporación, Charolaise*

La raza Charolaise muestra excelentes cualidades entre las cuales sobresalen su adaptación a diferentes ambientes, buena conversión alimenticia aun en pasturas de bajo valor nutritivo, su aptitud maternal reconocida y alcanzar ganancias de peso superiores a 650 g.animal.día<sup>-1</sup>

(González 2016).

This breed is used in Empresa de Genética y Cría "Manuel Fajardo" and its weight gain is 200 g.animal.day<sup>-1</sup> and the incorporation age to reproduction is above 30 months, unfavorable productive indicators, determined due to the productive system where imbalances were found in the DM availability, as well as deficient water supply, among other aspects (Vega *et al.* 2016).

The above determined the need to change the management and feeding system of this breed, introduce new technologies for the use of grasses that take into account trees and legumes (Vega *et al.* 2019) and promote better productive indicators evaluated through multivariate statistical analysis. (Torres *et al.* 2008).

The objective of this study was to study the grass-legume silvopastoral system compared with the grass monoculture in the productive indicators of the replacement female Charolaise, using the impact index methodology.

### Materials and Methods

The experiment was developed for three years at "San José del Retiro" farm belonging to Empresa de Genética y Cría "Manuel Fajardo", Granma province, Cuba, located at 115 m o.s.l. with slightly flat relief. Table 1 shows the chemical composition of the soil with neutral pH and the rest of the indicators evidenced the presence of a soil of medium to low fertility, classified as brown with carbonates according to Hernández *et al.* (1999).

Table 1. Chemical characterization of the soil

Indicator	Mean
pH	7.00
OM (%)	6.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg. 100 g <sup>-1</sup> )	0.36
K <sub>2</sub> O (mg. 100 g <sup>-1</sup> )	65.6

The performance of the climatic variables was: annual mean temperature of 25.4 °C, with mean of 23.9 °C and 26.8 °C in the dry and rainy season, respectively, annual mean precipitation of 939 mm and relative humidity of 81.7 %. These values are within the historical range of the region.

In a total area of 26.40 ha, 12 ha were distributed for each treatment in 24 paddocks of similar size and two treatments were established: silvopastoral system of *Leucaena leucocephala*-*Cynodon nlemfuensis* and monoculture of *Cynodon nlemfuensis*, 2.4 ha were destined for pens where the animals remained during the night and for the access ways to the paddocks.

For the establishment of silvopastoral system, the botanical composition of the area in which the

(González 2016).

Esta raza se explota en la Empresa de Genética y Cría "Manuel Fajardo" y su ganancia de peso es de 200 g.animal.día<sup>-1</sup> y la edad de incorporación a la reproducción por encima de los 30 meses, indicadores productivos desfavorables, determinado por el sistema productivo donde se encontró desbalances en la disponibilidad de MS, así como deficiente suministro de agua, entre otros aspectos (Vega *et al.* 2016).

Lo anterior determinó la necesidad de cambiar el sistema de manejo y alimentación de esta raza, introducir nuevas tecnologías de utilización de los pastos que tuvieran en cuenta los árboles y leguminosas (Vega *et al.* 2019) y propiciaran mejores indicadores productivos evaluados mediante análisis estadísticos multivariado (Torres *et al.* 2008).

Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue estudiar el sistema silvopastoral gramínea-leguminosa comparado con el monocultivo de la gramínea en los indicadores productivos de la hembra de reemplazo Charolaise, empleando la metodología del índice de impacto.

### Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló, durante tres años, en la finca San José del Retiro perteneciente a la Empresa de Genética y Cría "Manuel Fajardo", provincia Granma, Cuba, ubicada a 115 m sobre el nivel del mar, con relieve ligeramente llano. En la tabla 1 se muestra la composición química del suelo con pH neutro y el resto de los indicadores evidenciaron la presencia de un suelo de mediana a baja fertilidad, clasificado como pardo con

carbonatos según Hernández *et al.* (1999).

El comportamiento de las variables climáticas fue: temperatura media anual de 25.4°C, con media de 23.9°C y 26.8°C en el período poco lluvioso y lluvioso, respectivamente precipitación media anual de 939 mm y humedad relativa de 81.7 %. Valores estos que se encuentran dentro del rango histórico de la región.

En un área total de 26.40 ha se distribuyeron 12 ha para cada tratamiento en 24 cuarterones de similar tamaño y se establecieron dos tratamientos: silvopastoreo de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon nlemfuensis* y monocultivo de *Cynodon nlemfuensis*, 2.4 ha se destinaron para las corraletas donde permanecían los animales durante la noche y para las mangas de acceso a los cuarterones.

Para el establecimiento del silvopastoreo se realizó

species were: 25 % Star grass (*C. nlemfuensis*), 25 % Romerillo (*Bidens alba* Lin.), 3 % Guinea grass (*Megaglythrusus maximus*) and the rest was without pastures. Later, the soil was prepared in a conventional way by plowing, two harrow passes and furrowing with oxen, the furrows spaced 5m apart. Leucaena was sown at a distance of 3 m between plants with seed with 85 % germination and an average density of 500 plants ha<sup>-1</sup> was achieved. During the establishment, weeds were manually removed and Leucaena was considered to be established when it reached 2 m in height at 15 months.

The monoculture (*C. nlemfuensis*) was sown by plowing method and it was considered established after 100 days of sowing with a botanical composition higher than 98 % of the grass.

During the experimental period, the Leucaena was pruned due to the height reached (2.6m) and it coincided with the entry of the animals in cycle II. In addition, the presence of *Clitoria ternatea* was observed in 2%.

A total of 30 Cuban Charolaise heifers were used, 15 per treatment, repeated in two productive cycles (I and II) for a total of 60 animals. They were grouped into homogeneous lots according to weight (168 kg in cycle I and 155 kg in cycle II) and 8 months of age, they were dewormed before the experimental period with 1mL Levamisol per 100 kg of live weight. They had free access to the mineral salt composed of dicalcium phosphate, 50 %; common salt, 40 %; MT3, 10 % (corn, 19 %; iron oxide, 27.50 %; manganese sulfate, 23 %; copper oxide, 10 %; zinc oxide, 20 %; sodium selenite, 0.02 % and cobalt sulfate, 0.10 %). The animals grazed 14 hours a day and were in the pens overnight with water, but without food. A stocking rate of 1.1 animals. ha<sup>-1</sup> was used. The resting times were 77 and 110 days per paddock in the rainy and dry season, respectively within the silvopastoral system, with an occupation time of 3 days and in monoculture it depended on the grass availability where in dry season it only allowed 6 hours daily.

The following indicators were quantified: live weight of all fasting animals every 28 days using a 500 kg balance, calculation of the mean daily weight gain (MDG) between weighing and the accumulated gain of the period by initial and final weight difference of each cycle according to Preston and Willis (1970) and Menéndez (1984).

Grass availability was estimated according to Martínez *et al.* (1990) by taking 80 samples per replication at the beginning of each rotation and in parallel with the availability samplings, but with a bimonthly frequency, grass samples were taken at 10 cm above soil level (300 g) simulating with the hand the selection made by the grazing animal.

The availability of *L. leucocephala* cv. Peru was quantified in 10 random trees in each replication,

inicialmente la composición botánica del área donde las especies presentes fueron: 25 % de pasto Estrella (*C. nlemfuensis*), 25 % de romerillo (*Bidens alba* Lin.), 3 % de Guinea (*Megaglythrusus maximus*) y el resto era área despoblada. Después el suelo se preparó de forma convencional mediante arado, dos pases de grada y surcado con bueyes espaciado los surcos 5m entre sí. La Leucaena se sembró a una distancia de 3 m entre plantas con semilla con 85 % de germinación y se logró una densidad promedio de 500 plantas ha<sup>-1</sup>. Durante el establecimiento las malas hierbas se eliminaron manualmente y se consideró que la Leucaena estaba establecida cuando alcanzó 2m de altura a los 15 meses.

El monocultivo (*C. nlemfuensis*) se sembró a vuelta de arado y se consideró establecido a los 100 días de sembrado con composición botánica superior al 98 % de la gramínea.

Durante el período experimental se hizo una poda de la Leucaena debido a la altura alcanzada (2.6m) y coincidió con la entrada de los animales en el ciclo II. Además, se observó la presencia de *Clitoria ternatea* en 2 %.

Se emplearon 30 novillas Charolaise de Cuba, 15 por tratamiento, repetido en dos ciclos (I y II) productivos para un total de 60 animales. Estos se agruparon en lotes homogéneos según el peso (168 kg en el ciclo I y 155 kg en el ciclo II) y edad de 8 meses, se desparasitaron antes del período experimental con 1mL Levamisol por cada 100 kg de peso vivo. Tuvieron libre acceso a la sal mineral compuesta por fosfato dicálcico, 50 %; sal común, 40 %; MT3, 10 % (maíz, 19 %; óxido de hierro, 27.50 %; sulfato de manganeso, 23 %; óxido de cobre, 10 %; óxido de zinc, 20 %; selenito de sodio, 0.02 % y sulfato de cobalto, 0.10 %). Los animales pastaron 14 horas diarias y se mantuvieron en las corraletas durante la noche con agua, pero sin alimentos. Se utilizó una carga de 1.1 animales. ha<sup>-1</sup>. Los tiempos de reposo fueron 77 y 110 días por cuartón en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente dentro del sistema silvopastoral, con tiempo de ocupación de 3 días y en monocultivo dependió de la disponibilidad del pasto donde en tiempo poco lluvioso solo permitió 6 horas diarias.

Se cuantificaron los siguientes indicadores: peso vivo de todos los animales en ayuno cada 28 días mediante pesa de 500 kg, cálculo de la ganancia diaria de peso media (GMD) entre pesadas y la ganancia acumulada del período mediante diferencia de peso inicial y final de cada ciclo según Preston y Willis (1970) y Menéndez (1984).

La disponibilidad de pasto se estimó según Martínez *et al.* (1990) mediante la toma de 80 muestras por réplica al inicio de cada rotación y paralelamente a los muestreos de disponibilidad, pero con una frecuencia bimestral, se tomaron muestras de pastos a 10 cm por encima del nivel del suelo (300 g) simulando con la mano la selección que hace el animal en pastoreo.

La disponibilidad de *L. leucocephala* cv. Perú se cuantificó en 10 árboles al azar en cada réplica, simulando el ramoneo que realizan los animales a las partes más tiernas de las plantas, las hojas y los tallos

simulating the browsing carried out by the animals in the tender parts of the plants, leaves and stems up to approximately 2 mm in diameter (Lamela 1998).

The statistical analysis was performed using the Impact Index measurement methodology developed by Torres *et al.* (2008). In the selection of the Principal Components, it was taken into account that the eigenvalue was higher than unity; it was assumed that the variables had a preponderance factor higher than 0.60 and, according to the characteristics of each component, they were assigned a denomination (Torres *et al.* 2007).

For the economic analysis of the rearing of developing cattle (females), a herd of 120 animals was taken as a scale, simulating a productive herd, with a stocking rate of 1.1 animal.ha<sup>-1</sup> and it was started from primary data detailed in two cycles with Cuban Charolaise cattle evaluating the two productive alternatives. The financial analysis included the calculation of the gross margin.ha<sup>-1</sup> (net income.ha<sup>-1</sup>- direct costs.ha<sup>-1</sup>) with a view to evaluating the feasibility of each of the technologies and the economic profitability (gross margin.ha<sup>-1</sup>/ net income.ha<sup>-1</sup>) for each of the treatments according to Gargano *et al.* (1997) methodology. The equilibrium point was also estimated to determine both the volume to be produced (kg) and the number of animals to be reared, equaling the level of gains in production (neither losses nor gains) according to Reyes (2006).

## Results

Four main components were obtained with eigenvalues higher than the unit and explain 82.22 % of the variability (table 2).

Table 2. Components, eigenvalues, and partial and cumulative variance

Components	Eigen values	Variance (%)	
		Partial	Cumulative
1	3.05	33.83	33.83
2	1.68	18.72	52.56
3	1.42	15.81	68.37
4	1.25	13.86	82.22

The studied variables (table 3) were distributed in four main components. The weight, gain per animal and MDG were located in MC 1; in MC 2 are the availability and the incorporation age; temperature and rainfall are in MC 3, and the starting age in MC 4. All these variables with a preponderance index higher than 0.60.

Taking into account the previous results, a cluster analysis was carried out that allows forming similar groups of animals through hierarchical clusters, using the inter-group link method and the Euclidian distance interval squared measure. Three groups were obtained, made up of animals in silvopastoral system (1), in monoculture (3) and those that lost weight (2). Figure 1 shows the cluster

hasta aproximadamente 2 mm de diámetro (Lamela 1998).

El análisis estadístico se realizó mediante la metodología de medición del Índice de Impacto desarrollada por Torres *et al.* (2008). En la selección de las Componentes Principales se tuvo en cuenta que el valor propio fuera mayor que la unidad, se asumió que las variables tuvieran factor de preponderancia mayor de 0.60 y de acuerdo con las características de cada componente se les asignó una denominación (Torres *et al.* 2007).

Para el análisis económico de la crianza de ganado en desarrollo (hembras) se tomó como escala un rebaño de 120 animales, simulando un rebaño productivo, con una carga de 1.1 animal.ha<sup>-1</sup> y se partió de datos primarios detallados en dos ciclos con ganado Charolaise de Cuba evaluando las dos alternativas productivas. El análisis financiero comprendió el cálculo del margen bruto.ha<sup>-1</sup> (ingresos netos.ha<sup>-1</sup>- costos directos.ha<sup>-1</sup>) con vistas a evaluar la factibilidad de cada una de las tecnologías y la rentabilidad económica (margen bruto.ha<sup>-1</sup>/ ingreso neto.ha<sup>-1</sup>) para cada uno de los tratamientos según metodología citada por Gargano *et al.* (1997). Se estimó además el punto de equilibrio tanto para determinar el volumen a producir (kg) como el número de animales a criar, igualando el nivel de ganancias en la producción (ni pérdidas ni ganancias) según Reyes (2006).

## Resultados

Se obtuvieron cuatro componentes principales con valor propio mayor que la unidad y que explican el 82.22 % de la variabilidad (tabla 2).

Las variables estudiadas (tabla 3) se distribuyeron en cuatro componentes principales. En la CP 1 se ubicaron el peso, la ganancia por animal y la GMD; en la CP 2 se encuentran la disponibilidad y la edad de incorporación; en la CP 3 se colocan la temperatura y la lluvia, y en la CP 4 la edad de inicio. Todas estas variables con índice de preponderancia mayor de 0.60.

Al tener en cuenta los resultados anteriores se realizó análisis de conglomerado que permite conformar grupos similares de animales a través de los conglomerados jerárquicos, usando el método de vinculación inter-grupo y la medida de intervalo distancia Eucladiana al cuadrado. Se obtuvieron tres grupos conformados por los animales en el silvopastoreo (1), en el monocultivo (3) y aquellos

Table 3. Matrix of preponderance factors in the main components

Variables	Preponderance factors			
	MC1 Animal	MC2 Food-age	MC3 Climate	MC4 Starting age
Weight, kg	0.67	-0.13	-0.39	-0.06
Gain, kg. animal <sup>-1</sup>	0.93	0.28	0.02	-0.02
Gain, kg. animal. day <sup>-1</sup>	0.92	0.28	0.01	-0.02
Availability, kg	0.17	0.95	0.03	0.15
Starting age , months	0.01	-0.17	0.24	0.89
Incorporation age , months	-0.20	-0.92	0.07	0.22
Rainfalls, mm	-0.03	0.00	0.71	-0.06
Temperature, °C	-0.17	-0.02	0.89	0.22
Evaporation, mm	0.13	-0.28	0.51	-0.64

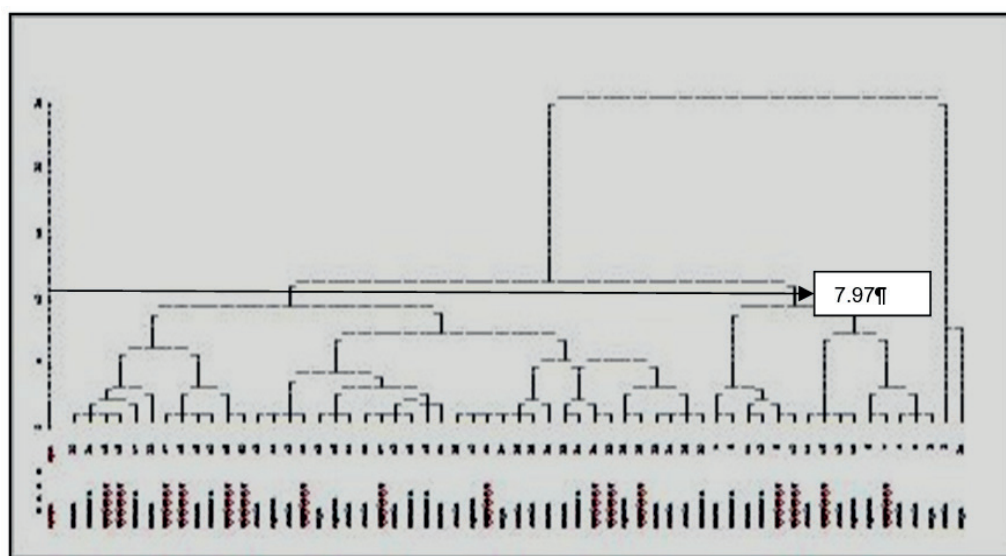


Figure 1. Dendrogram with the obtained grouping

analysis where these groups were formed.

Group 1 was the one with the best performance in weight gain, availability and incorporation age to reproduction (table 4). The analysis did not show relevance for the variable climate evaporation.

Stocking rates of 1.1 animals.ha<sup>-1</sup> were managed and mineral salt was offered ad libitum for both technologies

que perdieron peso (2). La figura 1 presenta el análisis de conglomerados donde se formaron estos grupos.

El grupo 1 fue el de mejor comportamiento en ganancia de peso, disponibilidad y edad de incorporación a la reproducción (tabla 4). El análisis no mostró relevancia para la variable evaporación del clima.

Se manejó cargas de 1.1 animales.ha<sup>-1</sup> y se ofreció sal

Table 4. Groups formed from the cluster analysis between the variables and the different technologies

	Group 1	SD	Group 2	SD	Group 3	SD
	Mean		Mean		Mean	
Weight	228.61	48.46	166.90	1.98	234.07	47.73
Gain, kg. ani <sup>-1</sup>	16.72	5.24	-21.25	9.12	9.22	2.99
Gain, kg. ani.day <sup>-1</sup>	0.55	0.18	-0.71	0.26	0.31	0.10
Availability , kg	119.10	2.47	98.95	26.23	92.92	12.00
Starting age , m	8.47	0.92	9.00	0.00	7.84	1.00
Incorporation age, m	19.93	1.83	24.50	4.95	25.58	3.62
Rainfall, mm	103.35	87.63	111.95	33.59	87.74	72.21
Temperature, °C	25.85	1.51	26.35	1.20	24.80	1.78
Evaporation , mm	182.13	42.51	157.50	12.02	197.14	43.21

m: months  
ani: animal

(silvopastoral system and monoculture), where silvopastoral system exceeded 500 g. animal<sup>-1</sup> MDG of LW. However, at the beginning of the productive cycle I, due to temporary water stress, only 69 g. animal<sup>-1</sup> of MDG was reached. Nevertheless, the Cynodon monoculture did not exceed 350 g. animal<sup>-1</sup> of MDG.

The incorporation of the animals to reproduction was with weights higher than 300 kg of LW and ages between 19 - 17 months, with stays in the silvopastoral system of 273 and 366 days, reaching a total MDG of 416 and 567 g. animal<sup>-1</sup> in each productive cycle, which was not possible to achieve in those that grazed in Cynodon which were between 25 and 28 months, with longer days of permanence (578 and 548) and total MDG lower than 241 and 278 g. animal<sup>-1</sup> in each productive cycle.

The starting age did not show marked variation (figure 2) but the lowest weight was for group three (monoculture). However, the lowest incorporation age was obtained in group 1 consisting of the silvopastoral system.

mineral a voluntad para ambas tecnologías (silvopastoreo y monocultivo), donde el silvopastoreo superó los 500 g. animal<sup>-1</sup> de GMD de PV. Sin embargo, al inicio del ciclo productivo I por estrés hídrico temporal sólo se alcanzó 69 g. animal<sup>-1</sup> de GMD. No obstante, el monocultivo Cynodon no superó 350 g. animal<sup>-1</sup> de GMD.

La incorporación de los animales a la reproducción fue con pesos superiores a 300 kg de PV y edades entre 19 - 17 meses de edad, con permanencias en el sistema silvopastoral de 273 y 366 días, alcanzando GMD total de 416 y 567 g. animal<sup>-1</sup> en cada ciclo productivo, lo que no fue posible alcanzar en los que pastorearon en Cynodon que estuvieron entre 25 y 28 meses, con superiores días de permanencia (578 y 548) y GMD total menor de 241 y 278 g. animal<sup>-1</sup> en cada ciclo productivo.

La edad de inicio no mostró marcada variación (figura 2) pero el menor peso fue para el grupo tres (monocultivo). Sin embargo, la menor edad a la incorporación se obtuvo en el grupo 1 consistente en el sistema silvopastoral.

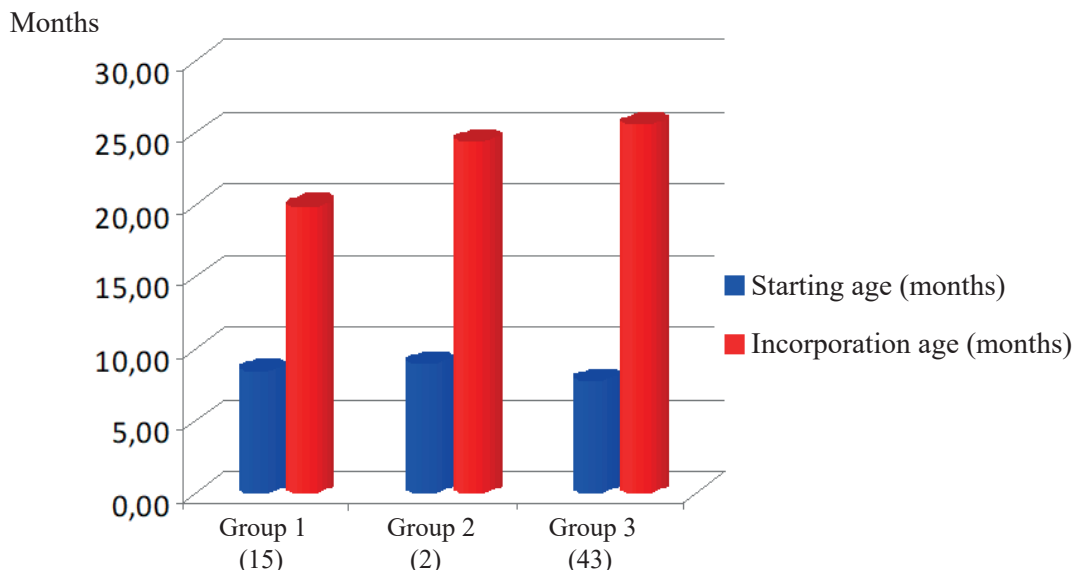


Figure 2. Starting age of replacement females and of incorporation to reproduction per groups

When determining the starting age impact index, the silvopastoral system showed positive impact (higher than zero) compared to the star grass monoculture during the experimental period (figure 3).

Al determinar el índice de impacto de la edad inicial, el sistema silvopastoral evidenció impacto positivo (mayor de cero) comparado con el monocultivo de pasto Estrella durante todo el período experimental (figura 3).

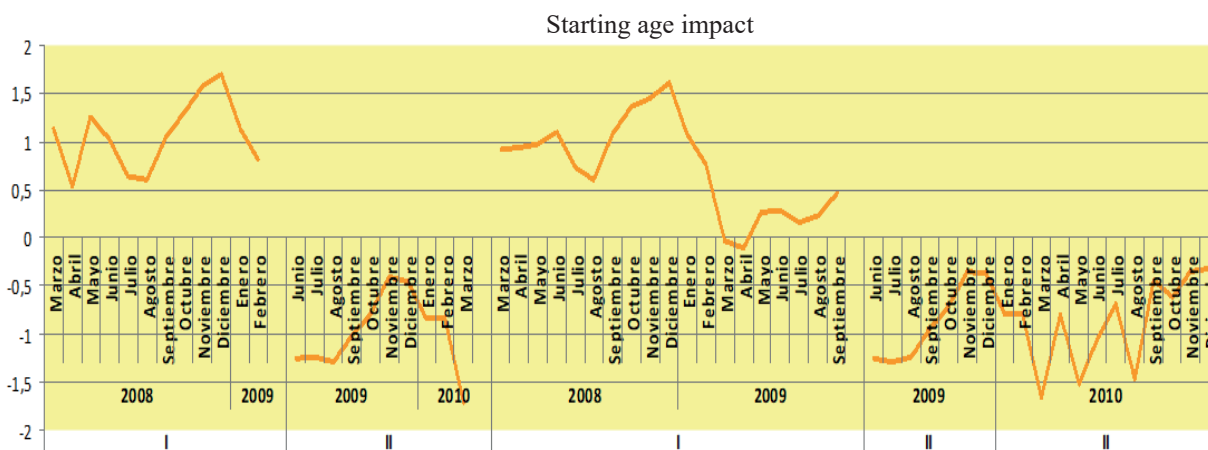


Figure 3. Starting age impact index

Figure 4 shows the impact of food and the incorporation age to reproduction, performance above zero only with silvopastoral technology, in the monoculture only the October month occupied a value of 0.09, the rest with negative values, similar was the performance at the incorporation age to reproduction of both treatments.

La figura 4 presenta el impacto del alimento y la edad de incorporación a la reproducción, comportamiento por encima de cero sólo con la tecnología silvopastoral, en el monocultivo solo el mes de octubre ocupó un valor de 0.09, los restantes con valores negativos, similar fue el comportamiento en la edad de incorporación a la reproducción de ambos tratamientos.

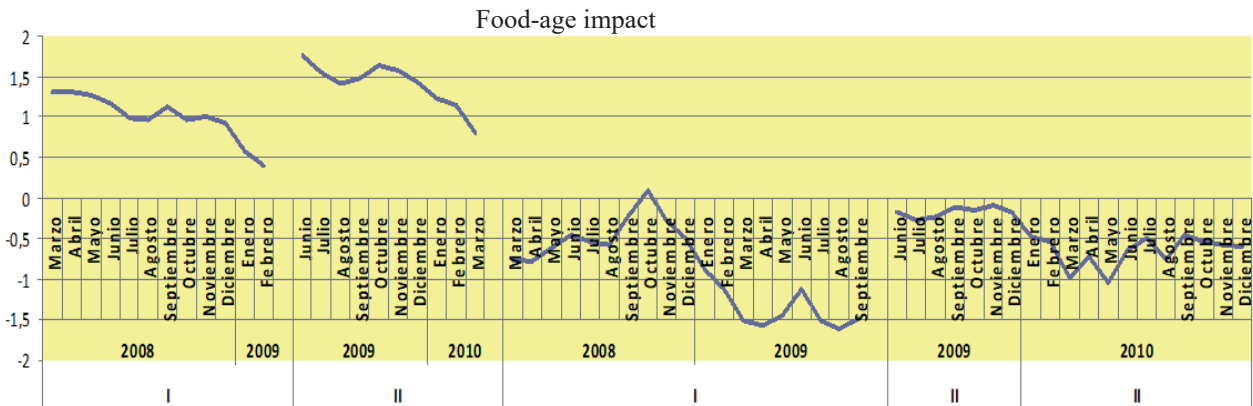


Figure 4. Food-age impact index

The most represented variables for animal impact were the gains  $\text{kg.animal.month}^{-1}$ ,  $\text{kg.animal.day}^{-1}$  and weight, with values of 0.93, 0.92 and 0.67, respectively it only reached values below zero with the introduction of the silvopastoral system in the system (figure 5) in the months of April to July, value which coincided with the lack of water in cycle I (silvopastoral system and monoculture), highlighting that for the rainy season and the beginning of the dry season in both cycles of the introduction of silvopastoral technology they were higher than those obtained with monoculture.

Las variables más representadas para impacto animal, fueron las ganancias  $\text{kg.animal.mes}^{-1}$ ,  $\text{kg.animal.día}^{-1}$  y el peso, con valores de 0.93, 0.92 y 0.67, respectivamente solo alcanzó valores por debajo de cero con la introducción del sistema silvopastoral en el sistema (figura 5) en los meses de abril a julio, valor que coincidió con la falta de abasto de agua en el ciclo I (silvopastoreo y monocultivo), destacando que para el periodo lluvioso y comienzo del poco lluvioso en ambos ciclos de la introducción de la tecnología del silvopastoreo fueron mayores a los obtenidos con el monocultivo.

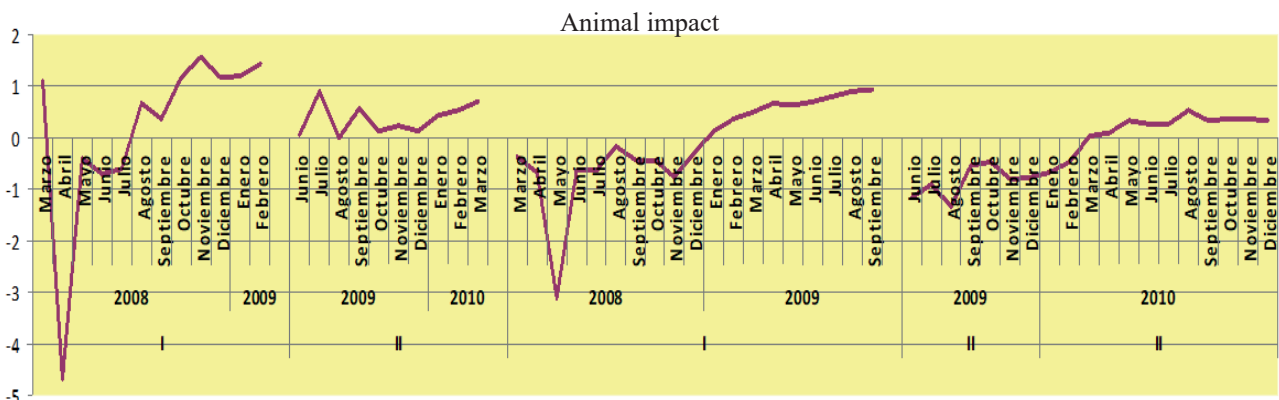


Figure 5. Animal impact index in each cycle of both Treatments

A similar situation occurred in the monoculture with the weight and gains, specifying that they were not higher than those of the silvopastoral cycles, that is, 8 of cycle I were below zero, the remaining between 0 and 1, the highest values in both cycles were in silvopastoral system, which was consistent with the food availability.

Situación similar ocurrió en el monocultivo con el peso y las ganancias, especificando que no fueron superiores a los de los ciclos del silvopastoreo, o sea, 8 del ciclo I estuvieron por debajo de cero, los restantes entre 0 y 1, los valores superiores en ambos ciclos fueron en silvopastoreo lo cual concordó con la disponibilidad de alimento.

The analysis of financial indicators in the case of silvopastoral technology shows that: the gross

El análisis de los indicadores financieros en el caso de la tecnología silvopastoral muestra que: el margen

margin exceeds by 210.70 and 150.33 Cuban pesos in cycles I and II, respectively, than those obtained in monoculture; net income increases.ha<sup>-1</sup>; direct costs decrease and the equilibrium point is reached with fewer animals (table 5).

bruto supera en 210.70 y 150.33 pesos cubanos en ciclo I y II, respectivamente a los que se obtienen en el monocultivo; se incrementan los ingresos netos.ha<sup>-1</sup>; disminuyen los costos directos y se alcanza el punto de equilibrio con menor número de animales (tabla 5).

Table 5. Financial indicators (Cuban pesos) in developing female rearing systems

Indicators	Silvopastoral system		Monoculture	
	Cycle I	Cycle II	Cycle I	Cycle II
Direct costs. ha <sup>-1</sup>	814.61	710.12	903.37	840.92
Net incomes. h <sup>a-1</sup>	2179.51	2077.00	2057.57	2057.57
Gross margin. ha <sup>-1</sup>	1364.90	1366.88	1154.20	1216.55
Profitability, %	62.00	66.00	56.00	59.00
Equilibrium point, animals	47.00	43.00	58.00	54.00
Equilibrium point, kg	15492.00	13298.00	17866.50	16574.90

### Discussion

Regarding the results found between the technologies, table 1 shows the main components, as well as the particular and accumulated variance of each one of them. A total of nine variables distributed in four main components were studied, whose eigenvalues were higher than the unit. These four components explain 82.2 % of the variability of the systems.

Of the nine studied variables (table 3), six are related to the animals and three of them are located in the first component (weight, weight gain and mean daily gain). This is an indicator of the preponderant influence of the animal in the conditions where the studies were conducted. This first component, called “animal factor”, explained 33.3 % of variability.

The three variables mentioned above show the urgent need to pay attention to animal behavior, related to the need to meet their nutritional requirements (Preston and Willis 1970) and to avoid stress due to environmental or management factors (Enríquez and Álvarez 2020).

The second component, “food-age”, showed the inverse relation between food and the incorporation age to reproduction of the animals. This explained 18.72 % of variability.

In the third component, “climate”, rainfall and temperature highlighted as the most preponderance in a direct relation that is easy to explain, since as higher rainfall the food availability increased (Herrera 2020) and with it the gains, weight and decreased the incorporation age to reproduction of the animals. On the other hand, Ramírez *et al.* (2018) showed that the elements of the climate play an important role in biomass production, while Enríquez and Álvarez (2020) when studying the temperature-humidity index (THI) showed the role that humidity plays in animal behavior.

The fourth component, “starting age”, showed only the starting age that explained 13.86 % of

### Discusión

Con respecto a los resultados encontrados entre las tecnologías, la tabla 1 muestra los componentes principales, así como la varianza particular y la acumulada de cada uno de ellos. Se estudiaron nueve variables distribuidas en cuatro componentes principales, cuyos valores propios fueron superiores a la unidad. Estos cuatro componentes explican el 82.2 % de la variabilidad de los sistemas.

De las nueve variables estudiadas (tabla 3), seis están relacionadas con los animales y se ubican tres de ellas en el primer componente (peso, ganancia de peso y ganancia media diaria). Esto es un indicador de la influencia preponderante del animal en las condiciones donde se condujeron los trabajos. Ese primer componente, llamado “factor animal”, explicó 33.3 % de la variabilidad.

Las tres variables mencionadas con anterioridad señalan la imperiosa necesidad de prestar atención al comportamiento animal, relacionado con la necesidad de cubrir sus requerimientos nutricionales (Preston y Willis 1970) y que evite el estrés por factores ambientales o de manejo (Enríquez y Álvarez 2020).

El segundo componente, “alimento-edad”, mostró la relación inversa entre el alimento y la edad de incorporación a la reproducción de los animales. Este explicó 18.72 % de la variabilidad.

En el tercer componente, “clima”, se destacaron la precipitación y la temperatura como las de mayor preponderancia en una relación directa que es fácil de explicar a la luz de los conocimientos actuales, ya que a mayor precipitación se incrementaron las disponibilidades de alimentos (Herrera 2020) y con ello las ganancias, peso y disminuyeron la edad de incorporación a la reproducción de los animales. Por otro lado, Ramírez *et al.* (2018) evidenciaron que los elementos del clima desempeñan un importante papel en la producción de biomasa, mientras que Enríquez y Álvarez (2020) al estudiar el índice de temperatura humedad (ITH) señalaron el papel que desempeña la humedad en el comportamiento animal.

La cuarta componente, “edad de inicio”, mostró



the variability linked to the growth processes of the animals, which, in turn, are determined by the performance of the variables that make up the components previous described.

The fact that in the cycles the variables related to animal production, food, climate and starting age have high factorial loads, is an important element in measuring the impact, because the factor loads are the correlations between each variable and the main component. Therefore, they show the degree of correspondence between them, making a variable with a higher load representative of the main component. It was showed that most of the variables contribute to the explanation of the variability of the cycles of the studied animals and that the Varimax rotation achieved simpler factorial solutions and eliminated some of the ambiguities that enclose the initially rotated factorial solutions.

The application of this model allows, through the matrix of rotated components, according to Varimax method, to identify the variables that contribute the most to the variability of the system in each cycle and show the changes that occur in the different treatments.

These variables are important because they inform about aspects of capital importance in the adoption of technologies, such as silvopastoral systems, a strategy to achieve that replacement females are incorporated into reproduction with more than 300 kg of live weight and age between 15 and 20 months, as occurred in this research.

The groups in the cluster analysis (figure 1) were three: animals in silvopastoral system (1), those that lost weight due to lack of water (2) and those that represented monoculture grazing (3). Group 1 was the one with the best performance in weight gain and incorporation age to reproduction, since the food availability ( $29.8 \text{ kg DM}\cdot\text{animal}^{-1}$ ) was higher due to the introduction of the tree legume and as a consequence decreased the incorporation age in this group to 19.93 months, obtaining the highest gains with  $0.55 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{day}^{-1}$  (table 4). The literature that reports on this is extensive, but the greatest importance lies in the results obtained in this research correspond to a climatic zone with high temperatures, low rainfalls and soils with several limiting factors. In addition, another favorable element was the lower number of plants of the tree used in the system (*Leucaena*-star grass) compared to other silvopastoral systems (Lok *et al.* 2013).

The analysis carried out with the groups that originated in the cluster study shows that group 2, represented by the animals that lost weight due to the lack of drinking water, were the ones with the lowest weight, even when the biomass availability was  $24.7 \text{ kg DM}$  and in group 3 corresponding to the monoculture, the weight gain was only  $0.31 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{day}^{-1}$ . This shows that, despite the value of availability, the presence of water is essential

solo la propia edad de inicio que explicó el 13.86 % de la variabilidad vinculada a los procesos de crecimiento de los animales que, a su vez, están determinados por el comportamiento de las variables que integran las componentes antes descritas.

El hecho de que en los ciclos las variables relacionadas con la producción animal, el alimento, clima y la edad inicial posean cargas factoriales altas, es un elemento importante en la medición del impacto, debido a que las cargas factoriales son las correlaciones entre cada variable y la componente principal. Por lo tanto, indican el grado de correspondencia entre ellas, haciendo a una variable con mayor carga representativa de la componente principal. Se evidenció que la mayoría de las variables aportan a la explicación de la variabilidad de los ciclos de los animales estudiados y que la rotación Varimax logró soluciones factoriales más simples y eliminó alguna de las ambigüedades que acompañan a las soluciones factoriales inicialmente rotadas.

La aplicación de este modelo permite, a través de la matriz de componentes rotadas, según método Varimax, identificar las variables que más aportan a la variabilidad del sistema en cada ciclo e indican los cambios que van ocurriendo en los diferentes tratamientos.

Estas variables resultan importantes debido a que informan sobre aspectos de capital importancia en la adopción de tecnologías, como los sistemas silvopastoriles, estrategia para lograr que las hembras de reemplazo se incorporen a la reproducción con más de 300 kg de peso vivo y edad comprendida entre 15 y 20 meses, como ocurrió en esta investigación.

Los grupos en el análisis de cluster (figura 1) fueron tres: animales en silvopastoreo (1), los que perdieron peso por la falta de agua (2) y aquellos que representaron el pastoreo en monocultivo (3). El grupo 1 formado fue el de mejor comportamiento en ganancia de peso y edad de incorporación a la reproducción, ya que la disponibilidad de alimentos ( $29.8 \text{ kg MS}\cdot\text{animal}^{-1}$ ) fue mayor debido a la introducción de la leguminosa arbórea y como consecuencia disminuyó la edad de incorporación en este grupo a 19.93 meses obteniendo las mayores ganancias con  $0.55 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$  (tabla 4). Amplia es la literatura que informa al respecto, pero la mayor importancia radica en que los resultados obtenidos en la presente investigación se corresponden a una zona climática con altas temperaturas, bajas precipitaciones y suelos con varios factores limitantes. Además, otro elemento favorable fue el menor número de plantas de la arbórea empleada en el presente sistema (*Leucaena*-pasto Estrella) comparado con otros sistemas silvopastoril (Lok *et al.* 2013).

El análisis efectuado con los grupos que se originaron en el estudio de conglomerados muestra que el grupo 2, representado por los animales que perdieron peso por la falta de agua de beber fueron los de menores peso, aun cuando la disponibilidad de biomasa fue de  $24.7 \text{ kg MS}$  y en el grupo 3 correspondiente al monocultivo la ganancia de peso fue solo de  $0.31 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$ . Esto indica que,

for animal intake, an aspect previously mentioned by Vega *et al.* (2015).

It is known that animals are more sensitive to lack of water than food. The first sign of the effect of moderate water restriction is the food intake reduction. As a consequence of a more severe restriction of water intake, weight loss is rapid as the body becomes dehydrated and of course there are no weight gains (Galeno 2005), as occurred in this research with Charolaise cattle. The dehydration associated with a loss of 10 % of body water content is considered severe and a 20 % loss results in death, while animals are able to live even after a loss of 40 % of their body weight due to hunger (García-Trejo 2011).

When comparing the starting age, it did not reveal a marked variation with the incorporation age to reproduction (figure 2), but group 1 represented by the silvopastoral system with the highest weight of the animals according to the daily gain, reached the younger initiation age to reproductive life (19 months). Conversely, in group 3 with the lowest weight and gains, the incorporation age to reproduction was 25 months (six months more), which could be explained by the development and growth of the animals caused by the nutritional improvement of the diet provided by the silvopastoral system. In addition, the beneficial effect and the environmental improvement that *Leucaena* produces in the silvopastoral system by lowering the temperature, providing greater ventilation and providing shade for the animals is unquestionable.

When applying the impact index in the starting age it was similar to those previously described, because only in the silvopastoral system was positive impact achieved with values higher than zero, not being the case in the animals that grazed in the star grass monoculture. According to the impact index, in both systems it was found that the starting age coincides with the weaning of Charolaise females (figure 3).

This methodology confirmed that when the animals are weaned at approximately nine months, they reach positive values in both treatments, showing the impact of this stage on the animals (figure 3). Although the introduction of silvopastoral system was decisive in the incorporation age, gain and weight, since it showed that by covering the nutritional requirements of the animals, better productive indicators can be achieved according to the animals age (Benítez *et al.* 2009).

At present, the incorporation age to reproduction requires special attention, since the necessary resources are not available for the correct animals feeding due to the lack of improved grasses of higher nutritional value than natural species and the limitations for acquisition of imported concentrated foods able of substituting to some extent breast milk. Therefore, the introduction of legumes could be an economically

a pesar del valor de la disponibilidad, es imprescindible la presencia de agua para el consumo de los animales, aspecto este señalado con anterioridad por Vega *et al.* (2015).

Es conocido el hecho de que los animales son más sensibles a la carencia de agua que de alimento. La primera señal del efecto de la restricción moderada de agua es la reducción del consumo de alimento. Como consecuencia de una restricción más severa del consumo de agua, la pérdida de peso es rápida en la medida que el cuerpo se deshidrata y como es lógico no hay ganancias de peso (Galeno 2005), como ocurrió en esta investigación con ganado Charolaise. La deshidratación asociada con la pérdida del 10 % del contenido de agua corporal es considerada severa y 20 % de pérdida resulta en la muerte, mientras que los animales son capaces de vivir incluso después de una pérdida de 40 % del peso de su cuerpo a causa del hambre (García-Trejo 2011).

Al comparar la edad de inicio, esta no reveló marcada variación con la edad de incorporación a la reproducción (figura 2), pero el grupo 1 representado por el sistema silvopastoral con el mayor peso de los animales de acuerdo con la ganancia diaria, alcanzó la menor edad de iniciación a la vida reproductiva (19 meses). De forma inversa, el grupo 3 con menores peso y ganancias la edad de incorporación a la reproducción fue de 25 meses (seis meses más), lo que se pudiera explicar por el desarrollo y crecimiento de los animales propiciado por el mejoramiento nutricional de la dieta proporcionada por el sistema silvopastoral. Además, es incuestionable el efecto beneficioso de la mejoría ambiental que produce la *Leucaena* en el sistema silvopastoral al disminuir la temperatura, propiciar mayor ventilación y proporcionar sombra a los animales.

Al aplicar el índice de impacto en la edad inicial fue similar a los descritos anteriormente, debido a que sólo en el sistema silvopastoral se logró impacto positivo con valores superiores a cero, no siendo así en los animales que pastorearon en el monocultivo de pasto Estrella. De acuerdo con el índice de impacto, en ambos sistemas se encontró que la edad inicial coincide con el destete de las hembras Charolaise (figura 3).

Esta metodología confirmó que cuando los animales se destetan a los nueve meses, aproximadamente, alcanzan valores positivos en ambos tratamientos, demostrando el impacto de esta etapa en los animales (figura 3). Aunque fue decisivo en la edad de incorporación, ganancia y peso la introducción del silvopastoreo, ya que demostró que al cubrir los requerimientos nutricionales de los animales se pueden alcanzar mejores indicadores productivos según la edad de los animales (Benítez *et al.* 2009).

En la actualidad la edad de incorporación a la reproducción requiere de atención especial, ya que no se dispone de los recursos necesarios para la correcta alimentación de los animales por carecer de pastos mejorados de mayor valor nutritivo que las especies naturales y las limitaciones para la adquisición de los alimentos concentrados importados capaces de sustituir en cierta medida la leche materna. Por lo tanto,

viable and environmentally friendly alternative to solve this problem.

The benefits of legumes trees caused the weight gains of the animals to increase in favor of silvopastoral system in both cycles with higher productive indicators, which corresponds to the growth and development reached by the animals (figure 5). However, it is necessary to consider the influence of temperature, since it is probably that it had a negative influence on the voluntary intake of animals where the trees were not found, due to the high temperatures to which they were exposed due to the lack of shade that does not occur in the silvopastoral system (Vega 2012).

According to Matías and Parreño (2011), the main objectives of efficient replacement animal rearing are: to achieve satisfactory growth and development and good health at the lowest possible cost. A similar result was obtained in this study with the introduction of silvopastoral system.

In group 3 (*Cynodon* monoculture) the mean daily weight gains did not exceed 350 g. animal<sup>-1</sup> in both productive cycles (I and II), which reiterates the need that for the replacement female Charolaise it is necessary to use feeding systems that cover their nutritional requirements, which was not possible in the monoculture system and was possible when legumes trees were used.

In this research, it was achieved in the silvopastoral system to incorporate the animals to reproduction with average weights higher than 300 kg, average ages of 21 and 17 months, in times of 273 and 366 days of duration in the system and a total MDG of 416 and 567 g. animal<sup>-1</sup> in each productive cycle. Result that was more relevant if it is taken into account that concentrated food, irrigation or fertilizers were not used. However, the animals that only grazed in *Cynodon* the incorporation age was 25 and 28 months, at 578 and 548 days, with a lower total MDG of 241 and 278 g. animal<sup>-1</sup> in each productive cycle.

The animals can enter the system between seven and nine months of age and weights between 155 to 170 kg, they are able to incorporate into the reproduction with 17 months of age and more than 300 kg of LW, performance reported for the first time in Cuba for the replacement female Charolaise with feeding based on grasses and tree legumes that make up a silvopastoral system. This reaffirms what was stated by Aubriot *et al.* (2012) on the need to use foods of high nutritional value.

The gross margin in the case of silvopastoral technology exceeds 210.70 and 150.33 Cuban pesos in cycles I and II, respectively, than those obtained in the *Cynodon* monoculture (table 5). In addition, the increase in net income .ha<sup>-1</sup> must be highlighted because it was possible to reduce the cycle of incorporation to reproduction from 25 to 19 months, which corresponds to the increase in the gains and weight of the animals, and represents a decrease in the cost of 146.66 and

la introducción de las leguminosas pudiera ser una alternativa económicamente viable y amigable con el medio ambiente para solucionar este problema.

Los beneficios de los árboles leguminosos provocaron que las ganancias de peso de los animales se incrementaran a favor del silvopastoreo en ambos ciclos con indicadores productivos superiores, lo cual se corresponde con el crecimiento y desarrollo que alcanzan los animales (figura 5). No obstante, es preciso considerar la influencia de la temperatura, ya que es probable que influyera negativamente en el consumo voluntario de los animales donde no se encontraban los árboles, debido a las altas temperaturas a que estuvieron expuestos por la falta de sombra, aspecto este que no ocurre en el sistema silvopastoril (Vega 2012).

Según Matías y Parreño (2011), los objetivos fundamentales de la cría eficiente de animales de reemplazo son: lograr un crecimiento y desarrollo satisfactorio y buen estado de salud al menor costo posible. Similar resultado se obtuvo en el presente trabajo con la introducción del silvopastoreo.

En el grupo 3 (monocultivo *Cynodon*) las ganancias media diaria de peso no sobrepasaron los 350 g. animal<sup>-1</sup> en ambos ciclos productivos (I y II), lo que reitera la necesidad que para la hembra de reemplazo Charolaise es necesario emplear sistemas de alimentación que cubran sus requerimientos nutricionales, lo cual no fue posible en el sistema de monocultivo y sí cuando se emplearon los árboles leguminosos.

En la presente investigación se logró en el sistema silvopastoril incorporar los animales a la reproducción con pesos promedios mayores de 300 kg, edades promedios de 21 y 17 meses, en tiempos de 273 y 366 días de duración en el sistema y GMD total de 416 y 567 g. animal<sup>-1</sup> en cada ciclo productivo. Resultado que fue más relevante si se tiene en cuenta que, no se emplearon alimentos concentrados, riego ni fertilizantes. Sin embargo, los animales que solo pastorearon en *Cynodon* la edad de incorporación fue de 25 y 28 meses, en 578 y 548 días, con GMD total inferior de 241 y 278 g. animal<sup>-1</sup> en cada ciclo productivo.

Los animales pueden entrar al sistema entre siete y nueve meses de edad y pesos entre 155 a 170 kg, se consiguen incorporar a la reproducción con 17 meses de edad y más de 300 kg de PV, comportamiento este informado por vez primera en Cuba para la hembra Charolaise de reemplazo con alimentación basada en pastos de gramíneas y arbóreas leguminosas que conforman un sistema silvopastoril. Esto reafirma lo señalado por Aubriot *et al.* (2012) sobre la necesidad de emplear alimentos de elevado valor nutritivo.

El margen bruto en el caso de la tecnología silvopastoril supera en 210.70 y 150.33 pesos cubanos en ciclo I y II, respectivamente a los obtenidos en el monocultivo de *Cynodon* (tabla 5). Además, se debe destacar el incremento de los ingresos netos.ha<sup>-1</sup> debido a que se logró disminuir el ciclo de incorporación a la reproducción de 25 a 19 meses, lo que se corresponde con el incremento de las ganancias y peso de los animales,

206.83 Cuban pesos per animal in each month that the incorporation for cycles I and II is decreased, respectively in favor of the silvopastoral system.

To achieve economic balance in monoculture production, more than 56 animals and 17220.70 kg are necessary, while in silvopastoral system only 45 animals and 16679.25 kg are required. However, it is important to point out the positive balance that is achieved in animal production when the minimum necessary inputs are ensured, the adequate food base, the favorable changes that occur in the soil and in the environment (Vega *et al.* 2014), the increase in production and productivity, and the reduction of the time of incorporation to reproduction of the female.

The analysis of the information of this research by means of the measurement methodology of the impact index defined with clarity, accuracy and scientific rigor the elements that most influence to reach replacement females with higher weight and lower incorporation age, aspects that were not previous dealt in the national scientific literature and especially for the eastern region of the country.

### Conclusions

It is concluded that the mathematical methods used (impact index measurement) were adequate to establish the superiority of the silvopastoral system compared to the grass monoculture when obtaining higher weight, lower incorporation age and satisfactory economic balance of the Charolaise female. In addition, it is recommended to develop this system with other cattle breeds in commercial production units and under other environmental conditions.

### Acknowledgments

Thanks to the Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo” UEB “San José del Retiro” in Jiguani municipality, Granma province, Cuba and its workers for the facilities provided to carry out this research.

#### Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interests among them

#### Author's contribution

Ana Mercedes Vega Albi: Original idea, conducting the experiment, writing the manuscript

Rafael S. Herrera García: Experimental design, writing the manuscript

Verena Torres Cardenas: Statistical analysis

Luis Lamela López: Experimental design

Iván Montejo Sierra: Data analysis.

Ángel Arturo. Santana Pérez: Sampling, data analysis

Delia M. Cino Nodarse.: Economic analysis

Cecilia Cabrales García: Sampling, data analysis

y representa disminución del costo de 146.66 y 206.83 pesos cubanos por animal en cada mes que se disminuya la incorporación para los ciclos I y II, respectivamente a favor del sistema silvopastoril.

Para lograr equilibrio económico en la producción con monocultivo es necesario más de 56 animales y 17220.70 kg mientras que en el silvopastoreo solo se requieren 45 animales y 16679.25 kg. No obstante, es importante señalar el balance positivo que se logra en la producción animal cuando se aseguran los insumos mínimos necesarios, la base alimentaria adecuada, los cambios favorables que se producen en el suelo y en el medio ambiente (Vega *et al.* 2014), el incremento de la producción y la productividad, y la reducción del tiempo de incorporación a la reproducción de la hembra.

El análisis de la información de la presente investigación mediante la metodología de medición del índice de impacto definió con claridad, exactitud y rigor científico los elementos que más influyen para alcanzar hembras de reemplazo con mayor peso y menor edad de incorporación, aspectos estos no abordados con anterioridad en la literatura científica nacional y en especial para la región oriental del país.

### Conclusiones

Se concluye que los métodos matemáticos utilizados (medición del índice de impacto) fueron adecuados para establecer la superioridad del sistema silvopastoril comparado con el monocultivo de la gramínea al obtener mayor peso, menor edad de incorporación y satisfactorio balance económico de la hembra Charolaise. Además, se recomienda desarrollar este sistema con otras razas vacunas en unidades de producción comercial y en otras condiciones ambientales.

### Agradecimientos

A la Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo” UEB “San José del Retiro” en el municipio Jiguani, provincia Granma, Cuba y sus trabajadores por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflict de intereses

#### Contribucion de los autores

Ana Mercedes Vega Albi: Idea original, condujo el experimento, escritura del articulo

Rafael S. Herrera García: Diseño de la investigación, escritura del articulo

Verena Torres Cardenas: Análisis estadísticos de los datos

Luis Lamela López: Diseño de la investigación

Iván Montejo Sierra: Elaboración base de datos y análisis.

Ángel Arturo. Santana Pérez: Participó en los muestreos y análisis de datos

Delia M. Cino Nodarse.: Realizó análisis económico

Cecilia Cabrales García: Participó en los muestreos y análisis de datos

## References

- Aubriot, D., Tillard, E., Berre, D., Nabeneza, S., Salgado, P. & Lecomte, P. 2012. Los arbustos forrajeros en Mayotte: valor nutritivo y papel en los sistemas de alimentación del ganado bovino. Memorias II Convención Internacional Agrodesarrollo 2012. Varadero, Matanzas, Cuba, p. 37.
- Benítez, D., Ricardo, Y., Viamonte, M., Romero, A., Guevara, O., Torres, V., Miranda, M., Pérez Guerra, J. & Olivera, C. 2009. "Technological alternatives for replacement cows in the Cauto Valley". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(4): 361-368, ISSN: 2079-3480.
- Enríquez, A.V. & Álvarez, A. 2020. "Characterization of the temperature-humidity index and heat stress in dairy cattle in two dairy units in Mayabeque province, Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 54(1): 11-18, ISSN: 2079-3480.
- Galeno, R. 2005. Informaciones útiles en sanidad animal. Available: <http://consumo-agua-2.htm/C58EA28C-18C0-4a97-9AF2-036E93DDAFB3/consumo-agua-2.htm?attach=1>, [Consulted: January 2nd, 2021].
- García-Trejo, L. 2011. Agua y su importancia en nutrición. Available: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/agua-en-la-nutricion-animal-t28705.htm>, [Consulted: December 22nd, 2020].
- Gargano, A.O., Saldungaray, M.C. & Aclúriz, M.A. 1997. "Parámetros físicos y económicos de los agrosistemas del Partido de Coronel Rosales, Argentina". Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 14: 689-700, ISSN: 2477-9407
- González, K. 2016. Raza bovina Charolais. Available: <https://zoovetespasion.com/ganaderia/razas-bovina/raza-bovina-charolais/>, [Consulted: February 14th, 2020].
- Hernández, J.A., Pérez, J.M. & Bosch, D. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGROINFORMINAG. La Habana, Cuba, p. 64.
- Herrera R.S. 2020. "Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba". Avances en Investigación Agropecuaria, 24(2): 23-38, ISSN: 0188-7890.
- Lamela, L. 1998. Técnica de muestreo. Curso de Posgrado "Manejo de los pastos y forrajes para la producción animal". Maestría en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Perico, Matanzas, Cuba, p. 12.
- Lok, S., Fraga, S., Noda, A. & García, M. 2013. "Soil carbon storage in three tropical bovine cattle systems under exploitation". Cuban Journal of Agricultural Science, 47(1): 75-82, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, J., Milera, M., Remy, V., Yepes, I. & Hernández, J. 1990. "Método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial". Pastos y Forrajes, 13(1): 101-110, ISSN: 2078-8452.
- Matías, J. & Parreño, A. 2011. Guía Técnica. Curso-Taller Manejo integrado de ganado vacuno. Universidad Agraria de Molina. Majes, Caylloma, Arequipa, Perú, pp 21- 26.
- Menéndez, A. 1984. "Un método simple para evaluar el crecimiento y desarrollo de nuestras hembras lecheras". Revista ACPA, 3: 13-19, ISSN: 0138-6247.
- Preston, T & Willis, M. 1970. Producción intensiva de carne. B. SC. (Dunelm). P.H. (EDIN). División de Ciencia Animal. ICA. Habana. Cuba. Pp. 176-507.
- Ramírez, J.L., Herrera, R.S., Leonard, I., Verdecia, D., Álvarez, Y., Arceo, Y. & Uvidia, H. 2018. Influencia del clima en la calidad de tres gramíneas en ecosistemas frágiles y degradados de Cuba. Memorias V Congreso de Producción Animal Tropical. Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba, pp. 178-181.
- Reyes, G. 2006. La revancha del punto de equilibrio en la toma de decisiones en la empresa de arrendamiento financiero. La relevancia de la toma de decisiones. Available: <https://www.monografía.com/trabajo/tomadedesiciones.shtml>, [Consulted: December 23th, 2020].
- Torres, V., Benítez, D., Lázaro, D. & Álvarez, A. 2007. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. XI Conferencia Española y Primer Encuentro Iberoamericano de Biomatemática. Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- Torres, V., Ramos, N., Lizazo, D., Monteagudo, F. & Noda, A. 2008. "Statistical model for measuring the impact of innovation or technology transfer in agriculture". Cuban Journal of Agricultural Science, 42(2): 133-139, ISSN: 2079-3480.
- Vega, A.M. 2012. Crianza de hembras de reemplazo Charolaise de Cuba, en silvopastoreo con *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*. PhD Thesis. Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.
- Vega, A.M., Herrera, R.S., Lamela, L. & Santana, A.A. 2015. Comportamiento de la capacidad de carga para la crianza de hembras de reemplazo Charolaise de Cuba, en silvopastoreo con *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*. Memorias V Congreso de Producción Animal Tropical. Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba, p. 5.
- Vega, A. M., Herrera, R. S., Rodríguez, G.A., Sanchez, S., Lamela, L. & Santana, A. A. 2014. "Evaluation of the edaphic macrofauna in a silvopastoral system in Cauto Valley, Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 48(2): 189-193, ISSN: 2079-3480.
- Vega, A.M., Herrera, R.S., Torres, V., Lamela, L., Montejo, I., Santana, A. & Cino, D. 2016. "Comportamiento de las hembras de reemplazo Charolais de Cuba en un sistema silvopastoril comparada con un monocultivo". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(1): 51-59, ISSN: 2079-3480.
- Vega, A.M., Herrera, R.S., Torres, V., Pérez, Á., Lamela L., Montejo I., Cino, D. & Cabrales, C. 2019. "Elementos nutricionales que definen la edad de incorporación a la reproducción en vaquillas Charolais con sistemas de silvopastoreo y monocultivo". Avances en Investigación Agropecuaria, 23(1): 27-40, ISSN: 0188-7890

Received: February 2, 2021

Accepted: April 25, 2021