

# Elementos nutricionales que definen la edad de incorporación a la reproducción en vaquillas *charolais* con sistemas de silvopastoreo y monocultivo

## Nutritional Factors Defining the Age of Incorporation to Reproduction in *Charolais* Heifers with Silvopastoral and Grass Systems

Ana Mercedes Vega Albi,<sup>1\*</sup> Rafael Segundo Herrera García,<sup>2</sup> Verena Torres Cárdenas,<sup>2</sup> Ángel Santana Pérez,<sup>3</sup> Luísl Lamela López,<sup>4</sup> Iván Montejo Sierra,<sup>4</sup> Delia María Cino Nodarse<sup>2</sup> y Cecilia Cabrales García<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario Municipal Jiguani, Pasaje Núm. 6, Jiguani, Granma, Cuba.

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

<sup>3</sup>Universidad de Granma, apartado postal 21, Bayamo, Granma, Cuba.

<sup>4</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”

España Republicana, Perico, Matanzas, Cuba.

<sup>5</sup>Genética y Cría “Manuel Fajardo”. Comandante Remón Núm. 21, Jiguani, Granma, Cuba.

\*Correo de correspondencia: avegaa@udg.co.cu

### Resumen

Se evaluaron los resultados de elementos nutricionales que definen la edad de incorporación a la reproducción de vaquillas *charolais* de Cuba en silvopastoreo de *Leucaena leucocephala* vc. Perú y *Cynodon nlemfuensis* comparado con un pastizal de *Cynodon nlemfuensis* (monocultivo), realizado en la Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo”, en Granma, Cuba. Se emplearon 60 animales; 30 animales por ciclo productivo de hembras en desarrollo con duración de 273 y 578 días y 15 animales en cada tratamiento (silvopastoreo comparado con el monocultivo) durante tres años. Se determinaron el balance alimentario, la ganancia de peso, la ganancia de peso diaria y la disponibilidad de biomasa; además, se calculó la relación costo-beneficio. Los datos se procesaron estadísticamente y se aplicó el índice de medición del impacto

### Abstract

We evaluated the results of nutritional elements that define the age of incorporation to reproduction of *Charolais* heifers of Cuba in silvopastoralism of *Leucaena leucocephala* vc. Peru and *Cynodon nlemfuensis* compared to a pasture of *Cynodon nlemfuensis* (monoculture), carried out in the “Manuel Fajardo” Genetics and Breeding Company, in Granma, Cuba. 60 animals were used; 30 animals per productive cycle of developing females with a duration of 273 and 578 days and 15 animals in each treatment (silvopastoralism compared to monoculture) for three years. Food balance, weight gain, daily weight gain, biomass availability and cost/benefit ratio were determined. Data was statistically analyzed and impact measure index methodology was used for productive indicators. Availability reached 29.8 and 23.0 kg DM, and the

para la valoración de los indicadores productivos. La disponibilidad alcanzó 29.8 y 23.0 kg MS, y los mayores valores correspondieron a donde se introdujo la arbórea. Los resultados indicaron valores superiores de PB y EM en el silvopastoreo, con rangos entre 995 y 596 g de proteína y de energía entre 40 y 66.3 MJ, mientras que en el monocultivo la proteína no rebasó valores de 720 g y de energía en 63.6 MJ en los dos ciclos productivos. Las mejores ganancias de peso vivo ( $0.55 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$ ) y edad a la incorporación a la reproducción de las hembras (19 meses) se obtuvieron en el silvopastoreo con *Leucaena*. El costo.peso<sup>-1</sup> fue inferior en el silvopastoreo (0.42-0.38) comparado con el monocultivo (0.52-0.48). El indicador beneficio/costo en el sistema silvopastoril supera en 26% al monocultivo. En sistemas de crianza de hembras *charolais* de Cuba, como reemplazo, se recomienda utilizar la tecnología silvopastoril aquí estudiada para sostener favorables ganancias de peso vivo, disminuir la edad de incorporación y obtener efecto económico favorable.

### Palabras clave

Edad de incorporación, energía, ganancia de peso, leguminosa, proteína.

higher value was obtained with the legume tree. The results indicated higher PB and MS values in silvopastoralism, with ranges between 995 and 596 g of protein and energy between 40 and 66.3 MJ, while in monoculture the protein did not exceed 720 g and 63.6 MJ in energy, in the two productive cycles. The best gains of live weight ( $0.55 \text{ kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$ ) and age at the incorporation to the reproduction of the females (19 months) were obtained in silvopastoral system with *Leucaena*. The cost.weight<sup>-1</sup> was lower in silvopastoralism (0.42-0.38) compared to monoculture (0.52-0.48). The benefit indicator: cost in the silvopastoral system exceeds the monoculture by 26%. In breeding systems of Cuba's *Charolais* females, as replacement, it is recommended to use the silvopastoral technology studied here to sustain favorable liveweight gain, decrease the age of incorporation and obtain a favorable economic effect.

### Keywords

Graminae, legume, protein, energy, weight gain, incorporation age.

## Introducción

La gran expansión del ganado *charolais* se debe a su capacidad de adaptación, precocidad, rusticidad, robustez y propensión a ganar peso en todas las edades. Se encuentra en regiones de clima tropical, subtropical, templado y árido, lugares donde se logra su aclimatación (INRA, 2011). Uno de estos lugares es Cuba donde, en la actualidad, la hembra en desarrollo se incorpora a la reproducción en edades superiores a los 20 meses, ya que no alcanza ganancia de peso por encima de  $400 \text{ g}\cdot\text{animal}\cdot\text{día}^{-1}$  (Vega *et al.*, 2013), por lo que a esa edad, de acuerdo con los objetivos genéticos en Cuba, está por debajo de 300 kg de peso vivo necesarios para la incorporación a la reproducción debido, fundamentalmente, a los sistemas de crianza utilizados (Estadística Departamento de Genética Nacional, 2016).

El sistema de manejo y alimentación determina la velocidad de crecimiento (GMD) y la relación peso vivo por edad (Carriquiry *et al.*, 2016), por lo que el estudio de estos indicadores debe garantizar la selección de las variantes tecnológicas efectivas de

ceba que mejor satisfagan la demanda de hembras para la reproducción. En la empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”, en Granma, Cuba, la raza *charolais* no está exenta de lo planteado con anterioridad y esto determina que su incorporación a la reproducción no se realice antes de los 20 meses. Por lo que al analizar el sistema productivo se hizo ineludible la valoración del balance alimentario al incluir los árboles leguminosos, debido a sus ventajas de proporcionar alimentos nutritivos, con valores superiores de proteína, lo anterior favorecería las ganancias de peso y mejoraría la relación peso por edad a la incorporación de las hembras *charolais* en desarrollo (Vega *et al.*, 2016). Además, proveen sombra, madera, conservan el suelo y el agua, ayudan a capturar carbono y nitrógeno del aire, entre otros factores (Milera, 2013).

Por ello, el objetivo de este trabajo fue valorar elementos nutricionales que definen la edad de incorporación a la reproducción de vaquillas *charolais* a sistemas de silvopastoreo y compararlos con el monocultivo de *Cynodon nlemfuensis*.

## Materiales y métodos

En la finca San José del Retiro, Jiguaní, Granma, Cuba, que pertenece a la empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”, se realizó la investigación durante tres años, en un suelo pardo con carbonato (Hernández *et al.*, 1999), ubicado a 115 m sobre el nivel del mar, con relieve ligeramente llano.

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. La precipitación media anual fue de 939 mm y la humedad relativa fue de 81.7%.

En un área total de 26.40 ha se establecieron dos tratamientos: silvopastoreo de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon nlemfuensis* y monocultivo de *Cynodon nlemfuensis*. Se distribuyeron 12 ha para cada tratamiento en 24 cuarterones de similar tamaño. Las restantes 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 inicialmente la composición botánica del área donde las especies presentes fueron: 25% de estrella (*C. nlemfuensis*), 25% de romerillo (*Bidens alba* Lin.), 3% de Guinea (*Megaglythrus 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 espaciando los surcos 5 m entre sí. La *leucaena* se sembró a una distancia de 3 m entre plantas con semilla de 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 2 m 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.

Durante el período experimental se hizo una poda de la *leucaena* debido a la altura alcanzada (2.6 m) 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 *charolais* de Cuba, 15 por tratamiento, repetido en dos ciclos (I y II) productivos para un total de 60 animales en un tiempo de tres años. 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 ocho meses, se desparasitaron antes del período experimental con 1 mL de Levamisol por cada 100 kg de peso vivo. Tuvieron libre acceso a la sal mineral compuesta por fosfato dicálcico 50.0%, 40.0% de sal común y 10.0% de una mezcla integrada por: maíz 19.0%, óxido de hierro 27.5%, sulfato de manganeso 23.0%, óxido de cobre 10.0%, óxido de zinc 20.0%, selenito de sodio 0.02% y sulfato de cobalto 0.1%. 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.

Se cuantificaron los siguientes indicadores: peso vivo mediante el pesaje, en pesa de 500 kg, cada 28 días de todos los animales, en ayuno, para calcular la 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 para determinar la PB (proteína bruta), FC, extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo con AOAC (1995).

La energía metabolizable (EM) se estimó mediante la ecuación de Ibrahim (1988) para calcular el total de nutrientes digestibles (TDN) según:

$$\text{TDN} = 37.937 - 1.018\text{FC} - 4.886\text{EE} + 0.173\text{ELN} + 1.042\text{PB} + 0.015\text{FB}^2 - 0.058\text{EE}^2 + 0.008\text{FB}.\text{ELN} + 0.038 \text{EE}.\text{PB} + 0.003\text{EE}^2.\text{PB}$$

y

$$1\text{kg TDN} = 3.62 \text{Mcal de EM}$$

Con posterioridad la Mcal (megacaloría) se convierten en MJ (megajoules).

La disponibilidad de *L. leucocephala* vc. Perú se cuantificó en 10 árboles al azar en cada réplica, simulando el ramoneo que realizan los animales. Se aplicó la técnica del ordeño de las partes más tiernas de las plantas, las hojas y los tallos tiernos hasta aproximadamente 2 mm de diámetro y se tomó una muestra cada dos meses para determinar la composición bromatológica (Lamela, 1998).

Para realizar el balance alimentario se estimó el consumo de MS de los animales por medio de las tablas presentadas por Martín (1981) y de los requerimientos de Martín y Palma (1999).

El análisis estadístico se realizó mediante la metodología de determinación del índice de impacto desarrollada por Torres *et al.* (2007). En la selección de los 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 a 0.60 y de acuerdo con las características de cada componente se les asignó una denominación (Torres *et al.*, 2008).

A partir del análisis de los gastos y el monto total de la inversión por tratamiento, se calcularon los principales indicadores económicos: costo.animal<sup>-1</sup>, costo.kg<sup>-1</sup> de peso vivo, costo.peso cubano, costo.ha<sup>-1</sup> y la relación beneficio/costo. Se tomó como escala un rebaño de 120 animales, simulando un rebaño productivo, con carga de 1.10 animal.ha<sup>-1</sup> y los datos primarios puntualizados anteriormente en ambos ciclos

## Resultados

El análisis de componente principal evidenció la presencia de cuatro componentes con valores propios mayores que la unidad y de conjunto contribuyeron a explicar 82.22% de la variabilidad entre los sistemas (cuadro 1). Las variables con las cargas factoriales de importancia fueron: en la CP1 (nombrada animal) las ganancias por animal y el peso; la CP2 (llamada alimento animal) mostró a la disponibilidad y edad de incorporación a la reproducción de la hembra *Charolais*; la CP3 (designada clima) señaló a la temperatura y la precipitación, y la CP4 (denominada edad de inicio) mostró sólo la propia edad de inicio.

Cuadro 1  
Matriz de componentes rotados.

Variables	Componentes			
	CP1 Animal	CP2 Alimento-edad	CP3 Clima	CP4 Edad inicial
Peso	0.67	-0.13	-0.39	-0.06
Ganancia, kg. animal <sup>-1</sup>	0.93	0.28	0.02	-0.02
Ganancia, kg. animal. día <sup>-1</sup>	0.92	0.28	0.01	-0.02
Disponibilidad, kg	0.17	0.95	0.03	0.15
Edad inicio, meses	0.01	-0.17	0.24	0.89
Edad incorporación, meses	-0.20	-0.92	0.07	0.22
Precipitación, mm	-0.03	0.00	0.71	-0.06
Temperatura, °C	-0.17	-0.02	0.89	0.22
Evaporación, mm	0.13	-0.28	0.51	-0.64
Valor propio	3.05	1.68	1.42	1.25
Varianza, %	33.83	18.72	15.81	13.86
Varianza acumulada, %	33.83	52.56	68.37	82.22

Al tener en cuenta los resultados anteriores se realizó un análisis de conglomerado jerárquicos (cuadro 2) que permitió conformar grupos similares de animales a través del método de vinculación inter-grupo y la medida de intervalo de distancia euclidiana al cuadrado. Se obtuvieron tres grupos conformados por: los animales en silvopastoreo

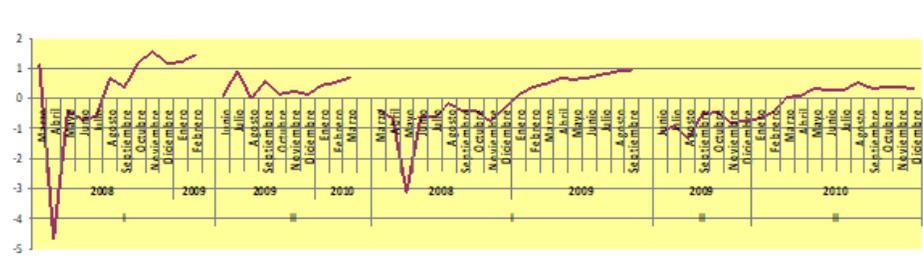
(grupo 1), aquellos que perdieron peso (grupo 2) y los que estuvieron en el monocultivo (grupo 3).

Cuadro 2  
Grupos formados a partir de conglomerados.

Variable	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Peso	228.61	48.46	166.90	1.98	234.07	47.73
Ganancia, kg.animal	16.72	5.24	-21.25	9.12	9.22	2.99
Ganancia, kg.animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	0.55	0.18	-0.71	0.26	0.31	0.10
Disponibilidad, kg MS	29,8	2.47	24,7	26.23	23,0	12.00
Edad inicio, meses	8.47	0.92	9.00	0.00	7.84	1.00
Edad incorporación, meses	19.93	1.83	24.50	4.95	25.58	3.62
Precipitación, mm	103.35	87.63	111.95	33.59	87.74	72.21
Temperatura, °C	25.85	1.51	26.35	1.20	24.80	1.78
Evaporación, mm	182.13	42.51	157.50	12.02	197.14	43.21

Los animales se evaluaron durante tres años en dos ciclos productivos, siendo superior el tiempo para alcanzar los 300 kg de peso vivo para su incorporación a la reproducción en el sistema monocultivo, lo cual se puede apreciar en las curvas de figura 1; las primeras corresponden a la tecnología silvopastoril y seguidamente la del monocultivo.

Figura 1  
Índice de impacto animal en cada ciclo de ambos tratamientos con el peso y la ganancia.



En el ciclo I del sistema silvopastoril (cuadro 3) en todas las etapas el aporte de EM y PB excedieron los requerimientos para las ganancias que se obtuvieron. Los requerimientos fueron obtenidos por el peso real de los animales y el contenido de EM

y PB de los pastos según los análisis realizados durante la investigación. En general, los mejores valores de los indicadores se registraron en el silvopastoreo.

Cuadro 3

Resultados del balance energético proteico, relación N total, EM del aporte y conversión de la EM y la PB en la dieta de hembras *charolais* en silvopastoreo (*Leucaena leucocephala* + *Cynodon nlemfuensis*) y monocultivo (*Cynodon nlemfuensis*). Ciclo I.

Variable	Indicador	Silvopastoreo			Monocultivo			
		Peso vivo, kg			Peso vivo, kg			
		176	224	294	166	236	266	
Aportes kg de MS	<i>Leucaena</i>	0.53	0.67	0.88				
	Estrella	4.75	6.05	7.94	4.98	7.08	8.58	
	Total	5.28	6.72	8.82	4.98	7.08	8.58	
Aportes de nutrimentos	<i>Leucaena</i>	PB, g	111	141	185			
		EM, MJ	5.0	6.3	8.28			
	Estrella	PB, g	485	617	810	418	594	720
		EM, MJ	35	45	58	36.9	52.5	63.6
	Total	PB, g	596	758	995	418	594	720
		EM, MJ	40	51.3	66.3	36.9	52.5	63.6
Requerimiento		PB, g	433	586	745	433	533	610
		EM, MJ	27.9	49	64.1	27.9	36.6	44.4
Relación N: EM del aporte	gMJ <sup>-1</sup>	2.38	2.36	2.40	1.81	1.81	1.81	
Eficiencia del uso de la EM del aporte para la GMD <sup>-1</sup> ,	gMJ <sup>-1</sup>	0.58	0.10	0.11	-1.32	0.16	0.19	
Eficiencia del uso del aporte PB para GMD <sup>-1</sup> ,	g <sup>-1</sup>	8.64	1.64	1.64	-14.9	1.77	2.13	
Alcance de PB para ganancia de,	gd <sup>-1</sup>	650	>700	900	<100	500	630	
Alcance para ganancia de,	gd <sup>-1</sup>	250	550	400	150	450	570	
Ganancia media diaria,	gd <sup>-1</sup>	69	493	607	-28	334	337	

PB: proteína bruta; EM: energía metabolizable; N: nitrógeno; GMD: ganancia media diaria, MJ: megajoules.

Los indicadores en el ciclo II siguieron el mismo patrón de respuesta que en el ciclo I donde sobresalió el silvopastoreo aunque se encontraron valores superiores de eficiencia en la PB y EM en ambos sistemas (cuadro 4).

#### Cuadro 4

Resultados del balance energético proteico, relación N total, EM del aporte y conversión de la EM y la PB en la dieta de hembras *Charolais* en Silvopastoreo (*Leucaena leucocephala* + *Cynodon nlemfuensis*) y monocultivo (*Cynodon nlemfuensis*). Ciclo II.

Variable	Indicador	Silvopastoreo		Monocultivo		
		Peso vivo, kg		Peso vivo, kg		
		205	283	172	272	
Aportes kg de MS	<i>Leucaena</i>	0.62	0.85			
	Estrella	5.54	7.64	4.64	7.34	
	Total	6.16	8.49	4.64	7.34	
Aportes de nutrimentos	<i>Leucaena</i>	PB, g	132	181		
		EM, MJ	5.8	7.9		
	Estrella	PB, g	556	772	385	609
		EM, MJ	43.2	56.6	36.1	57.1
	Total	PB, g	688	953	385	609
		EM, MJ	49.0	64.5	36.1	57.1
Requerimiento	PB, g	586	671	433	610	
	EM, MJ	49.0	50.8	30.3	44.4	
Relación N: EM del aporte	gMJ <sup>-1</sup>	2.25	2.36	1.71	1.71	
Eficiencia del uso de la EM del aporte para la GMD <sup>-1</sup> , gMJ <sup>-1</sup>		0.07	0.14	0.16	0.20	
Eficiencia del uso del aporte PB para GMD <sup>-1</sup> , g <sup>-1</sup>		0.05	1.41	1.70	2.13	
Alcance de PB para ganancia de, gd <sup>-1</sup>		750	830	<100	200	
Alcance para ganancia de, gd <sup>-1</sup>		600	710	100	300	
Ganancia media diaria, gd <sup>-1</sup>		655	456	227	285	

PB: proteína bruta; EM: energía metabolizable; N: nitrógeno; GMD: ganancia media diaria.

El análisis económico de ambos sistemas aparece en el cuadro 5. Todos los indicadores mostraron las ventajas económicas del sistema silvopastoril sobre todo en el costo por kg de peso vivo y por ha. Además, estos indicadores fueron superiores en el ciclo II comparado con el ciclo I, en especial en el silvopastoreo.

**Cuadro 5**  
**Análisis de los principales indicadores económicos (pesos cubanos).**  
**Sistema de crianza de hembras en desarrollo *charolais* de Cuba.**

Indicadores	Silvopastoreo		Monocultivo	
	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo I	Ciclo II
Costo.animal.día <sup>-1</sup>	2.51	2.89	1.84	1.81
Costo.kg PV <sup>-1</sup>	2.83	2.54	3.47	3.24
Costo.ha <sup>-1</sup> (*)	920.16	789.04	1066.76	995.87
Costo.\$ <sup>-1</sup>	0.42	0.38	0.52	0.48
Beneficio/costo	2.37	2.63	1.93	2.06
Gastos directos.valor de la producción <sup>-1</sup> (%)	37	34	44	41

(\*) Costo.ha<sup>-1</sup> coincide con costo.animal<sup>-1</sup>.

## Discusión

En la CP1 (nombrada animal) las ganancias por animal y el peso son las variables con cargas factoriales de importancia, lo que indicó la magnitud que ellas ocupan en tecnologías relacionadas con la incorporación de las hembras de reemplazo *charolais* y contribuyeron a explicar 33.83% de la variabilidad de los sistemas.

La CP2 (llamada alimento-edad), mostró la relación positiva de la disponibilidad e inversa de la edad de incorporación de la hembra *charolais*; esto explicó 18.72% de la variabilidad. Con estos resultados se demostró la estrecha relación entre la disponibilidad de alimentos, incluyendo la calidad, o sea los aportes para cubrir los requerimientos de las hembras, y su edad a la incorporación a la reproducción. Esto pudiera reflejar que a mayor disponibilidad disminuiría la edad de incorporación y viceversa.

En la CP3 (designada clima) se destacaron la precipitación y la temperatura como las de mayor preponderancia en una relación directa y que explicaron 15.81 % de la variabilidad. Lo anterior está relacionado con el efecto de dichas variables en la disponibilidad de alimentos y con el bienestar animal.

La CP4 (denominada edad de inicio), mostró sólo la propia edad de inicio que explicó 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.

Al tener en cuenta las cargas factoriales altas en los ciclos, las variables relacionadas con la producción animal, el alimento, clima y la edad inicial, fueron elementos importantes en la medición del impacto, debido a que las cargas factoriales expresan las correlaciones entre cada variable y el componente principal (cuadro 1). Por lo tanto, indican el grado de correspondencia entre ellas, haciendo a una variable con mayor carga representativa del componente principal. Se evidenció que la mayoría de dichas variables mencionadas 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, por lo que se determinaron cuatro componentes principales que explican 82.22% de la variabilidad.

Al tener en cuenta los resultados anteriores se realizó un análisis de conglomerado jerárquicos (cuadro 2) que permitió conformar grupos similares de animales a través del método de vinculación inter-grupo y la medida de intervalo distancia euclidiana al cuadrado. Se obtuvieron tres grupos conformados por: los animales en el silvopastoreo (grupo 1), aquellos que perdieron peso (grupo 2) y el tercer grupo corresponde al monocultivo (grupo 3).

El grupo 1 (sistema silvopastoril) contó con la mayor disponibilidad de biomasa por la inclusión de la arbórea y mejoró la calidad del alimento cosechado por los animales, lo que propició las mayores ganancias de peso ( $0.55 \text{ kg.animal.día}^{-1}$ ) que significó  $16.72 \text{ kg.animal.mes}^{-1}$  y determinó la menor edad de comienzo a la vida reproductiva (19.93 meses).

El grupo 2 registró pérdidas de peso con el menor peso vivo de los tres grupos, y aun cuando la disponibilidad fue de 24.7 kg de MS, existió déficit en el suministro de agua y no permitió mejorar la edad de incorporación a la reproducción de las hembras de reemplazo.

El grupo 3 (monocultivo de pasto estrella) alcanzó el mayor peso con menor disponibilidad de pasto, pero la edad de incorporación fue de 25 meses con  $9.22 \text{ kg.animal.mes}^{-1}$  de ganancia y  $0.31 \text{ kg.animal.día}^{-1}$ , lo que propició que la edad para comenzar la reproducción se retardara, debido a que los animales no pudieron cubrir sus requerimientos nutricionales.

La comparación de los valores obtenidos para cada variable identificó, claramente, la situación particular de cada grupo de animales, así como la repercusión de la introducción de la tecnología de los árboles leguminosos en las áreas de pastoreo. El grupo 1 alcanzó la mayor disponibilidad de alimento ( $29.8 \text{ kg MS.animal}^{-1}$ ) y calidad debido al efecto de asociar la *leucaena* al pasto estrella, lo que propició las mayores ganancias comparado con el monocultivo de *C. nlemfuensis* representado por el grupo 3 con una oferta de pasto de 23.0 kg,  $9.22 \text{ kg.animal.mes}^{-1}$  y  $0.31 \text{ kg.animal.día}^{-1}$ , respectivamente. El grupo 2 presentó los peores valores lo cual estuvo motivado, principalmente, por las dificultades presentadas con el abasto de agua y es conocido el importante papel que desempeña el adecuado balance hídrico del animal en la eficiente utilización de los nutrientes disponibles en la dieta consumida.

Las evaluaciones mostraron que con la carga utilizada ( $1.1 \text{ animales.ha}^{-1}$ ) y sal mineral a voluntad sólo se alcanzó por encima  $500 \text{ g.animal}^{-1}$  de GMD de peso vivo (grupo 1) en la tecnología silvopastoril (figura 1), aunque al inicio del ciclo I por estrés hídrico transitorio sólo se llegó a  $69 \text{ g.animal}^{-1}$  de GMD, pero al ser eliminado el referido estrés se logró alcanzar la edad y peso a la incorporación para la reproducción, con hembras *charolais* de reemplazo y esto correspondió con la mayor disponibilidad. Sin embargo, el monocultivo de *C. nlemfuensis* (grupo 3) no superó los  $310 \text{ g.animal}^{-1}$  de GMD en ambos

ciclos, lo que evidenció la superioridad de la introducción de los árboles leguminosos en los sistemas de producción de hembras de reemplazo.

Se logró demostrar que es posible incorporar los animales a la reproducción con más de 300 kg de PV entre 21 y 17 meses de edad, en 273 y 366 días de permanencia en el sistema silvopastoril y GMD total de 416 y 567 g.animal<sup>-1</sup> en cada ciclo correspondiente. Este resultado es relevante ya que se obtuvo sin gasto de suplemento.animal<sup>-1</sup>, en comparación con los que pastorearon en el *C. nlemfuensis* donde la edad de incorporación estuvo entre 25 y 28 meses, en 578 y 548 días de permanencia y una GMD total inferior de 241 y 278 g.animal<sup>-1</sup> en cada ciclo.

Esto significó que los animales entran a los sistemas (silvopastoril y monocultivo) con 155 a 170 kg y siete a nueve meses de edad, se incorporan a la reproducción con 17 meses de edad y más de 300 kg de PV solo en el silvopastoreo (figura 1), aunque en el primer ciclo se obtuvieron valores por debajo de cero debido al estrés hídrico mencionado anteriormente; los valores positivos demostraron un comportamiento que no se había reportado para la hembra de reemplazo en pastos tropicales en áreas de Latinoamérica al considerar el pasto (sin riego ni fertilizantes) como único alimento. Lo anterior permite potenciar el incremento de la GMD, desde el nacimiento hasta el destete, en las fincas de ganado de cría con ganado *charolais* de Cuba, en pastoreo asociado de gramíneas y leguminosas.

El uso de *Cynodon* en monocultivo no produjo alta GMD, tercera y cuarta curvas (figura 1), pero su evaluación fue necesaria, porque representa una estrategia, para comparar la oferta de MS, dado que, en el período poco lluvioso, en esta zona climática, los animales pierden peso a causa de la baja disponibilidad de alimento voluminoso y falta de suplementos. Además, este trabajo constituyó un aporte en la evaluación del silvopastoreo, con el mejor ganado de carne de Cuba, con pasto y sal mineral (Díaz, 2008). Iglesias (2003) reportó GMD acumuladas similares a las del presente trabajo, de 524 y 441 g.animal<sup>-1</sup>, pero con F<sub>1</sub> (1/2 Holstein x 1/2 Cebú) y 5/8 H x 3/8 C, donde el sistema de alimentación estaba basado en pastoreo restringido de mezclas de pastos naturales con estrella, concentrado comercial y forraje de caña con urea a voluntad, aunque con hembras *charolais* en desarrollo reportaron ganancias similares (Vega *et al.*, 2016).

La GMD, el crecimiento de los animales, la conversión de la EM y la PB se pueden relacionar con la suficiente disponibilidad de pasto en el silvopastoreo que se expresó en función de la presión de pastoreo (26.40 y 18.40 kg de MS. 100 kg PV<sup>-1</sup>), la composición proteico-energética del pasto y la *leucaena* permitió mejor ajuste de la relación N total: EM y la conversión de la PB en GMD (cuadros 1 y 2). Esto se debe, según Preston y Willis (1970), al menor gasto energético de mantenimiento de este genotipo, porque es de maduración tardía. Similar resultado obtuvo Fernández (2017) al estudiar los sistemas silvopastoriles.

Las superiores GMD de los animales del silvopastoreo, con respecto a los del pastoreo *Cynodon* en monocultivo se puede explicar por la mayor población de bacterias celulolíticas y viables totales que aparecen cuando los animales consumen *leucaena* según lo reportado para esta misma raza en similares condiciones de alimentación (Díaz, 2008). Galindo *et*

al. (2014) determinaron que el aumento de estas poblaciones microbianas permite mejor degradación de la MS del pasto y la asimilación de nutrientes.

La nutrición desempeña un papel muy importante en el comportamiento de la reproducción del vacuno, lo que es, tal vez, uno de los factores que más contribuyen a la expresión del potencial genético de los animales e incluso de su progreso (Vega, 2012).

En el silvopastoreo en ambos ciclos el consumo de materia seca del pasto, (cuadro 3 y 4), mantuvo una presión de pastoreo ( $\text{kg MS} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$  de peso vivo) superior a 5 kg, este suministro garantizó la selección del material a consumir, y, en consecuencia, mejor comportamiento animal como reflejo de la presencia de la leguminosa y de la contribución de ésta al sistema.

La disponibilidad de materia seca y los nutrientes de los sistemas de pastoreo no fue igual si se considera por épocas dentro de los años. El período poco lluvioso mostró ser el más crítico, con un comportamiento estacional marcado en el caso del *Cynodon* en monocultivo, aunque logró cubrir las recomendaciones, según Martín (1981), para la oferta de materia seca y en el caso del ciclo II (cuadro 4) hubo un déficit de -15 g de proteína en junio. Sin embargo, fue el déficit de agua la principal limitante en dos meses del ciclo I para ambos sistemas (figura 1) alcanzando valores menores de cero.

De hecho, el peso es más importante que la edad en la manifestación y posterior mantenimiento de celos. Lo anterior resalta, en consecuencia, la importancia de la alimentación para mantener ritmos de crecimiento adecuado para lograr la manifestación del ciclo estral a partir de los dos años en todo tipo de ganado.

Los resultados obtenidos en las hembras *charolais* con solo pasto estrella comparadas con el sistema silvopastoril, permitió demostrar en este último la capacidad de hacer más eficiente la conversión alimenticia en períodos de restricción y de abundancia continuos, el efecto en la ganancia de peso y el inicio temprano de la pubertad, el cual se reflejó en mejores indicadores productivos y reproductivos del rebaño en general.

Se deben aprovechar las ventajas de la *charolais*, que mantenidas en pasturas de regular calidad pueden igualar o superar la ganancia si tienen acceso a pastos de mejor calidad (Unduganado, 2015), ya que con su alto poder de conversión alimenticia ( $1 \text{ kg}$  de peso vivo  $\times 7.26 \text{ kg}$  de alimento), le permite alta velocidad de crecimiento (hasta  $2.5 \text{ kg} \cdot \text{día}^{-1}$ ) por su buena capacidad de adaptación a diferentes condiciones de cría y elevada ganancia de peso con forrajes bastos como los resultados del grupo 1 (silvopastoreo), aunque el grupo 2 debido a la falta de agua presentó pérdidas de peso de  $0.71 \text{ kg} \cdot \text{animal} \cdot \text{día}^{-1}$  (cuadro 2).

En el caso estudiado de la *charolais*, el costo.peso<sup>-1</sup> se comportó inferior en el silvopastoreo y no superó los 0.42 centavos por cada peso y en monocultivo los 0.52. El indicador beneficio/costo en el sistema silvopastoril supera en 26% al monocultivo (23 y 28 para los ciclos I y II respectivamente (cuadro 5). Este análisis permite recomendar la tecnología silvopastoril garantizando que, si se cumple con la disciplina tecnológica, el sistema es sostenible desde el punto de vista económico.

## Conclusiones

Las valoraciones de elementos nutricionales como la PB y EM durante los ciclos productivos de investigación argumentaron la superioridad del sistema silvopastoril (*Leucaena*-pasto estrella) con respecto al monocultivo de pasto estrella, expresado por la menor edad de incorporación, mayor peso en vaquillas *charolais*, no empleo de riego, fertilización, ni suplemento y mejor relación costo/beneficio.

## Recomendaciones

Extender este sistema a otras unidades de producción comercial y desarrollar similar investigación en otras condiciones ambientales y razas vacunas.

## Agradecimientos

A la empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo” en el municipio Jiguaní, Granma, Cuba y a sus trabajadores, por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

## Literatura citada

- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. Ass. Off. Agric. Chem. 16th ed. Washington, DC.
- Carriquiry, E.J.; Fernández, J.A. y Yáñez, E.A. (2016). Influencia del peso vivo y la alimentación sobre el desempeño de terneros en su primer invierno. *Rev. Vet.*, 27 (1): 14-20.
- Díaz, A. (2008). *Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas*. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. MES. La Habana, Cuba.
- Estadística Departamento de Genética Nacional. (2016). Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba. 100 p.
- Fernández, A. (2017). *Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles*. Ediciones INTA. Argentina. 195 p.
- Galindo, J.; González, N.; Iraola, J.; Muñoz, E.; Aldana, A.I.; Moreira, O.; Hernández, J.L. y Moreira, E. (2014). *Efecto de un sistema silvopastoril con Leucaena leucocephala vs Perú y la época de año en la población microbiana ruminal de toros mestizos de Cebú en crecimiento-ceba*. III Convención Internacional Agrodesarrollo 2014. EEPF Indio Hatuey. ISBN 978-959-7138-18-1. Matanzas, Cuba. Pp. 1053-1057.
- Hernández, A.; Pérez, J.M. y Boch, O. (1999). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de suelos. AGROINFOR-MINAG. Cuba. 64 p.
- Ibrahim, M.M.M. (1988). *Feeding Tables for Ruminants in Sri Lanka*. Animal Feed Act No. 15 1st edition. Costa Rica. 156 p.
- Iglesias, J. (2003). *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Instituto de Ciencia Animal - Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba.
- INRA. (2011). *Origen de la raza Charolaise (multipropósito)*. Consultado el 25 enero de 2013. Disponible en: <http://hdavidgarciam.blogspot.com/2011/04/origen-de-la-raza-charolaise.html>.
- Lamela, L. (1998). *Técnica de muestreo*. Conferencia del 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”. Matanzas, Cuba. 12 p.
- Martín, P.C. (1981). *Metodología de balance alimentario y formulario de raciones para el ganado bovino en Nicaragua*. Ed. Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Pp.177.

- Martín, P.C. y Palma, J.M. (1999). *Manual para fincas y ranchos ganaderos*. Colima, México. Ed. AgroSystems. 120 pp.
- Martínez, J.; Milera, M.; Remy, V.; Yepes, I. y Hernández, J. (1990). Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes*, 14: 101-109.
- Menéndez, A. (1984). Un método simple para evaluar el crecimiento y desarrollo de nuestras hembras lecheras. *ACPA*, 3: 13-16.
- Milera, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17 (3): 7-24.
- Preston, T. y Willis, M. (1970). *Producción intensiva de carne. B. SC. (Dunelm). PH. (EDIN)*. División de Ciencia Animal. ICA. Habana. Cuba. Pp. 176-507.
- Torres, V.; Benítez, D.; Lázaro, D. y 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. España. Pp. 25-32.
- Torres, V.; Ramos, N.; Lizazo, D.; Monteagudo, F. y Noda, A. (2008). Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42 (2): 133-139.
- Unduganado, A. (2015). Historia y origen de la raza *charolaise*. Publicada en Unduganado.com. El portal de Honduras para ganaderos. Disponible en: <http://www.honduganado.com/historia-y-origen-de-la-raza-charolais/>. (Consultado el 14 de noviembre 2017).
- Vega, A. (2012). *Crianza de hembras de reemplazo charolaise de Cuba, en silvopastoreo con Leucaena leucocephala y Cynodon nlemfuensis*. Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Véga, A.; Herrera, R.S.; Lamela, L.; Santana, A. y Rodríguez, G.A. (2013). Evaluación en silvopastoreo y un monocultivo de hembras en crecimiento charolaise en el oriente cubano. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 14 (2).
- Véga, A.; Herrera, R.S.; Torres, V.; Lamela, L.; Montejo, I.; Santana, A. y Cino, D. (2016). Comportamiento de las hembras de reemplazo charolais de Cuba en un sistema silvopastoril comparada con un monocultivo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50 (1): 51-59.

Recibido: 17 de septiembre de 2018

Envío a arbitraje: 01 octubre de 2018

Dictamen: 28 de noviembre de 2019

Aceptado: 08 de marzo de 2019