

## Effect of milk replacers on growth curves up to 90 days old in developing Siboney de Cuba females

### Efecto de reemplazantes lecheros en las curvas de crecimiento hasta noventa días de edad de hembras Siboney de Cuba en desarrollo

Á.C. Alonso<sup>1</sup>, L. D. Soto<sup>1</sup>, Bertha Chongo<sup>2</sup>, Verena Torres<sup>2</sup>, and A. Zamora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dirección Técnica de Desarrollo. Empresa Pecuaria Genética "Camilo Cienfuegos". Consolación del Sur, Pinar del Río, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24. San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba  
Email: elyjorge@nauta.cu

Under production conditions, the effect of two technologies of milk replacers on growth curves (up to 90 days) of developing Siboney de Cuba females was evaluated. For that purpose, 30 females were used, randomly divided, at their arrival to the rearing unit, into two groups (15 animals each). For growth analysis, linear (linear, square linear and square logarithmic models) and non-linear (logistic, Gompertz and Richards) regression models were tested. For linear models, gains were estimated by the least square method. For non-linear ones, the interactive method of Marquardt was applied. The best adjustment was determined from different statistical criteria. ANOVA was applied for weights and daily mean gains, reached in different moments. The square logarithmic model had the best fit of growth, with  $R^2 \Rightarrow 0.93$  and  $P < 0.001$  in both treatments, from which the performance of liveweight increase in other group of animals may be predicted, with the use of similar combinations per treatment. Daily mean gain and liveweight, up to 90 d, differed in both treatments after a month of birth. For females of the second treatment, daily mean gains were near 500 g/animal/d, and liveweight was around 69.2 kg up to weaning.

Key words: milk replacers, growth curves, Siboney de Cuba females

Siboney de Cuba genotype appears as part of a genetic improvement program in Cuba, directed to achieve milk production levels according to the needs of the country. This genotype is characterized by its adaptation ability in tropical areas, expressed in heat tolerance, acceptable rates of growth and development, and an early incorporation with good levels of prolificacy, as described by López (1983) and Gregorich (1992).

At international level, researches conducted in calves during the first stages of life coincide in pointing out the marked physiological changes, occurring during the transition from pre-ruminant (provided with milk or milk replacers) to ruminant (intake of concentrate, hay and grasses) during the first weeks of life. Nutritionists and producers show more and more interest every day for the weaning stage due to the physiological changes expressed during this period and its impact on animal performance (Ybalmea 2011, Chongo *et al.* 2013).

Describing and predicting growth curves during

En condiciones de producción se evaluó el efecto de dos tecnologías de reemplazantes lecheros en las curvas de crecimiento (hasta 90 d de edad) de hembras Siboney de Cuba en desarrollo. Se emplearon para ello 30 hembras, divididas aleatoriamente al llegar a la cría en dos grupos (15 animales cada uno). Para el análisis del crecimiento, se probaron modelos de regresión lineal (lineal, lineal cuadrático y cuadrático logarítmico) y no lineal (logístico, Gompertz y Richards). Para los modelos lineales, se estimaron las ganancias por el método de los mínimos cuadrados. Para los no lineales, se aplicó el método iterativo de Marquardt. El mejor ajuste se determinó a partir de diferentes criterios estadísticos. Se aplicó ANOVA a los pesos y ganancias medias diarias alcanzadas en diferentes momentos. El modelo que mejor ajustó el crecimiento fue el cuadrático logarítmico, con  $R^2 \Rightarrow 0.93$  y  $P < 0.001$  en ambos tratamientos, a partir del cual se puede predecir el comportamiento del incremento de peso vivo en otro grupo de animales, si se utilizan combinaciones similares por tratamiento. La ganancia media diaria y el peso vivo, hasta los 90 d, difirieron en ambos tratamientos ( $P < 0.001$ ) después de un mes del nacimiento. Para las hembras del segundo tratamiento, las ganancias medias diarias estuvieron próximas a los 500 g/ animal/d, y el peso vivo muy cercano a 69.2 kg hasta el destete.

Palabras clave: reemplazantes lecheros, curvas de crecimiento, hembras Siboney de Cuba

El genotipo Siboney de Cuba surge como parte del programa de mejora genética en Cuba, dirigido a lograr niveles de producción láctea acordes a las necesidades del país. Este genotipo se caracteriza por su capacidad de adaptación al trópico, expresada en su tolerancia al calor, tasas de crecimiento y desarrollo aceptables, además de una temprana incorporación con buenos niveles de prolificidad, bondades descritas por López (1983) y Gregorich (1992).

A nivel internacional, investigaciones realizadas en terneros durante las primeras etapas de vida coinciden en señalar los cambios fisiológicos marcados que ocurren durante la transición del prerruminante (alimentado con leche o sustitutos lecheros) a rumiante (consumo de concentrado, heno, pastos) en las primeras semanas de vida. La etapa de destete cada día es de mayor interés por parte de nutricionistas y productores, debido a los cambios fisiológicos que se expresan en este período y a su repercusión en el comportamiento animal (Ybalmea 2011, Chongo *et al.* 2013).

Describir y predecir las curvas de crecimiento en esta

this stage contributes to the characterization of these used production systems, and provides, at the same time, useful information for the development of selection strategies in correspondence to the used technology.

The objective of this study was to describe the growth curve up to 90 d old of Siboney de Cuba females, fed with two technologies of milk replacers in systems of artificial rearing unit.

### Materials and Methods

This study was conducted at the artificial rearing unit 246, with 50.39 ha of surface, belonging to the Unidad Empresarial de Base (UEB) "Loma de Candelaria" from Empresa Pecuaria Genética "Camilo Cienfuegos", located at southeast of Pinar del Río province, Cuba.

An amount of 30 Siboney de Cuba female calves were used. These animals were born in December, 2013, and were between 7 and 9 d old at their arrival to the rearing unit. The number of their tattoo and ear tag was individually controlled and they were weighed in a DI-162 Model (Digital) scale, according to the method of weighing technique established by the Cuban regulations (NC 74 - 49). Later, these animals were randomly divided into two groups (15 animals each) and were located in previously cleaned and disinfected individual cribs, with free access to water and long hay at will, starting from 30 d.

During all the studied stage, hay was produced in the same unit, from the hand-made reaping of pangola (*Digitaria decumbens*) and star grass (*Cynodon nlemfuensis*). For the experimental development, four types of milk replacers were used, and soybean meal for completing one of the used formulations. Combinations of milk replacers, as well as doses provided to females per treatment are described in tables 1 and 2.

Milk replacer was prepared in aluminum containers of 20 L, which were poured hot water between 45 and 50 °C, from a solar heater installed at the unit. The water was mixed with the amounts of milk replacer designed for each stage. Later, liquid feed was offered to the calves at a temperature between 37 and 39 °C.

Doses of starting concentrate were also included and the rules established for each stage up to 90 d were used (table 3)

After 30 d, female calves from each treatment were individually weighed during the first hours of the morning with their stomach empty. The result of liveweight (LW) was individually controlled. Weighing

etapa contribuye a la caracterización de los sistemas de producción utilizados y suministra, a su vez, información útil para el desarrollo de estrategias de selección en correspondencia con la tecnología utilizada.

El objetivo de este estudio es describir la curva de crecimiento hasta 90 d de edad de hembras Siboney de Cuba, alimentadas con dos tecnologías de lactoreemplazantes en sistema de cría artificial.

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la recría artificial 246, con 50.39 ha de superficie, perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Loma de Candelaria" de la Empresa Pecuaria Genética "Camilo Cienfuegos", ubicada al suroeste de la provincia Pinar del Río, en Cuba.

Se utilizaron 30 terneras de la raza Siboney de Cuba, nacidas en diciembre de 2013, que tenían entre 7 y 9 d de edad al llegar a la recría. Se les controló individualmente el número de tatuaje y presilla, se les pesó en balanza Modelo DI-162 (Digital), según el método de la técnica de pesaje que establece la Norma Cubana (NC 74 - 49). Posteriormente se dividieron aleatoriamente en dos grupos (15 animales cada uno) y se ubicaron en cuneros individuales previamente limpios y desinfectados, con acceso libre a agua para beber y heno largo a voluntad, a partir de los 30 d.

Durante toda la etapa de estudio, el heno se elaboró en la propia unidad a partir del segado a mano de pangola (*Digitaria decumbens*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) indistintamente. Para el desarrollo experimental, se dispuso de cuatro tipos de reemplazantes lecheros, además de harina de soya para conformar una de las formulaciones empleadas. Las combinaciones de lactoreemplazantes, así como las dosis suministradas a las hembras por tratamiento se describen en las tablas 1 y 2.

El lactoreemplazante se preparó en cantinas de aluminio de 20 L, a las que se les agregó agua caliente entre 45 y 50 °C, proveniente de un calentador solar instalado en la unidad. Se mezcló el agua con las cantidades de reemplazante lechero diseñadas para cada etapa. Posteriormente, se ofreció el alimento líquido al ternero a temperatura entre 37 a 39 °C.

Se incluyó además las dosis de concentrado de inicio y se utilizaron las normas establecidas para cada etapa hasta los 90 d (tabla 3).

Transcurridos los 30 d, las terneras de cada tratamiento se pesaron individualmente en vacío a las primeras horas de la mañana. Se controló individualmente el resultado

Table 1. Combinations of milk replacers and doses provided to females from treatment 1\*

Age	U	Raltec-Milk 17-2 milk replacer	Nuclimix (Campi) + Soy bean meal	Water (liters) to dissolve both milk replacers	Drinking per day
Week 2-4	g	460	-	4	
Week 5-8	g	230	115 +115	2 and 2	2 L per animal twice a day
Week 9-12	g	-	230 + 230	2 and 2	

\* Regulation of liquid feed, established for this technology according to MINAG

Table 2. Combinations of milk replacers and doses provided to females from treatment 2

Age	U	Raltec-Milk 17-1 milk replacer	Raltec-Star T-1 milk replacer	Water (liters) to dissolve both milk replacers	Drinking per day
Week 2	g	300	100	3	1.5 L per
Week 3	g	150	220	1 ½	animal twice
Week 4	g	150	550		a day*
Week 5	g	150	900		1.5 L per
Week 6	g	150	700		animal
Week 7	g	150	900		once a day*

\* Regulation of liquid feed, established for this technology according to MINAG

Table 3. Dose of beginning concentrate of calves, provided to females per each treatment

Treatment 1			Treatment 2		
Age	U	Amount	Age	U	Amount
Week 2-4	kg	0.460	Week 2 a la 5	kg	-
Week 5-8	kg	1.0	Week 6	kg	0.700
Week 9-12	kg	1.7	Week 7	kg	0.900
			Week 8	kg	2.0
			After 8 up to 12	kg	2.5

procedure was carried out the same way every month, up to 90 d.

For processing all the obtained data, three non-linear and three linear regression models, which are most used ones to estimate animal performance, according to Ratkowsky (1983):

$$\text{Linear} \begin{cases} \text{- Linear: } y = \text{alfa} + \text{beta}(\text{age}) \\ \text{- Square linear: } y = \text{alfa} + \text{beta}(\text{age}) + \text{gamma}(\text{age})^2 \\ \text{- Square logarithmic: } Ae^{(bx+cx^2)} \end{cases}$$

Transformed into  $\text{Log } y = \text{Log } A + bx + cx^2$

$$\text{Non-linear} \begin{cases} \text{- Logistic: } y = \frac{\text{alfa}}{1 + \text{beta} \cdot \exp[-\text{gamma}(\text{age})]} \\ \text{- Gompertz: } y = \text{alfa} \cdot \exp[-\text{beta} \cdot \exp[-\text{gamma}(\text{age})]] \\ \text{- Richards: } y = \langle \text{alfa} \cdot [1 + \text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \{\text{age}\})] \rangle^{\text{delta}} \end{cases}$$

where:

y = LW or daily mean gain (DMG)

age = animal age

alpha (a), beta (b) and gamma (c) = parameters

Parameter estimations were determined by the method of least squares, in the case of linear regression, and by the iterative method of Marquardt (1963), for the non-linear models (Logistic, Gompertz and Richards).

Statistical criteria for selecting the model of the best fit were performed according to indicators described by Guerra *et al.* (2003) and Fernández (2004):

1. Determination coefficient ( $R^2$ )
2. Parameters of models (a, b, c)

del peso vivo (PV). El procedimiento del pesaje se realizó de igual forma cada mes, hasta los 90 d.

Para el procesamiento de los datos obtenidos, se probaron tres modelos de regresión lineal y tres no lineales, que son los más utilizados para estimar el comportamiento animal, según Ratkowsky (1983):

$$\text{Lineal} \begin{cases} \text{- Lineal: } y = \text{alfa} + \text{beta}(\text{edad}) \\ \text{- Lineal cuadrático: } y = \text{alfa} + \text{beta}(\text{edad}) + \text{gamma}(\text{edad})^2 \\ \text{- Cuadrático Logarítmico: } Ae^{(bx+cx^2)} \end{cases}$$

El cual transformado es  $\text{Log } y = \text{Log } A + bx + cx^2$

$$\text{No Lineales} \begin{cases} \text{- Logístico: } y = \frac{\text{alfa}}{1 + \text{beta} \cdot \exp[-\text{gamma}(\text{edad})]} \\ \text{- Gompertz: } y = \text{alfa} \cdot \exp[-\text{beta} \cdot \exp[-\text{gamma}(\text{edad})]] \\ \text{- Richards: } y = \langle \text{alfa} \cdot [1 + \text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \{\text{edad}\})] \rangle^{\text{delta}} \end{cases}$$

donde:

y = PV o ganancia media diaria (GMD)

edad = edad del animal

alfa (a), beta (b) y gamma (c) = parámetros

Las estimaciones de los parámetros se determinaron por el método de los mínimos cuadrados, en el caso de regresión lineal, y por el método iterativo de Marquardt (1963), en los modelos no lineales (Logístico, Gompertz y Richards).

Los criterios estadísticos para la selección del modelo de mejor ajuste se realizaron según los indicadores descritos por Guerra *et al.* (2003) y Fernández (2004):

1. Coeficiente de determinación ( $R^2$ )
2. Parámetros de modelos (a, b, c)
3. Cuadrado medio del error (CMe)

3. Mean square of the error (MSe)
4. Standard error of model parameters SE(a), SE(b), SE(c)
5. Model significance
6. Residual Analysis

Gathered information was processed by the statistical package SPSS, version 11.5.1 (Visauta 1998, IBM Corporation 2003). For evaluating liveweights and daily mean gains, the multiple range test of Duncan (1955) was also used, which allowed the comparison between treatments by Infostat package, version 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

### Results and Discussion

Growth modeling with application of linear and non-linear models to developing females (up to 90 d), fed different combinations of milk replacers, was based on the descriptive analysis of what happened at this growth stage in two feeding systems used in artificial rearing.

Evaluating growth (up to weaning age) of Siboney de Cuba females, at this important stage, allows to predict the performance of LW developments at early ages. In addition, it also allows to evaluate biologically important parameters in a stage considered as slow growth stage during the life of bovines, in which significant physiological changes within their digestive system occur. These changes depend, in a large extent, on the used feeding systems.

Among the evaluated models (linear and non-linear), Richards model was discarded because it showed no significant fit in LW.

By comparing the fit of models that evaluate LW performance in Siboney de Cuba females, up to 90 d old for both treatments (table 4), it was demonstrated that all showed a very good fit, because of the flexibility they have (Arias *et al.* 2010), with high and similar determination coefficients ( $R^2$ ), indicating good precision in estimated liveweights.

Although all models show high  $R^2$  fit and differed among them ( $P < 0.001$ ) for the linear model (treatment 1) and Gompertz (treatment 2) (Table 2), these presented the lowest coefficients with 0.91. However, for the other models,  $R^2$  values, in both treatments, had the best fit, with 0.93 and differ among them ( $P < 0.001$ ). Similar results were obtained by Robert-Granié *et al.* (2002), Mejías (2008) and Alonso *et al.* (2014) in  $R^2$  fit, describing growth curves in cattle. These authors agree to inform, as in this study, linear growth in certain phases of the curve.

For selecting the best fit model, MSe is another statistical criterion to consider. In both treatments, the square logarithmic model showed lower values than the rest of the tested models, with values of 14.88 and 12.86, respectively. This allowed to estimate, with more precision, the effects of studied factors and, in turn, explain the existence of a lower variance in LW analysis, which is similar to that described by de Freitas

4. Error estándar de los parámetros del modelo EE(a), EE(b), EE(c)
5. Significación del modelo
6. Análisis de residuo

La información recopilada se procesó en el paquete estadístico SPSS versión 11.5.1 (Visauta 1998, IBM Corporation 2003). Para la evaluación de los pesos vivos y las ganancias medias diarias, se utilizó además la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955), que permitió la comparación entre tratamientos mediante el paquete Infostat, versión 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

### Resultados y Discusión

La modelación del crecimiento con la aplicación de modelos lineales y no lineales a hembras en desarrollo (hasta los 90 d), que consumieron diferentes combinaciones de reemplazadores lecheros, se fundamentó en el análisis descriptivo de lo ocurrido en esta etapa del crecimiento en dos sistemas de alimentación utilizados en crianza artificial.

Realizar la evaluación del crecimiento (hasta edad al destete) de hembras Siboney de Cuba en esta importante etapa permite predecir el desempeño de la evolución del PV en edades tempranas. Además posibilita evaluar parámetros biológicamente importantes en una etapa considerada como de crecimiento lento en la vida del bovino, en la que ocurren importantes cambios fisiológicos en su sistema digestivo, que dependen en gran medida de los sistemas de alimentación empleados.

Entre los modelos evaluados (lineales y no lineales), se descartó el de Richards, debido a que no presentó ajuste significativo en PV.

Al comparar el ajuste de los modelos que evalúan el comportamiento del PV en hembras Siboney de Cuba hasta 90 d de edad para ambos tratamientos (tabla 4), se constató que todos exhiben muy buen ajuste, debido a la flexibilidad que poseen (Arias *et al.* 2010), con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) similares y altos, que indican buenas precisiones en los pesos vivos estimados.

Aunque todos los modelos presentan altos ajustes  $R^2$  y difirieron entre sí ( $P < 0.001$ ) para el modelo lineal (tratamiento 1) y Gompertz (tratamiento 2) (tabla 2), en estos fue donde se encontraron los más bajos coeficiente con 0.91. Sin embargo, para el resto de los modelos, los valores  $R^2$  en ambos tratamientos fueron de mejor ajuste, con 0.93 y difirieron entre sí ( $P < 0.001$ ). Similares resultados obtuvieron Robert-Granié *et al.* (2002), Mejías (2008) y Alonso *et al.* (2014) en el ajuste  $R^2$ , al describir curvas de crecimiento en bovino. Estos autores coinciden en informar, al igual que en este estudio, crecimiento lineal en determinadas fases de la curva.

Para la selección del modelo de mejor ajuste, el CMe es otro criterio estadístico a considerar. En ambos tratamientos, el modelo cuadrático logarítmico mostró valores inferiores al del resto de los modelos probados, con valores de 14.88 y 12.86 respectivamente. Esto permitió estimar con mayor precisión los efectos de

Table 4. Results of fit of models that evaluate LW performance of Siboney de Cuba females up to 90 d old for both treatments

Model	Treatment 1 n= 15							Treatment 2 n= 15						
	a	b	c	R <sup>2</sup>	MSe	Sign		a	b	c	R <sup>2</sup>	MSe	Sign	
Linear	29.09	0.4		0.91	19.18	***		30.32	0.37		0.92	13.69	***	
SE(±)	0.95	0.02						0.8	0.01					
Sign parameter	***	***						***	***					
Square Linear	31.19	0.19	0.023	0.93	14.90	***		31.65	0.24	0.015	0.93	14.86	***	
SE(±)	0.97	0.05	0.0005					0.87	0.05	0.0005				
Sign parameter	***	***	***					***	***	***				
Square logarithmic	1.49	0.003	-0.00007	0.93	14.88	***		1.5	0.003	-0.00001	0.93	12.06	***	
SE(±)	0.01	0.0004	0.00005					0.01	0.00044	0.000004				
Sign parameter	***	***	***					***	***	***				
Logistic	153.5	3.95	0.01	0.93	15.32	***		184.2	5.15	0.01	0.93	12.13	***	
SE(±)	80.2	2.52	0.002					123.6	4.03	0.003				
Sign parameter	ns	ns	*											
Gompertz	152.7	1.61	0.006	0.93	15.55	***		160.0	1.7	0.07	0.91	12.17	***	
SE(±)	68.6	0.45	0.002					70.8	0.45	0.01				
Sign parameter	ns	ns	*					ns	ns					
ns														

\* P &lt; 0.01 \*\* P &lt; 0.05 y \*\*\* P &lt; 0.001

(2005) and Alonso (2015). This result expresses, to a large extent, the variability of liveweights of females until the age at weaning at each weighing. Likewise, it also allows the selection of this model as the one with the best goodness of fit for both treatments.

After fitting the model, residuals were calculated (figure 1), which, according to Torres *et al.* (2012), is an essential procedure for knowing their general performance and determining whether there is an underestimation or overestimation at any part of growth models (Fabens 1965).

Dispersion range of residuals in both treatments

los factores estudiados y, a su vez, explica la existencia de menor varianza en el análisis del PV, resultado que se corresponde con lo descrito por de Freitas (2005) y Alonso (2015). Este resultado expresa, en gran medida, la variabilidad en los pesos vivos de la hembra hasta la edad al destete en cada pesaje. A su vez, permite la selección del modelo como el de mejor bondad de ajuste para ambos tratamientos.

Ajustado el modelo, se calcularon los residuos (figura 1), procedimiento que según Torres *et al.* (2012), resulta imprescindible para conocer el comportamiento general de estos, y determinar si existe subestimación

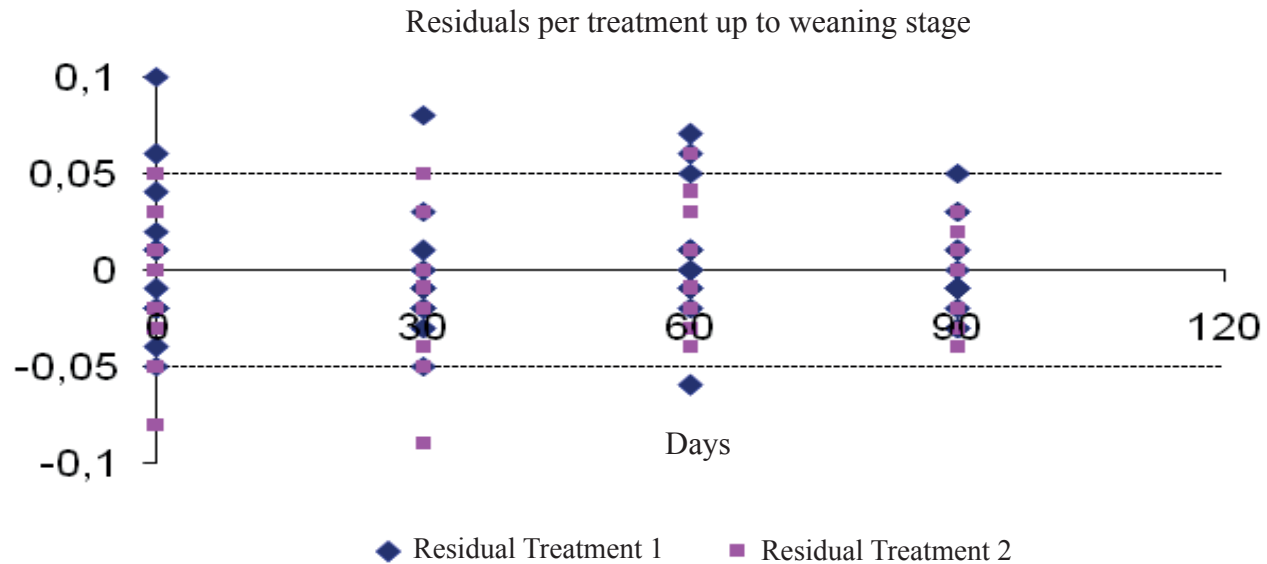


Figure 1. Analysis of residuals from square logarithmic model for both treatments

was between 0.1 and -0.1, with higher concentration between 0.05 and -0.05, indicating good accuracy in the observed liveweights. For females of treatment 2, fitted weights showed lower dispersion, especially at 60 and 90 d, which is related to the little difference found between the weights observed in both weighings and liveweights calculated by the model fitted for a similar stage. In general, for both treatments, performance of residuals for the model of best fit was random, which is similar to results reported by Alonso (2015) for the same stage.

In the analysis of model parameters, parameter a of the square logarithmic model showed that the value reached for treatment 1 was 1.49, while for treatment 2, it showed similar results with 1.5 ( $P < 0.001$ ), and least standard errors for both cases up to weaning age. These results are indicators of development to reach the asymptotic weight of the female under study. However, it cannot be stated that these are the ones that predict mean weight with which females reach maturity, because she still has a long period of growth and development to evaluate.

For parameter b of the selected model, results for both treatments presented the same values (0.003) of high significance and low standard errors, which is related to the LW at birth, being very similar, because females of treatment 1 had a mean LW of 31.8 kg, while those from the second treatment had 31.5 kg.

Finally, the parameter c of the selected model indicates values of -0.00007 and SE 0.00005 of high significance for females of treatment 1, while females of treatment 2, with -0.00001 and SE 0.00004, show similar and highly significant values in this parameter. These results refer to an adequate growth speed for females in both treatments, although much better for those of treatment 2, in a phase in which bovines grows more slowly, in correspondence with reports

o sobrestimación en alguna parte de los modelos de crecimiento (Fabens 1965).

El rango de dispersión de los residuos en ambos tratamientos estuvo entre 0.1 y -0.1, con mayor concentración entre 0.05 y -0.05, indicador de buena precisión en los pesos vivos observados. Para las hembras del tratamiento 2, los pesos ajustados mostraron menor dispersión, sobre todo a los 60 y 90 d, lo que se relaciona con la p<sup>Ca</sup> diferencia encontrada entre los pesos observados en ambos pesajes y los pesos vivos calculados mediante el modelo ajustado para una etapa semejante. De manera general, para ambos tratamientos, el comportamiento de los residuos para el modelo de mejor ajuste fue aleatorio, resultado que se corresponde con lo informado por Alonso (2015) para la misma etapa.

En el análisis de los parámetros del modelo, el parámetro a del modelo cuadrático logarítmico reflejó que el valor alcanzado para el tratamiento 1 fue de 1.49, mientras que para el tratamiento 2 evidenció resultados similares con 1.5 ( $P < 0.001$ ), y mínimos errores estándar para ambos casos hasta la edad al destete. Estos resultados son indicadores del desarrollo para alcanzar el peso asintótico de la hembra en estudio. Sin embargo, no se puede afirmar que sean los que predicen el peso medio con el que la hembra arriba a la madurez, ya que aún le queda un largo período de crecimiento y desarrollo por evaluar.

Para el parámetro b del modelo seleccionado, los resultados para ambos tratamientos presentaron iguales valores (0.003) de alta significación y bajos errores estándar, lo que está relacionado con los PV al nacer, que fueron muy similares, pues las hembras del tratamiento 1 poseían un PV medio de 31.8 kg, mientras que las del segundo tratamiento 31.5 kg.

Por último, el parámetro c del modelo seleccionado indica valores de -0.00007 y EE 0.00005 de alta significación para las hembras del tratamiento 1, mientras que las hembras del tratamiento 2 con -0.00001 y EE 0.00004 muestran en este parámetro valores similares,

of Torres *et al.* (2012) and Alonso (2015), who state that animals with high growth values represent an early maturity, compared to those of similar initial weight.

In figure 2 a and b, the performance between observed LW values and estimated LW of the square logarithmic model, for both treatments, was similar, for each studied cases, which confirms the correct

altamente significativos. Estos resultados refieren una adecuada velocidad de crecimiento para las hembras en ambos tratamientos, aunque mucho mejor para las del tratamiento 2 en una fase en que el bovino crece más lentamente, en correspondencia con lo planteado por Torres *et al.* (2012) y Alonso (2015), quienes sostienen que animales con altos valores de crecimiento representan una madurez precoz con respecto a los de peso inicial similar.

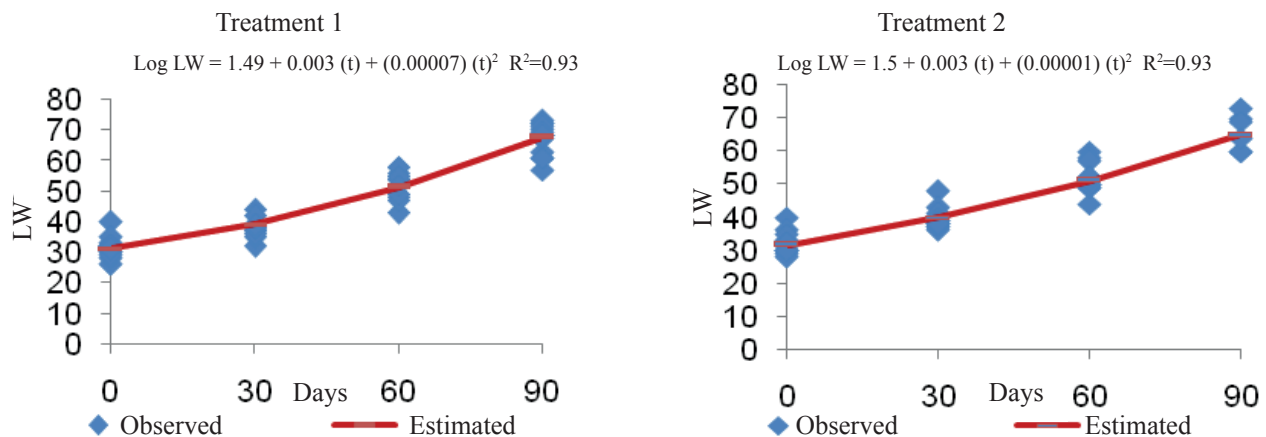


Figure 2 a and b. Performance between values of observed LW(kg) and estimated LW in the square logarithmic model per treatment

model selection. This result coincides with studies of Guerra *et al.* (2003), Mejías (2008), Alonso *et al.* (2014), and Alonso (2015) regarding the goodness of fit of linear models to express the standard growth curve in the early stages of any living organism.

Although females from treatment 1 showed a good fit in observed and estimated LW values, treatment 2, from the second month of life, marked a favorable difference of observed weights with higher variability. The same happened in this treatment at 90 d of age.

This may be related to 2.5 kg of concentrate, provided to females from treatment 2 after week 8, which, joined to intake of certain level of fiber (hay) at will, may contribute to a better assimilation of ration and the best use of nutrient content of solid feeds. Ruminants, as poly-gastric animals, start to ingest these feeds after the sixth week of age (Plaza and Ybalmea 2008), if it is compared with 1.7 kg of concentrate supplied to females for the same stage, together with the offering of certain level of fiber (hay) at will and the liquid diet was maintained up to week 12, including 230 g of soybean meal, which is difficult to assimilate by the calf at this stage.

The previous explanation, together with the supply of RaltecMilk-17-1 and RaltecStar T-1 to females from treatment 2, from the second to the seventh week, allowed the earliest weaning in this group, and daily mean gains of 482.22 g/d in the second month of life and 497.61 g/d in the third (table 5). These values were superior to the gains obtained in treatment 1.

Al observar en la figura 2 a y b el comportamiento entre los valores de los PV observados y los PV estimados del modelo cuadrático logarítmico, en ambos tratamientos, se observó un comportamiento coincidente entre ambos, para cada uno de los casos estudiados, lo que reafirma la correcta selección del modelo. Este resultado coincide con lo descrito por Guerra *et al.* (2003), Mejías (2008), Alonso *et al.* (2014), y Alonso (2015) con respecto al buen ajuste de modelos lineales para expresar la curva de crecimiento estándar en las primeras etapas de cualquier organismo vivo.

A pesar de que las hembras del tratamiento 1 exhibieron un buen ajuste en los valores de PV observados y estimados, fue el tratamiento 2 a partir del segundo mes de vida el que marcó una diferencia favorable de los pesos observados con mayor variabilidad. De igual forma ocurrió en este tratamiento a los 90 d de edad.

Esto puede estar relacionado con 2.5 kg de concentrado suministrado a las hembras del tratamiento 2 después de la semana 8, lo que unido al consumo a voluntad de cierto nivel de fibra (heno) pudo contribuir a asimilar mejor la ración y al mayor aprovechamiento del contenido de nutrientes que contienen los alimentos sólidos. Los rumiantes, en su condición de poligástricos, comienzan a ingerir estos alimentos luego de la sexta semana de edad (Plaza e Ybalmea 2008), si se compara con 1.7 kg de concentrado suministrado a las hembras para igual etapa, unido a la oferta a voluntad de cierto nivel de fibra (heno) y a la dieta líquida que se mantuvo hasta la semana 12, que incluyó 230 g de harina de soya, que es un alimento de difícil asimilación por el ternero en esta etapa.

As a consequence, next to the third month of age (84 d), calves could double the LW they were born with, which corresponds to the stated Johnson (1996) and Ybalmea *et al.* (2013).

Table 5 shows LW and gains of females with intake of both combinations of milk replacers at different ages during the experimental period. LW of females, from 7 to 30 d of the experimental period, had no significant differences among treatments. After this stage, females from treatment 1 are disadvantaged regarding those from treatment 2, with inferior weights in each weighing, which differed ( $P < 0.001$ ) between them at 60 and 90 d. These results are related to characteristics and presentation of combined feeds offered in the second treatment. According Stobo *et al.* (1966, cit. by Guerreiro 1991) and Lesmeister and Heinrichs (2004), the inclusion of amounts of beginning concentrate, together with fiber intake (long hay, offered at will), improves ruminal and reticular capacity, may increase the weight of tissues, and exerts a physical stimulation in the early development of digestive tract in a complex stage for the improvement of calf gastrointestinal system, especially near 60 d old, corresponding to results of Plaza and Ybalmea (2008).

The DMG up to 30 d differ among treatments ( $P < 0.001$ ) and were better in the females from treatment 1 regarding those from 2, because of the presence of a calf with gastro-enteric disorders in this treatment.

In the second and third month, the DMG obtained in treatment 2 were superior to 450 g/d, confirming the efficiency of feed conversion, which was offered through the used combinations. Although calves, due to their natural and physiological condition, do not like to consume dry feeds at early ages (Ybalmea 2011). Animals will accept better this feed if it is palatable and has granulated appearance. This

Lo antes expuesto, unido al suministro de RaltecMilk-17-1 y RaltecStar T-1, a las hembras del tratamiento 2 a partir de la segunda semana hasta la séptima, posibilitó además del destete más precoz en este grupo, que se alcanzaran ganancias medias diarias de 482.22 g/d en el segundo mes de vida y 497.61 g/d en el tercero (tabla 5), valores superiores a las ganancias obtenidas en el tratamiento 1. Esto repercutió en que próximo al tercer mes de edad (84 d), las terneras pudieran duplicar el PV con el que nacieron, resultado que se corresponde con lo planteado por Johnson (1996) e Ybalmea *et al.* (2013).

La tabla 5 muestra el PV y ganancias de las hembras con consumo de ambas combinaciones de lactoreemplazantes en las diferentes edades durante el período experimental. El PV de las hembras, desde los 7 hasta los 30 d del período experimental, no difirió significativamente entre tratamientos. Después de esta etapa, están en desventaja las hembras del tratamiento 1 con respecto a las del 2, con pesos inferiores en cada uno de los pesajes realizados, que difirieron ( $P < 0.001$ ) entre ellos a los 60 y 90 d, resultados que se relacionan con las características y presentación de los alimentos combinados y ofrecidos en el segundo tratamiento. Según Stobo *et al.* (1966, cit. por Guerreiro 1991) y Lesmeister y Heinrichs (2004), la inclusión de cantidades de concentrado de inicio, conjuntamente con el consumo de fibra (heno largo ofrecido a voluntad), mejora la capacidad rumino-reticular y puede incrementar el peso de los tejidos, además de ejercer estímulo físico en el desarrollo temprano del tracto digestivo en una etapa compleja para el desarrollo del sistema gastrointestinal del ternero, sobre todo en el período cercano a los 60 d, argumentos que se corresponden con los resultados de Plaza e Ybalmea (2008).

Las GMD hasta los 30 d difieren entre ambos tratamientos ( $P < 0.001$ ) y fueron mejores en las hembras del tratamiento 1 con respecto a las del 2, a causa de la presencia de una ternera con trastornos gastroentéricos

Table 5. Liveweight and gains of females with intake of both combinations of milk replacers at different ages

Indicators	Stages of intake of two combinations of milk replacers		± SE	Signif.
	Treatment 1	Treatment 2		
	n=15	n=15		
Weight at 7 d	31.8	31.5	0.8	ns
Weight at 30 d	39.4 <sup>a</sup>	38.06 <sup>a</sup>	1.3	ns
Gain 7-30 d	251.1 <sup>b</sup>	217.7 <sup>a</sup>	28.0	***
Weight at 60 d	51.7 <sup>b</sup>	52.2 <sup>a</sup>	1.7	***
Gain 31- 60 d	431.1 <sup>b</sup>	482.2 <sup>a</sup>	43.0	***
Weight at 90 d	64.6 <sup>b</sup>	69.2 <sup>a</sup>	1.7	***
Gain 61-90 d	482.2 <sup>b</sup>	497.6 <sup>a</sup>	5.5	***
Gain 7-90 d	364.4 <sup>b</sup>	418.8 <sup>a</sup>	1.9	***

<sup>ab</sup> Values with different superscripts in the same line differ significantly at  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

\*\*\*  $P < 0.001$



contributes to increased ruminal fermentation from very early ages (Plaza 1983, Chongo *et al.* 2013), with good efficiency, reflected on high LW increase indexes.

Responses of calves from treatment 1 could be associate to the presence of soybean meal in the feed offered during the first stage of life. It is known that meal is difficult to assimilate by the calf after the first month of birth, due to its possible antitrypsic and antigenic effect, and to the limited availability of intestinal amylase, vegetable oils and fats, which are the worst used by calves, according to Toullec *et al.* (1975, 1994) and Ybalmea (2011).

It may be concluded that, among linear models, the square logarithmic had the best fit to express growth curves up to 90 d of age in Siboney of Cuba females, regardless of the use of different milk replacers, and of the combination of RaltecMilk 17-1 with RaltecStar T-1 obtained more favorable DMG from 30 to 90 d after birth. These values were very close to the 500 g/animal/d, and 69.2 kg of mean LW up to weaning, with respect to the use of the combination of Raltec-Milk 17-2 and Nuclimix (Campi) plus soybean meal.

Thanks to the Empresa Pecuaria Genética “Camilo Cienfuegos”, to workers of the artificial rearing unit 246 to allow the completion of the research process and to the Department of Biomathematics from the Institute of Animal Science for their help in data processing.

en este tratamiento.

En el segundo y tercer mes, las GMD obtenidas en el tratamiento 2 fueron superiores a los 450 g/d, lo que ratifica la eficiencia en la conversión del alimento ofrecido mediante las combinaciones empleadas. Aunque los terneros, por su condición natural y fisiológica, no apetecen consumir alimentos secos en edades tempranas (Ybalmea 2011), si el que se le ofrece es palatable y de apariencia granulada, la aceptación es mucho mayor. Esto contribuye al incremento de la fermentación ruminal desde edades muy tempranas (Plaza 1983, Chongo *et al.* 2013), con buena eficiencia reflejada en altos índices de incremento de PV.

Las respuestas de las terneras del tratamiento 1 se pudieron as<sup>o</sup>Ciar a la presencia de la harina de soya en el alimento ofrecido durante la primera etapa de vida. Se sabe que la harina es de difícil asimilación por parte del ternero luego del primer mes de nacido, debido a su posible efecto antitripsico y antigénico y a la limitada disponibilidad de amilasa intestinal, aceites y grasas vegetales, que son las de peor utilización por el ternero, según informan Toullec *et al.* (1975, 1994) e Ybalmea (2011).

Se concluye que entre los modelos lineales, el cuadrático logarítmico resultó el de mejor ajuste para expresar las curvas de crecimiento hasta 90 d de edad en hembras Siboney de Cuba, independientemente de la utilización de diferentes reemplazantes lecheros, y de que la combinación de RaltecMilk 17-1 con RaltecStar T-1 obtuvo GMD más favorables desde los 30 hasta los 90 d de nacidos, muy próximas a los 500 g/ animal/d, y PV medios de 69.2 kg hasta el destete, con respecto a la utilización de la combinación de Raltec-Milk 17-2 y Nuclimix(Campi) más harina de soya.

Se agradece a la Empresa Pecuaria Genética “Camilo Cienfuegos”, a los trabajadores de la recría artificial de hembras 246 por permitir la realización del proceso investigativo y al Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal por su ayuda en el procesamiento de los datos.

## References

- Alonso, A. C. 2015. Factores que afectan los indicadores de eficiencia en la producción de hembras en desarrollo Siboney de Cuba hasta primera lactancia, en la U.E.B "Loma de Candelaria". Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 110 p.
- Alonso, Á. C., Chongo, B., Zamora, A., Torres, V., Noda, A. C. & Acosta, F. 2014. “Growth curves of developing Siboney de Cuba females, up to 18 months old”. Cuban Journal of Agricultural Science, 48(3): 227–234.
- Arias, Y., Gonzales, P. D., Montes, I. & Domínguez, A. 2010. “Estimación de la curva de crecimiento en futuros sementales de la raza buffalypso”. Ciencia y Tecnología Ganadera, 4(3): 136–142, ISSN: 1999-4494, 1998-3050.
- Chongo, B., Zamora, A., Martínez, Y. & Alonso, A. 2013. “Actualidad y perspectivas de la crianza de terneros. Retos para el trópico”. In: IV Congreso Internacional de Producción Animal, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, p. 2102, ISBN: 978-959-7171-49-2.
- de Freitas, A. R. 2005. “Curvas de crescimento na produção animal”. Revista Brasileira de Zootecnia, 34(3), ISSN: 1516-3598, DOI: 10.1590/S1516-35982005000300010.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2001. InfoStat. version 2001, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Duncan, D. B. 1955. “Multiple Range and Multiple F Tests”. Biometrics, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Fabens, A. J. 1965. “Properties and fitting of the Von Bertalanffy growth curve”. Growth, 29(3): 265–289, ISSN: 0017-4793.
- Fernández, L. 2004. Modelos Estadísticos–Matemáticos en el análisis de la curva de lactancia y factores que afectan en el genotipo Siboney de Cuba. Ph.D. Thesis, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 113 p.

- Gregorich, J. 1992. Comportamiento de la actividad estral y la fertilidad en rebaños Siboney. Graduated Thesis, Universidad de Granma, Granma, Cuba, 72 p.
- Guerra, C. W., Cabrera, A. & Fernández, L. 2003. "Criteria for the selection of statistical models in scientific research". Cuban Journal of Agricultural Science, 37(1): 3–10, ISSN: 2079-3480.
- Guerreiro, R. 1991. Factores que influyen en el comportamiento en la recría Anacaona, de la Empresa Pecuaria Genética Bacuranao. Graduated Thesis, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 84 p.
- IBM Corporation 2003. IBM SPSS Statistics. version 11.5, [Windows], U.S: IBM Corporation, Available: <<http://www.ibm.com>>.
- Johnson, E. R. 1996. "Neonatal growth and development of the bovine stomach". Animal Production in Australia, 21: 211–214, ISSN: 0728-5965.
- Lesmeister, K. E. & Heinrichs, A. J. 2004. "Effects of Corn Processing on Growth Characteristics, Rumen Development, and Rumen Parameters in Neonatal Dairy Calves". Journal of Dairy Science, 87(10): 3439–3450, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73479-7.
- López, D. 1983. Características de la población base de un nuevo genotipo lechero tropical: El Siboney de Cuba. Ph.D. Thesis, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez», La Habana, Cuba, 221 p.
- Marquardt, D. W. 1963. "An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters". Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11(2): 431–441, ISSN: 0368-4245, 2168-3484, DOI: 10.1137/0111030.
- Mejías, R. A. 2008. Sistema para la producción de hembras bovinas de reposición con as<sup>o</sup>Ciación de gramíneas con leguminosas. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 108 p.
- Plaza, J. 1983. Efecto del alimento fibroso en el comportamiento y desarrollo ruminal de los terneros. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 201 p.
- Plaza, J. & Ybalmea, R. 2008. "Effect of whole milk and milk replacers on the behavior of replacement female calves". Cuban Journal of Agricultural Science, 42(4): 351–354, ISSN: 2079-3480.
- Ratkowsky, D. A. 1983. Nonlinear regression modeling: a unified practical approach. (ser. Statistics, textbooks and monographs, no. ser. 48), New York: M. Dekker, 276 p., ISBN: 978-0-8247-1907-4.
- Robert-Granié, C., Heude, B. & Foulley, J. L. 2002. "Modelling the growth curve of Maine-Anjou beef cattle using heteroskedastic random coefficients models". Genetics Selection Evolution, 34(4): 423, ISSN: 1297-9686, DOI: 10.1186/1297-9686-34-4-423.
- Stobo, I. J., Roy, J. H. & Gaston, H. J. 1966. "Rumen development in the calf. 1. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development". The British Journal of Nutrition, 20(2): 171–188, ISSN: 0007-1145.
- Torres, V., Barbosa, I., Meyer, R., Noda, A. & Sarduy, L. 2012. "Criteria of goodness of fit test in the selection of non-linear models for the description of biological performances". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(4): 345–350, ISSN: 2079-3480.
- Toullec, R., Lallès, J. P. & Bouchez, P. 1994. "Replacement of skim milk with soya bean protein concentrates and whey in milk replacers for veal calves". Animal Feed Science and Technology, 50(1–2): 101–112, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/0377-8401(94)90012-4.
- Toullec, R., Patureau-Mirand, P., Thivend, P. & Vermorel, M. 1975. "Bases physiologiques de la réalisation des aliments d'allaitement pour veaux". Alimentation et la Vie, 63: 70, ISSN: 0065-6267.
- Visauta, V. B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows: estadística multivariante. Madrid, España: McGraw-Hill, 358 p., ISBN: 978-84-481-2074-0.
- Ybalmea, R. 2011. Contribución al uso de reemplazantes lecheros de producción nacional en la alimentación de terneros. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 143 p.
- Ybalmea, R., Alonso, A., Marrero, D. & Fernández, L. 2013. "Uso de reemplazantes lecheros (RL), en la crianza artificial de terneros, en condiciones de producción". In: IV Congreso Internacional de Producción Animal, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, pp. 2108–2113, ISBN: 978-959-7171-49-2.

**Received: July 18, 2016**