

ANÁLISIS DE TRES PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE MAUTAS MESTIZAS BAJO DIFERENTES REGÍMENES NUTRICIONALES.

Analysis of Three Statistical Procedures to Evaluate Growth in Crossbred Heifer Under Different Nutritional Levels.

*Decio Martín González Villalobos*¹, *Javier Goicochea Llaque*¹, *Armando Arturo Quintero Moreno*¹,
*Jorge Luis Rubio Guillén*¹ y *José Atilio Aranguren Méndez*¹

¹ *Unidad de Investigación en Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia (LUZ).
Apdo. 15252. 4005-A. Maracaibo, Venezuela. E-mail: dgonzale@luz.edu.ve*

RESUMEN

Existen investigaciones donde se miden variables en varios períodos de tiempo sobre el mismo animal. Este tipo de información puede analizarse estadísticamente mediante tres opciones: Análisis univariados con la instrucción RANDOM del GLM; Análisis univariados o multivariados a través de transformaciones lineales mediante la instrucción REPEATED del GLM; y con modelos mixtos de covarianza con el procedimiento MIXED. Con el objetivo de evaluar estos tres métodos estadísticos y conocer cual es más preciso, se analizaron durante 7 meses los pesos corporales quincenales de una finca ubicada en el estado Táchira, Venezuela, (bosque húmedo tropical), donde 30 mautas mestizas con un peso y edad promedio de $176,9 \pm 24,6$ Kg y $17,22 \pm 2,23$ meses respectivamente, fueron distribuidas aleatoriamente dentro tres grupos de suplementación: (1) Control, (2) Alimento balanceado comercial, y (3) Harina de *Gliricidia sepium* con harina de maíz y melaza. Se obtuvieron estructuras de covarianzas, comparándose el procedimiento GLM con sus instrucciones RANDOM y REPEATED vs. el procedimiento MIXED en sus opciones CS, UN y AR1, todas del paquete estadístico SAS. Como variable respuesta se evaluó el peso de las mautas durante el período del ensayo y como variable independiente el grupo de suplementación, el período y la interacción lineal entre ambas. Así mismo, al realizar el análisis de la varianza utilizando la estructura de errores más indicada, se pudo corroborar que existe una interacción significativa entre el tratamiento y el período ($P < 0,01$), es decir, que las curvas de crecimiento tienden a no ser paralelas. Los resultados indican que el análisis más ajustado es el Pro-

cedimiento MIXED con la opción AR1, ya que permite ajustar la matriz de covarianza.

Palabras clave: Crecimiento, medidas repetidas, comparación estadística, mautas.

ABSTRACT

There are investigations where variables are measured in periods of time on the same animal. This type of information should be analyzed statistically through three ways: univariate analyses with the RANDOM statement of the GLM procedure; univariate or multivariate analysis with the method of lineal transformations with the REPEATED statement of the GLM; and with mixed models of covariance with the MIXED procedure. With the objective of evaluating these three statistical methods and to know the most precise, biweekly live weight coming from a rehearsal carried out located in the Tachira State, Venezuela (topical damp woods) was analyzed during 7 weeks, where 30 crossbred heifers with an average weight and age of 176.9 ± 24.6 Kg and 17.22 ± 2.23 months respectively, were randomly distributed between three groups: (1) control, (2) balanced commercial feed, and (3) Flour of *Gliricidia sepium* with flour of corn and molasses. It was modeled covariance structures, comparing the GLM procedure with its RANDOM and REPEATED statements vs. the MIXED procedure in its CS, UN and AR1 options, of the statistical package SAS. As dependent variable it was studied the weight of the heifers during the assay period and as independent variables the supplementation group, the period and the linear interaction among both. When carrying out the analysis of variance using the most suitable structure of errors, it can be conclude that there was a significant interaction

between treatment and period ($P < 0.01$), and that is to say that the curves of growth spread unless parallel. Results indicate that the best fitting analysis is the Proc MIXED with the AR1 option, since it allows to adjust the covariance womb.

Key words: Growth, repeated measures, statistical comparison, heifers.

INTRODUCCIÓN

En las investigaciones con animales para determinar ciertos efectos, biológicos o no, es indispensable que se tomen varias observaciones (medidas) sobre el mismo animal en una secuencia de períodos de tiempo sucesivos, esta condición se conoce como modelo experimental basado en “medidas repetidas” y recientemente se han hecho disponibles, metodologías estadísticas para analizarlas efectiva y eficientemente [1, 10], siendo esta metodología, comúnmente usada cuando se miden las curvas de crecimiento en animales o para determinar la curva patrón del efecto de la administración de algunas drogas. Este tipo de modelo involucra por lo tanto, que un animal o grupo de animales sean asignados aleatoriamente dentro de uno o de diferentes tratamientos y la respuesta del animal o animales a dicho tratamiento será evaluada realizando mediciones sucesivas en diferentes momentos en el tiempo.

Es así que los datos recolectados en los experimentos de medidas repetidas, proveen una visión de la tendencia de la respuesta en función del tiempo, en vez de los resultados estáticos ofrecidos por los modelos experimentales comúnmente utilizados, que miden la respuesta al inicio y al final del experimento. Un ejemplo de este tipo de experimento son aquellos diseñados para evaluar el crecimiento en función de varios regímenes nutricionales; en estos experimentos, la ración alimenticia es suministrada diariamente y son registrados los pesos corporales de cada animal en intervalos que pueden ir de días, semanas, hasta meses, dando como resultado curvas de crecimiento que muestran la tendencia de la respuesta del animal a la suplementación. El análisis estadístico para este tipo de data requiere una atención especial ya que se establecen patrones de correlación entre las observaciones, que pueden arrojar conclusiones inválidas al evaluarlas con los procedimientos utilizados para otros modelos que no involucren el factor tiempo, y que por otro lado, pudiera representar un desperdicio de información.

Para establecer curvas de crecimiento en función del tiempo y evaluar correctamente el efecto de diferentes factores como la raza, la estación, las condiciones nutricionales, etc., involucra la toma de observaciones en forma de “medidas repetidas”, las cuales han sido usadas comúnmente en investigaciones con animales, plantas y humanos por décadas, pero sólo recientemente se han hecho disponibles metodologías estadísticas para analizarlas efectiva y eficientemente [8, 10, 13]. En estos experimentos, el interés se centra en conocer cómo cambia la media de la variable respuesta de cada tratamiento y cómo van cambiando las diferencias entre las medias de los tratamientos en función

del tiempo. Este tipo de información puede ser analizada estadísticamente mediante tres vías: El análisis univariado, los análisis multivariado y univariado de contraste de variables y análisis basados en modelos mixtos con estructuras paramétricas especiales en las matrices de covarianzas [10].

Los análisis de medidas repetidas se han abocado como un tipo de experimento factorial, donde el tratamiento y el tiempo son los dos factores [8]. El procedimiento más básico para este tipo de experimento es el de parcelas divididas (split-plot), donde la parcela principal es la unidad experimental y la sub-parcela es el período. Este se realiza a través del análisis de varianza univariado utilizando la instrucción RANDOM del GLM. Esta instrucción permite el cálculo de los denominadores para el cálculo de F en un experimento de parcelas divididas. Sin embargo, para que este procedimiento sea válido se requiere que: 1) las mediciones deben tener la misma varianza en todos los períodos; 2) la correlación entre dos mediciones sucesivas o separadas en el tiempo sobre un mismo animal sea igual. Esta condición se denomina condición de Huynh-Feldt [10].

Analizar la data sin tomar en cuenta la estructura de covarianza (análisis univariado) puede resultar en conclusiones incorrectas, mientras que evadiendo el problema (análisis de contraste de variables) resulta en un análisis ineficiente que tendería a un desperdicio de la data. El procedimiento MIXED del SAS se hizo disponible desde 1992 y fue diseñado para el análisis de medidas repetidas [10]. Este procedimiento permite modelar la estructura de covarianza más indicada según la naturaleza de la data, proveyendo errores estándar válidos para evaluar las medidas repetidas de una forma correcta o bien para encontrar la forma más eficiente [1]. Para realizar el análisis con el procedimiento MIXED se utiliza la instrucción RANDOM (que ajusta la variación entre animales) y la instrucción REPEATED (que ajusta la covariación de las observaciones dentro de cada animal), acompañada de una opción que asume una estructura de covarianza de los datos que sea ajustada a la naturaleza de los mismos. Las bases teóricas sobre estas estructuras han sido descritas por Searle y col. [14], sin embargo, las más utilizadas son: la compuesta simétrica (CS), la no estructurada (UN) y la autoregresiva de orden 1 (AR) [1].

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de tres regímenes nutricionales sobre la estimación del crecimiento en mautas mestizas a pastoreo mediante tres métodos estadísticos: el Análisis de la Varianza Univariado utilizando el procedimiento GLM con la condición RANDOM, el Análisis de contraste de variables usando la condición REPEATED del procedimiento GLM, y el análisis de modelos mixtos usando el procedimiento MIXED.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del ensayo

La investigación se realizó en una finca comercial de nombre “La Duquesa”, ubicada en el sector “Río Grande”, mu-

nicipio Panamericano, estado Táchira, Venezuela, dedicada a la ganadería de doble propósito tendiente a la producción de leche, con un rebaño de animales mestizos cuyas razas predominantes son Holstein, Pardo Suizo y Brahman. Esta zona posee una temperatura anual promedio entre 24 y 28°C, con precipitaciones medias anuales entre 1100 y 2200 mm, siendo los meses más húmedos abril, mayo, octubre y noviembre, y los meses más secos diciembre, enero, febrero y agosto, agroecológicamente se clasificaría como un bosque húmedo tropical [7].

Unidades experimentales y manejo

Se analizaron 509 registros de pesos corporales tomados quincenalmente por un período de 7 meses, de un grupo de (30) treinta mautas mestizas tipo “mosaico perijanero”, nacidas en el último semestre de 1997 a partir de madres primíparas y múltiparas, iniciándose con un peso y una edad promedio de 176,9 kilogramos y 17,22 meses, respectivamente. Las mismas fueron distribuidas equitativamente y de forma aleatoria en tres grupos experimentales: 1) solo pastoreo, 2) suplementadas con alimento concentrado y 3) suplementadas con matarratón. Todos los grupos permanecían durante el día y la noche en potreros rotacionales, con gramíneas, cuya especie predominante es el Tanner (*Brachiaria arrecta*), con períodos de ocupación de 3 a 4 días y períodos de descanso de 21 a 25 días y una disponibilidad permanente de agua fresca. Diariamente los animales eran llevados a la misma hora desde el potrero donde pastoreaban, a corrales separados por grupos, donde recibían la ración y sales minerales *ad libitum*, luego eran regresados al potrero. Las mautas que constituían el grupo 2, fueron suplementadas con 1,5 Kg/animal/día de un alimento concentrado comercial (V35, Procría®), suministrado en comederos comunes. El grupo 3, recibió 2 Kg/animal de harina de *G. sepium* mezclada con harina de maíz comercial (Procría®) y melaza en una proporción de 30; 50 y 20 por ciento respectivamente, igualmente suministrada en comederos comunes; y el grupo 1 constituyó el control, permaneciendo exclusivamente bajo pastoreo.

Análisis Estadístico

Para evaluar el análisis estadístico que permita medir adecuadamente el efecto que tiene el tipo de suplemento sobre el patrón o curva de crecimiento de los animales, se probaron varias alternativas de análisis de las observaciones en medidas repetidas. En primer lugar se utilizó un arreglo de parcelas divididas en el tiempo, asumiendo una estructura del error correcta mediante el uso de la instrucción RANDM con la opción TEST del GLM [13]. En segundo lugar, se pasó por alto la estructura de covarianza del error y se utilizó el análisis de contraste de variables usando la instrucción REPEATED del GLM [13]. Y por último, se probaron opciones alternativas concernientes a la estructura de covarianza de los errores utilizando un modelo mixto (PROC MIXED) [13]. Las estructuras de error evaluadas para el modelo mixto fueron las de simétrica

compuesta (CS), No Estructurada (UN), y Autorregresiva de Orden 1 (AR1).

En la estructura AR(1), la varianza entre las medias J y J' en el tiempo o período j está determinada por $Cov(e_j, e_{j'}) = \delta_e^2 j^{j'}$, expresada en términos de los elementos del modelo matemático, donde j se define como el j -ésimo período, δ_e^2 es la varianza común en todas las observaciones y es la correlación estimada entre las mediciones realizadas sobre la unidad experimental [14].

Mediante el modelo se consideraron como efectos fijos las variables discretas e independientes: tipo de suplemento nutricional y el período de evaluación, así como la interacción entre ambas, y como variable dependiente (Y) el peso de las mautas durante el período de evaluación (7 meses). Fue necesario estructurar dos grupos de datos; uno que tuviera que ver con los análisis univariados y multivariados del procedimiento Modelo Lineal General (GLM) y otro con, el análisis clásico en parcelas divididas en el tiempo, así como, con el procedimiento de modelos mixtos.

El modelo matemático que explica el comportamiento de la variable en estudio correspondió a:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + P_j + \tau P_{ij} + E_{ijk} \text{ Donde:}$$

Y_{ijk} = variable respuesta, en Kg de peso vivo.

μ = Media general de las observaciones.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1,2,3$).

P_j = Efecto del j -ésimo período ($j=1,2,\dots,9$).

τP_{ij} = Efecto de la interacción del j -ésimo período por el i -ésimo tratamiento

E_{ijk} = Efecto de los factores no controlables sobre las unidades experimentales.

En el modelo anterior se asume que el error experimental (E_{ijk}) es normal e independientemente distribuido con media cero (0) y varianza σ_e^2 DNI- (0, σ^2) (bajo el análisis por el GLM tradicional).

Cuando se detectaron diferencias significativas entre los factores, se utilizó la instrucción LSMEANS para efectuar comparaciones de medias mediante prueba de t [13].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente, luego de realizar el análisis univariado con el PROC GLM de la instrucción RANDOM y el análisis univariado-multivariado con la instrucción REPEATED, se obtuvo la matriz de los coeficientes de correlación entre períodos de observación, obtenidos con las sumas de cuadrados y sumas de productos de los errores del modelo con los efectos de tratamiento, período y la interacción de tratamiento por período, la cual se muestra en el TABLA I. En la misma, puede apreciarse el descenso de los valores de correlación entre los pesos cor-

TABLA I
MATRIZ DE CORRELACIONES PARCIALES COMPUTADOS MEDIANTE SUMA DE CUADRADOS Y SUMA DE PRODUCTOS DE LOS RESIDUALES / MATRIX OF PARTIAL CORRELATIONS. CALCULATED BY SQUARES SUM AND SUM OF RESIDUAL PRODUCTS.

		Períodos de Observación								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
P	1	1,00	0,97	0,96	0,94	0,91	0,90	0,87	0,83	0,81
E	3		1,00	0,97	0,95	0,92	0,91	0,89	0,85	0,83
R	5			1,00	0,98	0,95	0,95	0,94	0,90	0,88
I	7				1,00	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91
O	9					1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
D	11						1,00	0,98	0,97	0,95
O	13							1,00	0,98	0,96
S	15								1,00	0,98
	17									1,00

Grados de Libertad=27
 Todos los valores son altamente significativos (P<0,0001).

TABLA II
ANÁLISIS DE LA VARIANZA UTILIZANDO PROCEDIMIENTO GLM DEL SAS CON LA INSTRUCCIÓN RANDOM (ANÁLISIS UNIVARIADO) Y LA INSTRUCCIÓN REPEATED (ANÁLISIS UNIVARIADO Y MULTIVARIADO) / ANALYSIS OF VARIANCE USING PROCEDURE GLM OF SAS WITH THE INSTRUCTIONS RANDOM (UNIVARIATE ANALYSIS) AND REPEATED (UNIVARIATE AND MULTIVARIATE ANALYSIS)

Fuente	GLM RANDOM		GLM REPEATED								
	F	Pr>F	Univariado				Wilks' Lambda		Roy's Greatest Root		
			F	Pr > F	G - G**	H - F***	F	Pr>F	F	Pr>F	
Tratamiento	238,91	<0,001									
Numero (Trat)	131,51	<0,001									
Periodo	475,37	<0,001	451,73	<0,001	<,0001	<,0001	101,11	<,0001	101,11	<,0001	
Trat*Periodo	4,15	<0,001	3,93	<0,001	0,0036	0,0017	3,25	0,0027	6,24	0,0013	

** Ajuste Greenhouse-Geisser
 *** Ajuste Huynh-Feldt

porales a medida que aumentan los períodos, notándose que la misma tiende a decrecer a medida que transcurre el tiempo. Esta situación es típica de la estructura de covarianza de las medidas repetidas y sugiere que este patrón puede ser modelado matemáticamente [10]. De estas dos opciones, la opción REPEATED, indicada en el procedimiento GLM, permite una mejor inferencia al corregir las correlaciones entre los errores, siempre y cuando cumpla con la prueba de esfericidad y la condición Huynh-Feldt, aunado a que no falten datos, ya que este procedimiento elimina toda la información del sujeto, infiriendo erradamente.

Por esta razón, la prueba de la condición Huynh Feldt (H-F) (prueba de esfericidad), aplicada a los componentes ortogonales presentó una aproximación de χ^2 (ji cuadrado) de 600,33 con 135 grados de libertad, la cual resultó altamente significativa (P<0,001), es decir, dicha condición no se cumple. Estas dos situaciones dan como resultado que la discusión e infe-

rencia de los efectos fijos en base a estos procedimientos sean inválidos aunque en el análisis de la varianza haya dado como resultado diferencias significativas (TABLA II).

Debido a que no se reúne la condición H-F un procedimiento muy ajustado para el análisis de los datos es el MIXED, para lo cual primero se procedió a seleccionar la estructura de covarianza de los errores más apropiada, información suministrada por los criterios Bayesiano de Schwarz o de Información de Akaike (TABLA III), de acuerdo a los cuales, la mejor estructura de error es la autorregresiva de orden 1, es decir, se seleccionó la estructura que presenta su valor más cercano a cero [10].

Trabajos previos en animales mestizos (mosaico perijanero) han recomendado una matriz no estructurada para el análisis estadístico del crecimiento en función del tiempo (medidas repetidas) [1], mientras que en ganado mestizo Holstein-Guzerat se ha reportado el uso de una estructura com-

TABLA III
VALORES DE LOS COEFICIENTES DEL CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE (AIC) Y DEL CRITERIO BAYESIANO DE SCHWARZ (SBC) PARA LAS DIFERENTES MATRICES DE VARIANZA-COVARIANZA DEL ERROR EN LA INTERACCIÓN PESO POR PERÍODO / INTERACTION BODY WEIGHT X PERIOD. COEFFICIENTS OF INFORMATION AKAIKE (AIC) AND BAYESIAN OF SCHWARZ (SBC) FOR DIFFERENT MATRIX OF VARIANCE-COVARIANCE OF THE ERROR.

Coeficiente	Estructuras Matriciales de Varianza-Covarianza del Error		
	Autoregresiva de orden 1	Compuesta simétrica	No Estructurada
AIC	-826,539	-924,798	-843,651
SBC	-830,032	-928,291	-922,245

TABLA IV
PESO VIVO SEGÚN TRATAMIENTO, PERÍODO E INTERACCIÓN TRATAMIENTO POR PERÍODO UTILIZANDO LA MATRIZ DE VARIANZA-COVARIANZA DEL ERROR CORRESPONDIENTE A LA AUTORREGRESIVA DE ORDEN 1 / BODY WEIGHT ACCORDING TREATMENT, PERIOD AND TREATMENT x PERIOD INTERACTION USING THE MATRIX VARIANCE-COVARIANCE FROM THE ERROR CORRESPONDING TO THE ORDER 1 AUTORREGRESSIVE

Fuente	Grados de Libertad del Numerador	Grados de Libertad del Denominador	Valor de F	Pr>F
Tratamiento (T)	2	27	1,82	0,1807
Período (P)	8	216	229,57	0,0001
T*P	16	216	9,16	0,0001

² = 713,3424., P = 0,98., n= 509 pesos.

TABLA V
MEDIAS MÍNIMAS CUADRÁTICAS DE LOS PESOS POR PERÍODOS DE OBSERVACIÓN AJUSTADAS UTILIZANDO LA MATRIZ DE VARIANZA-COVARIANZA DEL ERROR CORRESPONDIENTE A LA AUTORREGRESIVA DE PRIMER ORDEN AFECTADOS POR EL TIPO DE SUPLEMENTACIÓN / BODY WEIGHT BY PERIOD OF OBSERVATION INFLUENCED BY TYPE OF DIET. ADJUSTED BY USING THE MATRIX OF VARIANCE-COVARIANCE OF THE ERROR CORRESPONDING TO FIRST ORDER AUTORREGRESSIVE.

Período	Alimento Balanceado		Suplemento con <i>Gliricidia sepium</i>		Control	
	\bar{X}	EE	\bar{X}	EE	\bar{X}	EE
1	172,9	8,88	180,0	8,88	178,0	8,88
3	208,1	8,88	204,1	8,88	193,4	8,88
5	218,3	8,88	226,7	8,88	212,1	8,88
7	234,0	8,88	240,9	8,88	222,1	8,88
9	247,8	8,88	257,5	8,88	230,5	8,88
11	264,4	8,88	270,5	8,88	238,7	8,88
13	275,5	8,88	281,0	8,88	247,0	8,88
15	290,9	8,88	302,7	8,88	269,4	8,88
17	307,2	8,88	315,2	8,88	282,8	8,88

\bar{X} = Medias Ajustadas. EE = Error Estándar.

puesta simétrica para medir la relación entre el peso corporal con la edad [12].

La TABLA IV presenta el análisis de la varianza utilizando la estructura de errores más indicada, donde se puede concluir que existe una interacción significativa entre las variables tratamiento y período ($P < 0,01$), es decir, que las curvas de crecimiento tienden a no ser paralelas. Esto indica que el análisis realizado fue capaz de determinar que la variable independiente (tratamiento) tiene un efecto acumulado sobre las unidades experimentales en función del tiempo.

En la TABLA V se muestran las medias marginales para esta interacción, mientras que en la TABLA VI se muestran las pruebas de F para las comparaciones ortogonales de estas medias. Puede observarse que las diferencias estadísticas comienzan a presentarse entre los tratamientos 1 y 3 desde el período 9, mientras que entre el 1 y 2 desde el período 11. Así mismo, entre los tratamientos 3 y 2 nunca se presentan diferencias.

Las curvas de crecimiento para los tres tratamientos se aprecian en la FIG. 1. En la misma pueden corroborarse diferencias en los pesos promedios obtenidos por la respuesta a

TABLA VI

VALORES DE F DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES DE LAS MEDIAS MÍNIMAS CUADRÁTICAS DE LOS PESOS POR PERÍODOS DE OBSERVACIÓN AJUSTADAS UTILIZANDO LA MATRIZ DE VARIANZA-COVARIANZA DEL ERROR CORRESPONDIENTE A LA AUTORREGRESIVA DE PRIMER ORDEN AFECTADOS POR EL TIPO DE SUPLEMENTACIÓN. BODY WEIGHT BY PERIOD OF OBSERVATION INFLUENCED BY TYPE OF DIET. LEAST SQUARE MEANS ADJUSTED BY USING THE MATRIX OF VARIANCE-COVARIANCE OF THE ERROR CORRESPONDING TO FIRST ORDER AUTORREGRESSIVE.

Contraste	Períodos de Observación																	
	1		3		5		7		9		11		13		15		17	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
1 vs. 2	0,16	n.s.	1,37	n.s.	0,24	n.s.	0,90	n.s.	1,89	n.s.	4,18	*	5,14	*	2,93	*	3,77	*
1 vs. 3	0,03	n.s.	0,72	n.s.	1,35	n.s.	2,24	n.s.	4,61	*	6,40	*	7,32	*	7,02	*	6,65	*
2 vs. 3	0,32	n.s.	0,10	n.s.	0,45	n.s.	0,30	n.s.	0,60	n.s.	0,24	n.s.	0,19	n.s.	0,88	n.s.	0,41	n.s.

(1) Control, (2) Alimento balanceado comercial y (3) Suplemento con *Gliricidia sepium*. P<0,05.

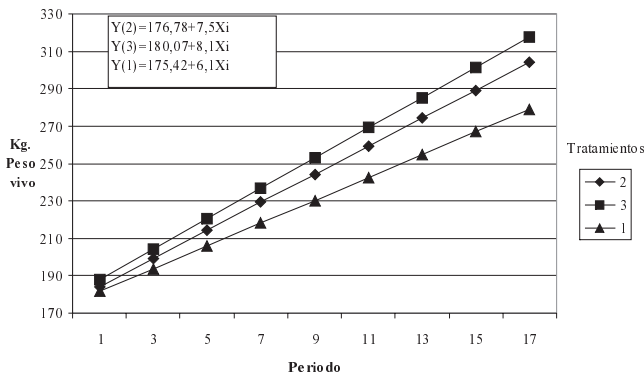


FIGURA 1. CURVAS DE CRECIMIENTO INFLUENCIADA POR EL TIPO DE SUPLEMENTACIÓN. DONDE (1) CONTROL, (2) ALIMENTO BALANCEADO COMERCIAL, (3) SUPLEMENTO CON *GLIRICIDIA SEPIUM* / GROWTH CURVES ACCORDING TYPE OF DIET. (1) CONTROL, (2) COMMERCIAL FEED, (3) SUPPLEMENT WITH *GLIRICIDIA SEPIUM*.

cada tratamiento durante el período de evaluación, observándose el mejor desempeño desde el inicio hasta el final para los animales suplementados con *G. sepium* (Tratamiento 3) y el desempeño más bajo para el control (Tratamiento 1), encontrándose el tratamiento 2 en un sitio intermedio, así mismo se puede notar que las curvas de crecimiento del tratamiento 2 y 3 son paralelas pero en relación con el tratamiento 1 no lo son. Esto indica que los patrones de crecimiento son afectados por la suplementación nutricional, es decir, las respuestas en ganancia de peso al suplementar con *G. sepium* a animales en crecimiento a pastoreo es comparable a la obtenida con alimentos balanceados comerciales. Adicionalmente se demuestra que, las curvas de crecimiento durante el ensayo tienden a ser lineales, lo cual se justifica debido a que el período de evaluación es relativamente corto y no permite la observación de la inflexión puberal, en concordancia con lo expresado por otros investigadores [16].

Se debe destacar que la suplementación nutricional en mautas en crecimiento, en base a pastoreo permite obtener patrones de crecimiento durante el período anterior a la incorporación de la hembra a la reproducción, que garantice un desempeño eficaz de la misma en la primera gestación y lactancia [11]. Esta suplementación, principalmente la proteica, es posible realizarla con fuentes alternativas como la *G. sepium*. En Venezuela, al incluir *G. sepium* en la dieta de novillas se han reportado valores de crecimiento superiores a las encontradas exclusivamente a pastoreo [2, 4, 6, 9, 15, 18, 19]. Así mismo, otro investigador [17] encontró ganancias de peso en búfalas en crecimiento suplementadas con hojas de *G. sepium* que no fueron diferentes con aquellas suplementadas con harina de pescado. Siendo estos resultados atribuibles a que el efecto de la *G. sepium* sobre la ganancia de peso puede deberse a que al suministrar su follaje, mejora el balance de nitrógeno producto de una liberación más lenta del amonio contenido dentro de la pared celular, haciéndolo disponible por más tiempo para la síntesis de proteína microbiana [2, 5]. En adición, la mayor cantidad de amonio en el rumen mejora la digestibilidad de la materia orgánica del material fibroso consumido [3].

CONCLUSIONES

A raíz de los resultados obtenidos, se puede indicar que la suplementación energético-proteica aumenta la tasa de crecimiento, reduciendo el retraso con respecto a los patrones de crecimiento, y optimizando por lo tanto el tiempo en mautas mestizas en comparación con aquellas que estuvieron exclusivamente a pastoreo.

Así mismo, este trabajo reafirma que el método más ajustado para realizar el análisis estadístico de las medidas repetidas para evaluar el crecimiento en mautas mestizas bajo regímenes nutricionales, es el de modelos mixtos, ya que permite ajustar la matriz de covarianza y dentro de la misma, la mejor resultó ser la opción autorregresiva de orden 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARANGUREN-MÉNDEZ, J.; ROMÁN, R.; ISEA, W.; VILLASMIL, Y. Evaluación predestete de becerros cruzados utilizando medidas repetidas. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. X (3):240-250. 2000.
- [2] CAMERO, A. Poro (*Eritrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos para la producción de leche en vacas alimentadas con heno jaraguá (*Hyparrhenia rufa*). **Past. y forr.** 16:71-79. 1993.
- [3] CHACÓN, L. Principales aspectos de manejo y uso de leguminosas y cultivos estratégicos en la región suroeste de Venezuela. En: Clavero, T. **Estrategias de alimentación para la ganadería tropical**. Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. LUZ . 123-179 pp. 1998.
- [4] CLAVERO, T. Las leguminosas arbóreas: Una alternativa de forraje para la cuenca del lago de Maracaibo. En: **III Curso sobre producción e investigación en pastos tropicales**. Facultad de Agronomía – LUZ. Maracaibo, 12-15 de abril, Venezuela: 40-59pp. 1993.
- [5] CLAVERO, T.; ROMERO, F.; RAZZ, R.; RODRÍGUEZ, A. Metabolismo de nitrógeno en ovinos suplementados con *Gliricidia sepium*. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. VII (2): 83-91. 1997.
- [6] ESCOBAR, A.; ROMERO, E.; OJEDA, A. El matarratón (*Gliricidia sepium*), un árbol multipropósito. Universidad Central de Venezuela. **Cuadernos técnicos de la fundación POLAR**. No. 3. 71 pp. 1996.
- [7] EWEL, J.; MADRIZ, A.; TOSI, A. **Zonas de vida de Venezuela**. Ministerio de Agricultura y Cría/ Dirección de Investigación. 2da Ed. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela, 264 pp. 1968.
- [8] GILL, J.; HAFS, A. Analysis of repeated measurements of animals. **J. Anim. Sci.** 33:331-342. 1971.
- [9] ISIDOR, M. Observaciones y experiencias en el comportamiento productivo del ganado de leche y/o carne consumiendo leguminosas. En: Clavero, T: (Ed) **Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical**. Universidad del Zulia. 67-80 pp. 1996.
- [10] LITTELL, R.; MILLIKEN, W.; WALTER, S.; WOLFINGER, R. SAS system for mixed models. Cary, NC. **SAS Institute Inc.** 633 pp. 1996.
- [11] LOPÉZ, D.; HERNÁNDEZ, I. Características de crecimiento a la incorporación en hembras 5/8 H 3/8 C. **Rev. Cub. Cs. Vet.** 30(3):301-308. 1989.
- [12] MADALENA, F.; TEODORO, R.; MADUREIRA, A. Relationships of weight and height with age in hybrid Holstein-Friesian/Guzera females. **Genet Mol Res.** 2 (3):271-278. 2003.
- [13] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Software: changes and enhancements trough release 6, 11. Cary, NC. 1996.
- [14] SEARLE, S.; CASELLA, G.; MC CULLOCH, C. Variance components. In: **Wiley series and mathematics statistics**. John Willey & Sons, Inc. New York. 501pp. 1992.
- [15] SEJÍAS, J.; ARREDONDO, B.; TORREALBA, H.; COMBELLAS, J. Influence of *Gliricidia sepium*, multinutritional blocas and fish meal on live weight gain and rumen fermentation of growing cattle in grazing conditions. **Livest. Res. for Rural Develop.** 6 (1): 90-100. 1994.
- [16] SWATLAND, H. **Structure and development of meat animals**. Prentice Hall Inc., New Jersey. 417 pp. 1984.
- [17] TAAL, R. The comparison of kakawate (*Gliricidia sepium*) and concentrate as a feed supplement to growing Murrah crossbred heifers grazing on improved pasture. **CMU – Res. J.** 7:46-69. 1994.
- [18] VÁSQUEZ, P. Uso de los bloques multinutricionales con la incorporación de heno de matarratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de novillas de ceba. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. VIII (Supl 1):30-33. 1998.
- [19] ZAMORA, D.; APARICIO, J.; GABALDÓN, L.; ESCOBAR, A.; COMBELLAS, J. Suplementación de Ensilaje de sorgo con *Gliricidia sepium* en bovinos postdestete. **Archiv. Latinoam. de Prod. Anim.** 2:161-168. 1994.