



Crecimiento de novillas Brangus en la Hacienda Majavita Universidad Libre Seccional Socorro



Olga Ximena Aguilar Galvis¹

¹Zootecnista. MSc Producción Animal. Docente Universidad Libre Seccional Socorro.
olga.aguilar@mail.unilibresoc.edu.co

Recepción Artículo Febrero 11 de 2013. Aceptación Artículo Marzo 15 de 2013

EL CENTAURO ISSN: 2027 - 1212

RESUMEN

Para que la producción bovina sea competitiva, sostenible y económicamente viable, es necesario llevar registros tanto productivos y económicos para una adecuada toma de decisiones. Los registros de peso de los animales son difíciles de interpretar a lo largo de la vida de éstos, el uso de modelos matemáticos ayuda a condensar la información y obtener parámetros con significado biológico. El Objetivo fue analizar el

Figura 1. Novilla de la Raza Brangus



desempeño de las novillas Brangus en condiciones de pastoreo en la Hacienda Majavita de la Universidad Libre. En esta investigación se utilizó el modelo Gompertz para describir el crecimiento corporal de las novillas de la raza Brangus. En la metodología se realizaron pesajes de 4 novillas de la raza Brangus en la Hacienda Majavita de la Universidad Libre, Seccional Socorro, cada 15 días durante el año 2012. Para obtener los parámetros del modelo Gompertz se procesaron los datos en el programa curve expert 1.3. En los resultados se encontró que el peso adulto es 534,8 kg con una tasa de maduración 0,003, la tasa de la máxima ganancia 0,602 kg/ animal/d, el peso al punto de inflexión 196,8 kg a una edad de 272 d. En conclusión se verificó que los parámetros del modelo tienen un significado biológico.

Palabras clave

Bovinos, ganancia de peso, gompertz, modelos de crecimiento, punto de inflexión, tasa de maduración.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, al igual que en otros países tropicales, se ha presentado una sustitución de las razas criollas por razas foráneas. En la actualidad los sistemas de producción ganadera buscan ser competitivos, sostenibles y económicamente viables, sin embargo, es necesario conocer el comportamiento de los recursos genéticos en las condiciones regionales. El programa de Zootecnia de La Universidad Libre introdujo animales de la raza Brangus en busca de obtener Mayor calidad de carne y mejor conversión alimenticia y de forma paralela, estudiar las características productivas y reproductivas en condiciones de tropicales en el municipio del Socorro, Santander.

1.1 Problema

Los registros de peso de las vacas a lo largo de la vida son difíciles de interpretar, el uso de los modelos matemáticos de crecimiento proveen una buena vía para condensar la información contenida en tales datos en pocos parámetros con un significado biológico (López de torres et al, 1992).

1.2 Justificación

Los modelos matemáticos aplicados al campo zootécnico constituyen herramientas de análisis que contribuyen a entender la dinámica de los sistemas, a partir de información estática. (Arango, Rivera y Granobles, 2000). Los modelos matemáticos se han venido utilizando para predecir el comportamiento animal en función del manejo de la alimentación. Estos modelos son capaces de caracterizar la respuesta animal y son útiles para determinar los requerimientos de forma dinámica (Sainz, Baldwin y Vernazza, 2001).

1.3 Antecedentes

Los modelos matemáticos se basan en la hipótesis de que una adecuada descripción de los conceptos biológicos, junto con la correcta aplicación de las herramientas matemáticas, otorgarán una Mayor precisión y aplicación de las que comúnmente se obtienen usando los modelos puramente empíricos (Sainz et al. 2001).

El modelo matemático de Gompertz es utilizado para describir la curva de crecimiento en varias especies. El crecimiento de los animales tiene forma sigmoideal y en ellos pueden ser diferenciadas las siguientes fases: Primera Fase de aceleración, esta fase idealmente debe tener su origen en el punto (0,0) y se caracteriza por que la velocidad de crecimiento es muy rápida y positiva llegando al máximo en el punto de inflexión de la curva. Segunda Fase de desaceleración, a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento comienza a disminuir en virtud de una serie de factores fisiológicos que frenan el crecimiento. Tercera Fase lineal, cuando el animal deja de crecer o el crecimiento puede ser considerado para la reposición de tejidos (Noguera, Pereira y Solarte, 2008)

Modelo matemático y $(t) = A \exp(-b \exp(-c*t))$

Y (t): es el peso del animal a la edad t

A: valor máximo asintótico de la curva o peso adulto, representa la estimativa del peso a la madurez, el parámetro "c" corresponde al índice de madurez o la estimativa de precocidad, cuanto Mayor sea este parámetro, más precoz es el animal y viceversa, el parámetro B es denominado parámetro de integración y no posee significado biológico.

1.4 Objetivo general

Analizar el desempeño productivo de las novillas Brangus en crecimiento en condiciones de pastoreo en la Hacienda Majavita, Socorro, Santander, Colombia utilizando el modelo matemático Gompertz.

1.5 Objetivos específicos

Determinar el crecimiento de novillas Brangus en las condiciones de la región de la provincia Comunera, Hacienda Majavita en el Socorro Santander.

Describir los parámetros de la curva de crecimiento de los animales de la raza Brangus en la Hacienda Majavita.

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Esta investigación es descriptiva, porque explica el

comportamiento productivo (curva de crecimiento) de las novillas Brangus en la hacienda Majavita durante el año 2012, además busca interpretar biológicamente los parámetros de modelo matemático Gompertz.

2.2 Localización

La investigación fue realizada en la Hacienda Majavita de la Universidad Libre Seccional Socorro, en el departamento de Santander, Colombia, Ubicada en Latitud 06° 28' 350 " N, longitud 73° 14' 981, a una altura de 1350 msnm con una temperatura 28°C.

2.3 Características del sistema productivo

Los datos de peso en este estudio se refieren a cuatro novillas de la raza Brangus (Figura 2, Tabla 1).

Tabla 1. Edad de las Novillas Brangus de la Hacienda Majavita

Identificación del animal	Nombre	Fecha de Nacimiento	Edad Meses*
8051	Le lala te	2/Mayo/2010	20.9
227 JJ	Rio Piedras	2/Junio/2010	19.8
1611	Betulia	1/Diciembre/2010	13.8
7312	Le ami te	3/Diciembre/2010	13.7

*Edad al momento de iniciar la toma de datos (Enero 2012)

Las animales se encontraban con un sistema de alimentación basado en pastoreo con suplemento mineral, agua a voluntad, más suplementación ensilaje de maíz y 1 kg de alimento balanceado durante el primer semestre del año (Marzo a Julio período 1), durante el segundo semestre se les proporcionó lo que lo que se encuentra en el período dos (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema de alimentación de Novillas Brangus, Hacienda Majavita (Kg / animal / día TCO1)

Ingrediente	Período 1	Período 2
Dieta Base	Pasto estrella y brachiaria <i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>
	Ensilaje Maíz	7,5
	Heno Guinea	-
		4,5
Suplementación	Alimento Balanceado	1,0
	Pollinaza	1,0
	Sal Mineralizada	<i>Ad libitum</i>
		<i>Ad libitum</i>

2.4 Técnicas e instrumentos

Los animales fueron pesados durante todo el año 2012 con una frecuencia de cada dos semanas. Se utilizó una balanza electrónica. Los datos de las novillas fueron procesados en el software Curve Expert 1.3®, para obtener los parámetros iniciales del modelo de Gompertz.

2.5 Variables

Ganancia de peso acumulada: se utilizó el peso de cada animal en el mes menos el peso al iniciar el 2012.

Ganancia diaria: es la diferencia entre el peso final menos el peso inicial de cada individuo, dividido entre número de días transcurridos en los dos períodos; se determinó por animal y adicionalmente se expresó como el promedio de los cuatro animales.

Función de Gompertz: Esta función de Gompertz al ser aplicada, describe el crecimiento desde el nacimiento (edad: 0), hasta la edad adulta.

$$\text{Modelo matemático } Y(t) = A \exp(-b \exp(-c*t))$$

Donde Y (t): peso del animal en el tiempo t; A: estimativa del peso de la madurez o peso adulto; B: parámetro de integración, no posee significado biológico; C: índice de madurez o estimativa de precocidad de madurez.

A partir de los parámetros del modelo de Gompertz se logran obtener otros parámetros con un significado biológico (Martínez et al, 2010):

- a) Velocidad de crecimiento es: la primera derivada puede escribirse como $dy/dt = cye^{b-ct}$, en otras palabras, este parámetro sirve para determinar la ganancia/día.
- b) Punto de inflexión: es el punto donde se encuentra la máxima ganancia, para determinar la edad al punto de inflexión se utilizan los parámetros= b/c; para determinar el peso de los animales donde se encuentra la máxima ganancia de peso se utiliza: $A/\exp(1)$.
- c) Tasa máxima de ganancia: (Ac/\exp)
- d) Tasa de madurez sexual: el porcentaje del peso adulto que se ha alcanzado en el tiempo t. $= Yt/ A = \exp(-\exp(b-(ct)))$

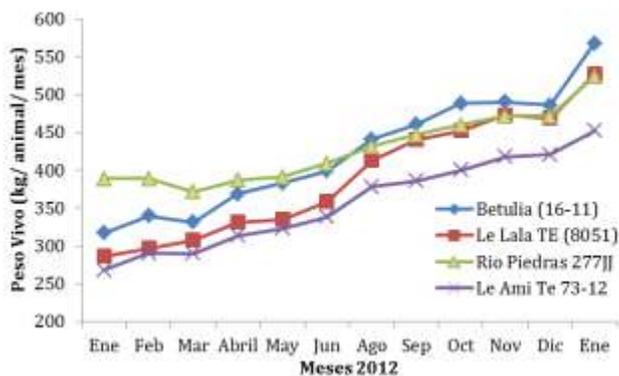
3. RESULTADOS

3.1 Desempeño productivo de las novillas Brangus en la Hacienda Majavita

A continuación se presentan los resultados del desempeño de las novillas Brangus durante el año 2012 en la Hacienda Majavita de la Universidad Libre Socorro, Santander.

En la Figura 2 se presenta la evolución del peso vivo de las novillas durante cada mes del año 2012. Estas hembras bovinas iniciaron con peso promedio de 314,9 kg/animal, la desviación fue de 53,2 kg y el coeficiente de variación de 16,9%. En Junio el peso promedio de las novillas fue de 376,1 kg con una desviación estándar de 33.2 kg y el coeficiente de variación de 8,8% y en Diciembre el peso promedio fue de 461,9 kg con una desviación de 28,3 kg y el coeficiente de variación de 6,1%, durante el transcurso del año la variación del peso de los animales disminuyó como lo evidencian las medidas de dispersión.

Figura 2. Crecimiento de las novillas Brangus en la Hacienda Majavita de La Universidad Libre Seccional Socorro



La expresión del fenotipo y genotipo de un animal es afectada por el medio ambiente, en el período comprendido entre Febrero y Marzo no se observó incremento del peso corporal, por el contrario estos animales presentaron pérdidas de peso (Figura 2), esta pérdida coincide con el período de menor producción de forraje debido a una menor precipitación. Debido a esta situación los animales recibieron una suplementación de ensilaje de maíz a

razón de un 7,5 kg Tal como se ofrece (TCO)/animal y suplementación de 1 kg de Alimento balanceado.

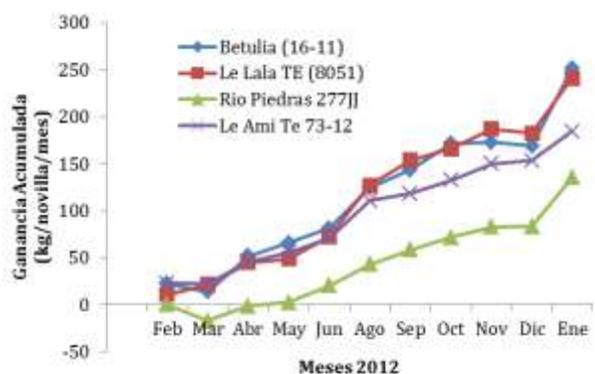
Las novillas incrementaron el peso aunque con diferentes tasas de crecimiento, la novilla 7312 inició y finalizó con los pesos más bajos a diferencia de las novillas 8051 y 1611 que presentaban pesos inferiores a la 227JJ, sin embargo, durante el transcurso del año igualaron o superaron el peso de animal 227JJ, (Figura 2).

3.1.1 Ganancia de peso acumulada:

Se observan diferencias entre la evolución de la ganancia de peso acumulada para la novilla Rio piedras 227JJ frente a las demás durante todo el transcurso del 2012. La novilla 227 JJ en los tres primeros meses del 2012 no incrementó el peso, la ganancia de peso acumulada fue de 0,0-17,0 y -1,5 kg para los meses Febrero, Marzo y Abril, respectivamente (Figura 3).

En las otras tres novillas: Betulia, Le lala Te y Le Ami Te, las ganancias de peso para los primeros seis meses fueron más homogéneas, la ganancia de peso en Febrero fue 18,8 kg promedio con una desviación de 6,8 kg; en Marzo la ganancia acumulada fue de 19,17 kg con una desviación de 4,48 kg, este incremento de peso fue mínimo asociado a la menor disponibilidad de forraje; en el mes Abril fue de 47,5 kg promedio con una desviación de 3,5, Mayo y Junio ganancia promedio de 56,8 y 75 kg con una desviación de 8,6 y 5,7 kg respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Ganancia de peso acumulada en las novillas de la Raza Brangus en la Hacienda Majavita

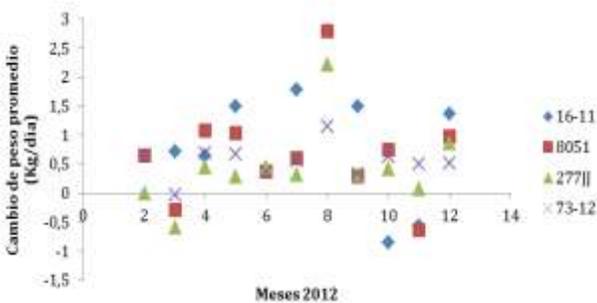


A partir del mes de Agosto las dos novillas más jóvenes Betulia (16,11) y Le lala te (8051) presentaron mayores ganancias acumuladas en comparación con la novilla Le Ami Te (73-12), esta diferencia en porcentaje fue de 13.6, 25.5, 27.4, 20.0 y 14.5 para los meses Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. A su vez las ganancias acumuladas para Betulia y Le lala te, frente a la novilla Rio piedras osciló en un rango de 191.9 y 110.5 % entre Agosto y Diciembre del 2012 (Figura 3).

3.1.2 Ganancia diaria de peso

En la figura 4 se presentan los datos individuales de la ganancia diaria (kg/d) de las novillas Brangus en la Hacienda Majavita durante el 2012. Las Novillas 16-11 (0.898 Kg/d +- 0.99) y 8051 (0,690 kg/d +- 0.84), las hembras más jóvenes, presentaron mayores ganancias de peso durante todo el año frente a la 277JJ (0,434 Kg/d +- 0,66) y la 7312 (0,549 kg/d +- 0,27).

Figura 4. Cambios de peso de las novillas Brangus (Kg/ animal/ día) en la Hacienda Majavita

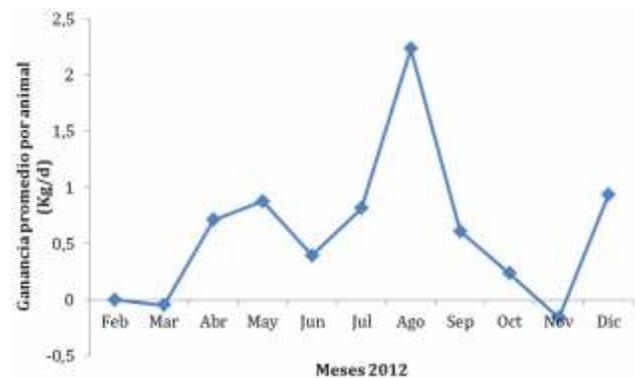


La figura 5 representa la ganancia promedio de las novillas Brangus, la dos mayores ganancias de peso observadas se presentaron en los meses de Agosto (2,23 kg/ animal día +-0,67) y Diciembre (0,931 kg/animal/d +- 0,3) época que coincide con el período de receso académico en la Universidad Libre, por ende los animales pastan libremente sin ser monitoreados o existir prácticas de manejo reproductivas que normalmente conllevan un estrés en el animal, permitiendo expresar su potencial genético.

En los períodos comprendidos entre Febrero a Marzo, se observa un disminución en la ganancia de peso, como resultado del menor oferta de forraje asociado a la época de verano presentada, posteriormente, la ganancia de peso incrementó en los meses de Abril (0,710 +- 0,23 kg/d) y Mayo (0,875 +- 0,45 kg/d), coincide con el mejoramiento de oferta y calidad de las praderas, por efecto del cambio de las condiciones ambientales (lluvias); en el mes de Junio la ganancia de peso fue de 0,393 +- 0,02 kg/d, este menor incremento fue la consecuencia de la preparación de los animales para la participación en la feria comercial.

En el período comprendido entre los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre se observó una disminución gradual de la ganancia promedio 0.607, 0.232 y -0.160 kg/ animal por día, durante este período se realizaron las prácticas relacionadas con el programa de transferencia de embriones, razón por la cual los animales fueron constantemente trasladados y fueron manejados por parte de los estudiantes y docentes del programa de Zootecnia, relacionados con los protocolos de superovulación para la transferencia de embriones y en el mes de Noviembre los animales nuevamente fueron trasladados a las feria comercial para cumplir con las actividades de extensión y promoción del programa de Zootecnia ante el gremio de ganaderos.

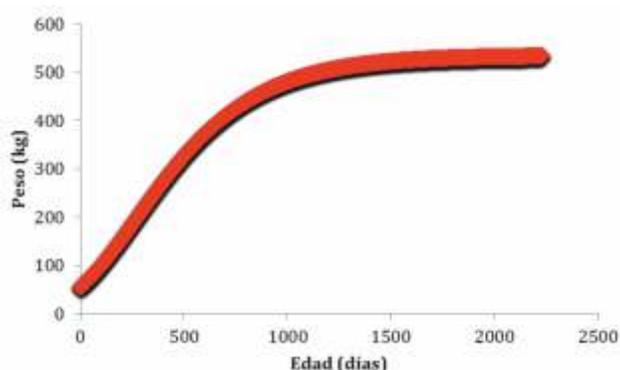
Figura 5. Ganancia promedio por novilla Brangus (kg/ animal/d) en la Hacienda Majavita



3.2 Curva de crecimiento de las novillas Brangus en la Hacienda Majavita

Con los datos observados durante el 2012, se obtuvo la curva de crecimiento de las novillas Brangus en la hacienda Majavita, se utilizó la función no lineal, el modelo matemático de Gompertz (Figura 6), donde el eje Y representa el peso de los animales (Kg) y el eje X es la edad de los animales (días).

Figura 6. Curva obtenida de la parametrización del modelo de Gompertz para el peso corporal de las novillas Brangus



La parametrización del modelo Gompertz respecto al peso corporal de las novillas se encuentra en la Tabla 3. El peso corporal adulto de las hembras de la raza Brangus en la Hacienda Majavita es 534,8 kg. La parametrización de la segunda derivada igualada a 0 o punto de inflexión es de 272,8 días, indicándonos el punto donde tiene la máxima ganancia de peso. En esta edad los animales pesan 196,8 kg con una ganancia máxima es de 602 g/ animal /d. El peso al nacimiento estimado de las hembras de la raza Brangus fue de 53,4 kg. La tasa de crecimiento o ganancia día estimada a los 250, 350 y 450 kg fue de 581, 453 y 235 g/ novilla día. El tiempo de crecimiento hasta un grado de madurez del 70% fue estimado de 610 días y el tiempo de crecimiento desde el nacimiento a un 98% de la asíntota es 1550 días.

Tabla 3. Parametrización del modelo Gompertz para el peso corporal de las novillas Brangus

Variable	Parámetro
A	534,8
B	0,834
C	0,003
Edad al punto de de inflexión (d)	272,8
Peso al punto de inflexión (kg)	196,8
Tasa de máxima de ganancia (kg/d)	0,602
Peso al nacimiento (Kg)	53,4
Tasa de crecimiento a 250 kg, (Kg/d)	0,581
Tasa de crecimiento a 350 kg, (Kg/d)	0,453
Tasa de crecimiento a 450 kg, (Kg/d)	0,235
50% de la madurez (días)	390
70% de la madurez (días)	610
98% de la madurez (días)	1550

4. DISCUSIÓN

4.1 Desempeño productivo

Este trabajo analizó la evolución del crecimiento de las novillas en condiciones de pastoreo, suplementadas en las épocas de menor oferta forrajera. Llevar y analizar los registros de peso (kg) es importante en cualquier sistema de producción animal, permite monitorear el desempeño de los animales y su efecto en la vida productiva y reproductiva. Se evidenció que el comportamiento individual de cada novilla es diferente ya que se observó en épocas donde las ganancias de peso (kg/ animal) son muy bajas o incluso llegaron a perder peso asociadas a las épocas de sequía.

Según Domínguez- Viveros et al, (2013) en el cambio del peso vivo del animal están involucrados factores aleatorios como es el genotipo del animal, los efectos ambientales, con efectos variables de acuerdo con la edad y el grado de madurez; esa variabilidad genética y ambiental es importante para el desempeño productivo de los animales y debe considerarse en el momento de realizar programa de selección y mejoramiento genético.

En este caso las novillas identificadas con los números 8051 y 1611, presentan un mejor desempeño (ganancia de peso acumulada, ganancia promedio) en comparación con los otros animales de

este estudio, por ende se deberían tener en cuenta para seleccionar los animales en los programas de superovulación y transferencia de embriones.

De manera general las novillas Brangus presentaron durante todo el año ganancias promedio de peso superiores a las reportadas por Vera (1997), con tasas de crecimiento desde el destete y el peso objetivo al empadre, las que fueron 0,097, 0,215 y 0,259 kg/animal por día para tasas de crecimiento bajo, medio y alto, respectivamente. Sin embargo, el experimento de Vera fue realizado con novillas para producción de carne de la raza Brahmán en los llanos Orientales Colombianos. No obstante se demuestra que esta raza tiene un mayor potencial genético, se debe tener en cuenta que se encuentran en diferentes condiciones ambientales.

Diferentes trabajos demuestran que cualquier esfuerzo para mejorar la productividad de los sistemas de producción debe tener en cuenta el sistema de crianza para que obtengan un ritmo de crecimiento óptimo, donde se pueda maximizar la expresión del potencial genético, reducir la edad al primer parto y aumentar la eficiencia reproductiva subsecuente, pues la velocidad de crecimiento en la fase de crianza de las novillas de remplazo tiene un efecto significativo en el comportamiento productivo y reproductivo posterior, así como en la longitud de la vida productiva (Solano y Vargas, 1997).

4.2 Parametrización del modelo Gompertz del peso corporal de las novillas Brangus

Dado que el crecimiento de los animales no sigue una tendencia lineal, es necesario explorar modelos empíricos no lineales que permitan estudiar la relación entre la edad del animal, su velocidad de crecimiento y madurez (Noguera, 2008). El modelo Gompertz es uno de los que presenta mejor ajuste al describir el crecimiento (peso en función del tiempo) (Espigolan et al, 2013).

La información obtenida mediante la parametrización del modelo Gompertz es una herramienta para entender y predecir los patrones de crecimiento de una línea genética, bajo unas condiciones determinadas de producción (Casas et al, 2010).

El parámetro A es el peso adulto, en las hembras Brangus de la Hacienda Majavita fue de 534,8 kg (Tabla 3); representa el peso asintótico que son los equivalentes del peso de la madurez estimada por la ecuación de Gompertz. Este peso es inferior a lo determinado por Espigolan (2013) en animales taurinos de la raza Hereford (779 kg) y superior a lo relatado por Castro, (2013) en animales Indicus de la raza Indubrasil (436,3 kg). Vera (1997) en condiciones de la Altillanura Colombiana encontró pesos asintóticos de 325- 350 kg para animales de la raza Brahman. Siendo superior los pesos adultos estimados para las hembras Brangus del presente estudio, reflejando el efecto de la raza sintética resultado de cruzamiento de animales indicus (Brahman) y Taurinos (Angus).

Este peso en la madurez afecta los aspectos de la producción como las necesidades de mantenimiento, reproducción y valor de desecho de las vacas en sistemas de producción de carne (Domínguez-Viveros et al 2013).

El parámetro b es denominado parámetro de integración o intercepción con el eje Y, no posee significado biológico y es utilizado apenas para adecuar el valor inicial del peso vivo, haciendo que la curva pase por el origen cuando $y \neq 0$ y/o $t \neq 0$ (Posada et al, 2011).

El parámetro C para las hembras Brangus fue de 0,003 (Tabla 3), mayor a lo reportado por Espigolan et al, (2013) y Posada et al, (2013) quienes trabajaron con animales de la raza Hereford y Nellore (C: 0,002), respectivamente, fue similar a lo reportado por Castro (2013), con animales de la raza Indubrasil. El parámetro C, que se conoce como índice de madurez, estimativo de precocidad de madurez o tasa de madurez posnatal, determina la eficiencia del crecimiento de un animal. Es la razón entre la tasa de crecimiento máxima y el peso adulto del animal. Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, más precoz es el animal, en tanto que valores más bajos indican madurez tardía, por tanto representa un indicador de la velocidad con que el animal se aproxima al peso adulto (Silva et al, 2004). Con tasas de madurez altas se alcanza el peso adulto a una menor edad (Domínguez-Viveros et al, 2013).

Posada y colaboradores (2011), encontraron una correlación negativa entre el parámetro A y el parámetro C, por ende al seleccionar animales con mayores tasas de madurez (más precoces), se obtienen menores pesos adultos. Los fenotipos de talla grande y con tasas de crecimiento más altas pueden tener incrementos mayores en los costos de producción que los de tasas bajas o moderadas (Arkas et al, 2006, citado por Domínguez Viveros 2013).

El parámetro de inflexión se refiere al punto en que el animal pasa de una fase de crecimiento acelerado a una fase de crecimiento inhibitorio, o lo que es lo mismo, el punto a partir del cual el animal pasa a crecer con menor eficiencia (Posada et al, 2011). En el presente estudio el punto de inflexión se dio a los 272 días con un peso de 196,8 kg en el momento que destetan los animales en los sistemas tradicionales de doble propósito predominantes en Santander, Colombia. El peso al punto de inflexión representó 36,8% del peso adulto, fue el mismo porcentaje del peso adulto reportado por Domínguez-Viveros (2013).

El punto de inflexión alcanzado es el momento más económico del ganado, al mismo tiempo la tasa de mortalidad es la más baja y tiene el más rápido crecimiento (Budimulyati et al, 2012).

La tasa de máxima ganancia promedio de las novillas fue de 0,602 kg y ésta empezó a disminuir a partir de ese punto a medida que aumenta la edad (Tabla 3), la novilla 277JJ presentó un menor desempeño en ganancia promedio día y ganancia acumulada, aunque presentó uno de los mayores pesos durante todo el período evaluado (Figura 2, Figura 3); está asociado a que esta novilla presentaba una edad mayor al inicio del experimento, por ende la ganancia fue disminuyendo a medida que la edad avanzó. El crecimiento del animal sigue una curva sigmoidea a través de la cual la tasa de crecimiento varía con la edad y llega a un punto en el que declina a cero, en este punto alcanza la asíntota y el animal alcanza el peso maduro (Posada et al, 2011).

En el presente trabajo no fue tan marcado el cambio en este primer cambio de curvatura, ya que los datos de peso no fueron obtenidos desde el nacimiento de

los animales. Domínguez-Viveros et al, (2003), afirma que el crecimiento de los bovinos en ambientes tropicales se caracteriza por un período prolongado predestete de siete a nueve meses, por lo tanto, el punto de inflexión ocurre cuando el bovino ha obtenido más del 40% del peso adulto, no se observó la forma sigmoidea característica de otras razas de otras latitudes.

El peso estimado al momento de nacer fue de 53,4 kg (Tabla 3), es probable que exista una sobreestimación al peso al nacimiento, similar a lo reportado por Solano & Vargas (1997), cuando utilizó el modelo Gompertz.

Al entender bien las características de la curva de crecimiento podría estimarse cuándo se puede alcanzar el tiempo a la pubertad, el tiempo y peso verdadero para permitir la primera concepción de los animales, estas condiciones están fuertemente influenciadas por el crecimiento y el peso alcanzado en la etapa prepubertad (Budimulyati et al, 2012). Existen autores que muestran que la pubertad se alcanza al 50% del peso maduro, en esta oportunidad se deduce que las novillas la alcanzaron aproximadamente a los 392 días y el momento para permitir la primera concepción es al 70% del peso adulto a los 610 d.

5. CONCLUSIONES

En este caso las novillas identificadas con los números 8051 y 1611, presentan un mejor desempeño (ganancia de peso acumulada, ganancia promedio).

Se identificaron los parámetros del modelo de Gompertz con significado biológico como el peso al punto de inflexión 196 kg a los 272 días de edad y con una máxima ganancia, con una tasa de maduración de 0,003 y un peso adulto de 534 kg.

La información obtenida a través del modelo de Gompertz, es una herramienta valiosa para entender y predecir el crecimiento de los bovinos Brangus en las condiciones de producción en la Hacienda Majavita, del departamento de Santander.

6. AGRADECIMIENTOS

A Wilfredys Velasco Ramírez y Jhon Eduard Cubillos, Egresados del programa de Zootecnia quienes de forma voluntaria con emprendimiento y entusiasmo que los caracterizan, apoyaron el proceso de recolección de datos en el transcurso del 2013.

Carlos E. Ordoñez Reyes, Luis A. Gallo, David L. Robles, quienes hacían de grupo de estudiantes del proyecto de investigación formativa "inclusión de levaduras en las novillas Brangus", quienes contribuyeron en la recolección de la información.

Laura Bibiana Gualdrón, quien acompañó los pesajes quincenales de las princesas de la Universidad Libre y de forma paralela evaluaba el proceso de adaptación sobre la conversión alimenticia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, U.G. de, Cobuci, J.A., da Silva, M.V.G.B. y Sereno, J.R. B. (2004). Uso de modelos no lineales para el ajuste de la curva de crecimiento de bovinos pantaneiros. Archivos de Zootecnia. 53. 367-370. Disponible en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/17_13_09_03NotaUsoAbreu.pdf

Arango, J. P; Rivera, B. y Granobles J.C. (2000). Elaboración y validación de modelos de estimación de producción lechera en sistemas especializados.

Disponible en: <http://www.condesan.org/memoria/COL0500.PDF>

Budimulyati L; Noor R.R; Saefuddin A y Talib C. (2012). Comparison on accuracy of logistic, gompertz and von bertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of holstein friesland heifers. J.Indonesian Trop.Anim.Agric. 37(3) September.

Casas, G. A; Rodríguez D. y Afanador G., (2010). Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Vol 23, No 3. 349-358 Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/455/561>

Castro J.E. 2013. Factores Ambientales que afectan el crecimiento, la edad al primer servicio y la concepción de novillas Indubrasil. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Veracruzana, Mexico.

Espigolan, R, Baldi, F, Boligon, A Ai, Banchemo, G, Brito, G, Manna, A La, Montossi, F, Fernandez, E. & Albuquerque, L. Galvão de. (2013). Aplicação de modelos não-lineares para descrever a evolução de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Hereford. Ciência Rural, 43(3), 513-519. Epub February 19, 2013. Retrieved June 20, 2013, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782013000300023&lng=en&lng=pt.10.1590/S0103-84782013005000011.

Domínguez-Viveros J; Rodríguez-Almeida A; Núñez-Domínguez R; Ramírez-Valverde R; Ortega-Gutiérrez A y Ruíz-Flores A. (2013). Ajuste de modelos no lineales y estimación de parámetros de crecimiento en bovinos Tropicarne. Agrociencia 45, 25-34.

López de la torre, G; Candotti, J. J; Reverter, A; Bellido M.M; Vasco P; García, L.J. y Brinks, J.S. (1992). Effects of growth curve parameters on cow efficiency. Journal Of Animal Science, 70:2668-2672.

Martínez C. A; Rodríguez A. P; Jiménez A y Manrique C. (2010). Descripción matemática de la función Gompertz aplicada al crecimiento de animales. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 57: 76-80.

Noguera R. R; Pereira R. L. y Solarte C.E. (2008). Comparación de modelos no lineales para describir las curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. LIVESTOCK RESEARCH FOR RURAL DEVELOPMENT. VOLUME 20, ARTICLE 70.
DISPONIBLE [HTTP:// www.lrrd.org/lrrd20/5/nogu20079.htm](http://www.lrrd.org/lrrd20/5/nogu20079.htm)

Posada S; Rosero R; Rodríguez N y Costa A. (2011). Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nelore criado en confinamiento. Rev.MVZ Córdoba 16(3):2701-2710, 2011.

Sainz, R. D; Baldwin R. L. y Vernazza R. (2001). Modelos de crecimiento, digestión y lactancia en bovinos. Revista Corpoica. Vol 3. Nº 2. 65-76.
Disponible en: http://www.corpoica.org.co/sitioweb/revistas/verarticulo.asp?id_contenido=73

Silva NAM, Aquino LH, Silva FF, Oliveira AIG. Curvas de crecimiento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça nelore. Ciênc Agrotec 2004; 28: 647-654

Solano C y Vargas L. B. (1997). El crecimiento de Novillas de remplazo en fincas lecheras de Costa Rica. 1. Tipificación del crecimiento de las novillas Holstein y Jersey. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 5 (1) 21-31.

Vargas J. E; Rivera B; Agudelo C. A y Díaz C. A. (2000). Validación de modelos de simulación de sistemas intensivos de producción de carne en la zona andina colombiana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Iniciativa ecorregional para la investigación en ganadería (ILRI-CIP).
Disponible en: <http://www.condesan.org/memoria/col1399.htm>

Vera. R. R. (1997). Reproducción del ganado de carne en pasturas de la altillanura de los llanos Orientales de Colombia: Elementos para la toma de decisiones. Pasturas Tropicales Volumen 19. Nº2. 2-11. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/PAST1921.pdf