

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CURVAS DE CRECIMIENTO EN TERNEROS HEREFORD, A.ANGUS Y  
CRUZAS, DESDE EL NACIMIENTO HASTA LOS SEIS MESES DE EDAD

por

Ignacio DAÑOBEYTIA FRIPP

Fernando NIELL ALONSO

Guillermo ROSSI TEMPONE

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2015

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. PhD Ana C. Espasandín

\_\_\_\_\_

Dr. Juan Franco

\_\_\_\_\_

Dra. Liliam Llovet

Fecha: 14 de agosto de 2015

Autores:

\_\_\_\_\_

Ignacio Dañobeytia Fripp

\_\_\_\_\_

Fernando Niell Alonso

\_\_\_\_\_

Guillermo Rossi Tempone

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias que confiaron en nosotros y nos brindaron su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A la Ing. Agr. (Ph.D) Ana Carolina Espasandín por la orientación en este trabajo y por el apoyo para culminar esta etapa de formación.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVO .....	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	4
2.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO .....	4
2.1.1 <u>Control hormonal del crecimiento y desarrollo</u> .....	6
2.1.2 <u>Ondas de crecimiento</u> .....	7
2.1.3 <u>Formas de medición del crecimiento</u> .....	8
2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL TERNERO.....	9
2.2.1 <u>Factores que afectan el peso al nacimiento</u> .....	10
2.2.1.1 Genotipo del ternero .....	11
2.2.1.2 Efecto materno .....	11
2.2.1.3 Sexo del ternero .....	13
2.2.2 <u>Factores que afectan el peso al destete</u> .....	13
2.2.2.1 Efecto materno .....	14
2.2.2.2 Genotipo del ternero .....	16
2.2.2.3 Sexo del ternero .....	16
2.2.2.4 Efecto año .....	17

2.3 CURVAS DE CRECIMIENTO Y MODELOS MATEMÁTICOS.....	17
2.3.1 <u>Modelos polinómicos</u> .....	19
2.3.2 <u>Modelos biológicos</u> .....	19
2.4 HIPÓTESIS .....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	22
3.1 LOCALIZACIÓN .....	22
3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	24
4.1 PESO AJUSTADO PARA CADA RAZA DE TERNERO.....	25
4.2 PESO AJUSTADO PARA CADA CATEGORÍA MADRE DE TERNERO .....	30
4.3 PESO AJUSTADO PARA SEXO DEL TERNERO .....	34
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	37
6. <u>RESUMEN</u> .....	38
7. <u>SUMMARY</u> .....	39
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	40

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Factores que afectan el crecimiento en la vida pre y posnatal en bovinos.....	10
2. Relación entre el peso al nacimiento (PN) del ternero y la edad de la madre (EM).....	12
3. Número de individuos, números de registros y pesos promedio al nacer y al destete para Hereford, Angus y sus cruzas.....	23
4. Resultado del análisis de varianza de los distintos factores considerados en el modelo.....	24
5. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete de diferentes genotipos.....	25
6. PN promedio de base de datos y PN ajustado para genotipo.....	29
7. PD promedio de base de datos y PD ajustado para genotipo.....	29
8. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete para diferentes categorías de madre.....	31
9. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete de diferente sexo.....	34
Figura No.	
1. Aporte energético de leche materna y consumo de forraje del ternero.....	15
2. Ajuste del modelo lineal para la raza Aberdeen Angus en función de la edad en días.....	26
3. Ajuste del modelo lineal para la raza Hereford en función de la edad en días.....	27

4. Ajuste del modelo lineal para las cruzas F1 en función de la edad en día.....	27
5. Ajuste del modelo lineal para las retrocruzas en función de la edad en días.....	28
6. Ajuste del modelo lineal para categoría primera cría en función de la edad en días.....	32
7. Ajuste del modelo lineal para categoría segunda cría en función de la edad en días.....	32
8. Ajuste del modelo lineal para categoría adultas en función de la edad en días.....	33
9. Ajuste del modelo lineal para los machos en función de la edad en días.....	35
10. Ajuste del modelo lineal para las hembras en función de la edad en días.....	36

## **1. INTRODUCCIÓN**

El sector agropecuario es una de las principales actividades económicas en el Uruguay, lo que se ve reflejado en su contribución al producto bruto interno, con un valor de 4.576 millones de U\$S, lo cual representa un 8,2 % del PBI total, si a esto sumamos el PBI de las industrias asociadas al agro, el PBI agroindustrial supera el 12 % del total. A esto se le suma que aproximadamente el 80 % de las exportaciones del país, corresponden a este sector, en donde la exportación de carne representa el 15 %, siendo junto a la soja (16%) los principales productos exportados (MGAP. DIEA, 2014).

La producción bovina en el Uruguay, cuenta con un stock total de 11,5 millones de animales, de los cuales 4,2 millones pertenecen a las vacas de cría (entoradas) y 2,7 millones son terneros/as. En cuanto a los productores, existen 47.600 explotaciones con orientación ganadera de las cuales 25.879, o sea un 54% se dedican exclusivamente a la cría, mientras que 6.126 (13%) se dedica al ciclo completo (MGAP. DIEA, 2014). Según el último censo agropecuario, de las 16,35 millones de hectáreas aprovechables, 12,72 millones son dedicadas a la ganadería, de las cuales el campo natural representa un 82 % (MGAP. DIEA, 2011).

En este escenario la cría vacuna tiene gran importancia como el primer eslabón de la cadena cárnica nacional, donde una variación en la producción de terneros, afecta a las siguientes etapas de producción, como ser recria y engorde.

La cría vacuna se caracteriza por ser un proceso ineficiente desde el punto de vista biológico, por la alta proporción de nutrientes que destina a mantenimiento, donde casi un 70 % del consumo energético de un vientre de cría se destina a mantenimiento (Jenkins y Ferrell, 1994). Sin embargo, requiere bajos niveles de nutrientes para cumplir con las funciones vitales y productivas, estos bajos requerimientos son los que hacen de la cría una opción competitiva en la utilización de recursos naturales de baja calidad.

En Uruguay, el campo natural históricamente ha constituido la base alimenticia de los rodeos de cría, más aun en la última década, donde se ha dado un fenómeno de mayor competencia entre sectores por el uso del recurso tierra, principalmente debido a una mayor participación de la agricultura y la forestación (MGAP. DIEA, 2011).

Las pasturas naturales del país, presentan como generalidad una marcada estacionalidad primavero - estival, debido a la predominancia de gramíneas estivales, con un pico de máxima producción en la segunda mitad de la primavera y una mínima producción en el invierno, en cuanto a su aporte nutritivo, puede ser clasificado como un alimento voluminoso de baja calidad ya que presenta una digestibilidad de 50 a 55 % y un porcentaje de proteína cruda de entre 8 a 10 % (Carámbula, 2007). Es fundamental



tener esto en cuenta, pues uno de los puntos más importantes dentro del manejo nutricional a nivel predial, es manejar la oferta forrajera con el fin de cubrir las necesidades nutritivas del rodeo en las distintas estaciones.

Un manejo inadecuado de las pasturas nativas, trae aparejado una serie de consecuencias descritas por Carámbula (2007) como ser: pasturas resistentes al pisoteo y al diente del animal, pero con cambios desfavorables en su composición botánica donde disminuyen especies finas, tiernas y las leguminosas; mientras que aumentan en frecuencia especies ordinarias.

El sistema de producción predominante en Uruguay, basado en forrajes, es una ventaja comparativa frente a competidores a la hora de comercializar el producto en el exterior, en un mercado internacional donde la demanda es tendiente a exigir normas de calidad creciente, valora la producción de bajo impacto ambiental y de forma natural. Por otro lado, se mejora el perfil de ácidos grasos depositados en la carne, debido a la mayor proporción de ácidos grasos poli insaturados presentes en el forraje en relación a los granos de cereales, generando así, mayor proporción de estos en el tejido adiposo depositado, particularmente, la carne producida en base a forraje presenta también una proporción mayor de ácidos linolenicos conjugados (CLA), en su composición, de acción anti carcinogénica u antilipogénica (Griguera et al., 2003).

En el proceso de la cría vacuna, la característica que más incide en la rentabilidad es la eficiencia reproductiva, medida a través del porcentaje de terneros destetados por superficie (Martínez, 2011), compuesto por indicadores como el porcentaje de destete, el peso al destete y la carga animal.

En nuestro país, el porcentaje de preñez para el 2015 se estima en 76,2 % y un porcentaje de destete de 65,9 %, basado en el diagnóstico de 540 mil vientres que surge de la encuesta de preñez (MGAP. DIEA, 2014). Este dato deja en evidencia una baja eficiencia reproductiva del rodeo nacional, que según Soca et al. (1999) se debe en gran parte a una deficiente alimentación de los vientres, explicado por la elevada carga con que se manejan los campos tradicionalmente, esto provoca que los vientres lleguen en un pobre estado corporal al parto, generando un anestro posparto prolongado, que impacta en los índices reproductivos negativamente.

Un aspecto importante a tener en cuenta para mejorar la eficiencia reproductiva es el componente genético, en un país donde tradicionalmente la cría se ha mejorado por medio de selección de la raza Hereford, clasificada dentro de las llamadas líneas maternas, dados sus menores requerimientos de mantenimiento, así como su habilidad en destetar terneros moderadamente pesados. Los cruzamientos con otras razas permiten

explotar la heterosis tanto individual como materna, así como la complementariedad entre características. Sobre todo en características reproductivas, que son de baja heredabilidad y responden en menor medida a procesos de selección y se ven más influenciados por el ambiente (Espasandín et al., 2008).

Rovira (1996) menciona algunas características relacionadas a la reproducción, tales como producción de leche, velocidad de concepción, precocidad sexual, porcentaje de nacimientos, sobrevivencia al parto y porcentaje de destete en las cuales las vacas cruzas superan a las puras.

### **1.1 OBJETIVO**

Modelar las curvas de crecimiento desde el nacimiento hasta los seis meses de edad de terneros de diferente genotipo, sexo y categoría de la madre; en pastoreo sobre campo natural.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO**

El crecimiento es un proceso fisiológico común a todos los seres vivos por medio del cual se produce aumento del tamaño y del peso, cambios de forma y composición corporal, mediante la toma y utilización de elementos nutritivos del medio exterior. Conocer el modelo como se da el crecimiento en los terneros de los sistemas de cría tiene un valor importante para el ganadero, ya que la forma como el animal crece y se desarrolla determinan el aspecto final y la calidad de la canal (Goodwin, 1978).

**Crecimiento:** es el aumento de peso que sufre un individuo, que inicia en la etapa prenatal con la fecundación del óvulo y termina cuando el organismo alcanza el peso adulto y la conformación propia de la especie (Hammond, 1960).

El incremento del peso corporal, resulta de la asimilación por los tejidos del cuerpo, de los nutrientes ingeridos; el crecimiento del animal entero se acompaña de un incremento en el peso y la altura, u otra medida del tamaño del esqueleto; este aumento del peso está compuesto por la suma de los incrementos de peso de los componentes individuales que constituyen el cuerpo como agua, grasa, proteínas, carbohidratos y minerales; el índice máximo de crecimiento del cerebro y el sistema nervioso tiene lugar en una fase más temprana del desarrollo en comparación con el esqueleto, enseguida viene el de los músculos y finalmente el de la grasa. Las necesidades de nutrientes de los animales que están creciendo cambian durante todo el periodo de crecimiento, en respuesta directa a los cambiantes requerimientos de los órganos individuales y los sistemas de estos que constituyen el animal entero; por eso el crecimiento se expresa como el incremento en peso absoluto en un periodo determinado o como el aumento en peso relativo (Pond et al., 2006).

El aumento de peso se produce por tres causas: hiperplasia (multiplicación celular); hipertrofia (aumento del tamaño de las células) y metaplasma (transformación de las células). Por lo tanto, el crecimiento animal es una respuesta celular a diferentes factores que pueden ser inherentes al animal o ajenos a éste. Si el proceso de crecimiento no tiene ningún factor inhibidor, normalmente el organismo sigue un mecanismo de multiplicación constante de las células, y una vez producida la multiplicación suficiente se produce la hipertrofia. Sin embargo, es posible que aparezcan factores inhibidores que detengan el proceso de hiperplasia y así el crecimiento se anula (Hammond, 1960).

El crecimiento del ternero es uno de los componentes de mayor importancia en la productividad de los rodeos de cría y lo podemos evaluar de dos maneras, por las

ganancias diarias obtenidas en el pre-destete de los terneros o por el peso al destete (Cantet, 1983).

Frecuentemente, el crecimiento en bovinos desde nacimiento a etapa adulta, ha sido representado por muchos autores como una curva sigmoidea, donde justo después del nacimiento el crecimiento comienza lentamente, pero rápidamente se inicia una fase de mucha intensidad en el incremento de peso, que se prolonga hasta alcanzar la pubertad; después de la cual disminuye el ímpetu de los aumentos, que gradualmente se van haciendo más lentos hasta alcanzar la estabilización en la edad madura (Berlanga et al. 1995, Lawrence y Fowler 1997).

**Desarrollo:** se manifiesta por las modificaciones en la conformación (formas) y proporciones del cuerpo del animal, así como en sus funciones y facultades, asociados al aumento de la masa corporal (Hammond, 1960).

No se puede hablar de crecimiento sin aludir al desarrollo, ya que están asociados y se dan simultáneamente. El desarrollo es el cambio en la conformación corporal con funciones y facultades del animal hasta que alcanza su madurez (Gorrachategui, 1997).

A medida que crece el animal se transforma. Sus proporciones se modifican, así como su conformación interior y exterior. Estas transformaciones que ocurren en un animal, considerado en conjunto, resultan del desarrollo simultáneo de todas sus partes, pero en proporciones que individualmente varían mucho. Hammond (1960) estableció que los diferentes órganos, tejidos y piezas anatómicas del animal no tienen la misma velocidad de crecimiento en un momento dado. Cada uno va adquiriendo una velocidad de crecimiento característica según la edad, en un orden definido. Es decir, los nutrientes absorbidos durante la digestión no se distribuyen uniformemente entre los diferentes tejidos, sino que se reparten siguiendo un régimen de estrictas prioridades. El orden en que los distintos tejidos alcanzan su máxima velocidad de crecimiento es: nervioso, óseo, muscular y graso. A su vez, los nutrientes de la corriente sanguínea se distribuirán de acuerdo a este mismo orden. Si se restringe la alimentación dejará de crecer el tejido graso; si se aumenta la restricción no solo no habrá crecimiento adiposo sino que también se cataboliza el tejido muscular y así sucesivamente.

Al nacimiento la relación músculo hueso es 2:1, en el periodo posnatal el músculo crece relativamente más rápido que el hueso y por lo tanto la relación músculo hueso sigue en aumento. La grasa tiene poca relevancia al nacimiento y luego se va depositando a mayores tasas a medida que el plano nutricional lo permita (Berg, 1976).

El conocido y muy complejo fenómeno biológico del crecimiento puede expresarse a través de algunas magnitudes: peso, altura, largo, etc. Siempre estimándolas en relación con la edad. La dificultad para su definición sobreviene en primer lugar de su dinamismo, en segundo lugar que es un proceso interactivo y en tercer lugar que se trata de más de un proceso. Debe diferenciarse en primer lugar crecimiento de desarrollo y dentro de este último desarrollo somático y desarrollo reproductivo. A su vez a la influencia del medio ya mencionada que comienza dentro del ambiente materno, se le suman las características genéticas de cada individuo y dentro de éstas sus características vinculadas con lo endocrino. Hipotálamo - hipófisis - tiroides - gónadas, entre otros, son los actores hormonales fuertes de este proceso. De su equilibrio depende el resultado, de las condiciones medio-ambientales y su interacción con el genoma, resultará el individuo (Hammond, 1960).

### **2.1.1 Control hormonal del crecimiento y desarrollo**

Un gran número de factores endógenos y exógenos influyen la forma en que las células y los tejidos crecen y se desarrollan; y no deben de analizarse en forma aislada ya que el crecimiento es un proceso muy complejo en donde las hormonas juegan un rol importante regulando estos procesos (Lawrence y Fowler, 1997).

La somatotropina u hormona del crecimiento, secretada por el lóbulo anterior de la hipófisis, es llamada así, porque es la que mayor influencia tiene en el incremento del tamaño corporal, cumple tanto, funciones anabólicas como catabólicas en el cuerpo del animal. Como agente anabólico cumple un rol vital en el control de la partición de nutrientes en el proceso de crecimiento y lactación. Por otro lado en su rol catabólico puede ser lipolítica y diabetogénica en su función. Probablemente diferentes partes de la misma molécula juegan distintos roles en el organismo.

La insulina es la hormona anabólica por excelencia, no sólo por ese efecto, sino además porque regula la unión de otras hormonas con sus receptores. Por ejemplo: actúan a nivel de los receptores hepáticos de la hormona de crecimiento. Esta hormona tiene fuertes propiedades lipogénicas y por ende afecta la composición corporal.

La insulina junto a los glucocorticoides, la hormona paratiroides, la calcitonina y la prolactina, se clasifican como hormonas sin efectos directos sobre el crecimiento, pero en presencia de las cuales el proceso del crecimiento se produce a tasas normales.

Las hormonas tiroideas (T3 y T4) estimulan el mecanismo oxidativo y las funciones anabólicas de las células en casi todos los tejidos por medio de la regulación del consumo de oxígeno, el balance mineral y el metabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos. El efecto que estas tienen sobre el crecimiento muscular, es muy marcado

y es tanto anabólico como catabólico. Su deficiencia provoca retardos en el crecimiento de otros sistemas como el nervioso central y puede provocar crecimiento anormal en largo y alto de los individuos.

Las hormonas sexuales (andrógenos y estrógenos) tienen marcados efectos sobre el crecimiento de huesos y músculos en ambos sexos. La testosterona, el andrógeno primario, es secretado principalmente por los testículos en los machos y las glándulas adrenales en las hembras. La secreción de éstos aumenta marcadamente antes de la pubertad y es parcialmente responsable del rápido crecimiento que ocurre en esta etapa. Los machos tienen una más rápida velocidad de crecimiento que las hembras, debido a que los testículos producen más andrógenos que las glándulas adrenales. Los estrógenos secretados por los ovarios sirven para el desarrollo del tracto reproductivo en todas las especies, también incrementan el desarrollo muscular en rumiantes y la deposición de grasa.

Las glándulas adrenales, además, secretan glucocorticoides que son catabólicos en su acción y actúan inhibiendo el crecimiento en determinados tejidos blanco, pero no siempre actúan enlenteciendo el crecimiento, ya que altas concentraciones de glucocorticoides pueden tener un marcado efecto en la conformación corporal pudiendo ser fuertemente lipogénicos en ciertas especies, sobre todo en bovinos (Lawrence y Fowler, 1997).

### **2.1.2 Ondas de crecimiento**

Inmediatamente después del nacimiento, el desarrollo del esqueleto está adelantado respecto al de los músculos. Por su parte, los músculos crecen en relación con el peso del cuerpo. Durante este crecimiento siempre existe alguna acumulación de grasa, que va siendo cada vez mayor según se aproxima la madurez. Son los tejidos y partes del cuerpo más indispensables para la vida los que se desarrollan primero. Los órganos también presentan diferentes velocidades de crecimiento. El cerebro, ojos, riñones, corazón, son órganos de maduración temprana. El crecimiento diferencial de los órganos es principalmente funcional. Los órganos de mayor importancia fisiológica para el animal están mejor desarrollados al nacimiento que aquellos que tienen menor importancia hasta un tiempo después del nacimiento. De estas observaciones surge la afirmación que el ternero al nacer tiene mayor desarrollo en los tejidos duros que los blandos y que el crecimiento se cumple partiendo desde la cabeza y las extremidades hacia la región de las caderas. Es decir, que el desarrollo se realiza siguiendo disposiciones preestablecidas, ordenamientos que han sido denominados ondas de crecimiento y bajo cuyo régimen se desenvuelve el de todos los mamíferos (Hammond, 1960).

La primera onda, llamada axial o primaria, arranca del cerebro y sigue dos direcciones: hacia adelante, encargándose del aumento del tamaño de la cara y hacia atrás, produciendo el desarrollo en largo del animal. Así, continuando su avance, crecerá la cabeza, cuello, tórax, lomo y cadera. Esta onda, que tiene prioridad de desarrollo sobre las demás, explica el crecimiento paulatino desde la cabeza hacia atrás.

La segunda onda, que recibe el nombre de apendicular, se inicia en la parte media de las cañas y consta de dos ramas: una se dirige hacia la extremidad de cada miembro y es la encargada de dar el tamaño definitivo al pie, mientras que la otra se orienta hacia arriba a lo largo de las diversas regiones de los miembros, originando el crecimiento en alto. Esto aclara el hecho que el pie y la caña son las partes de las extremidades que primero alcanzan su tamaño definitivo de adulto. Como efecto de la acción de cada onda, resulta la alzada, una dimensión que a edad prematura adquiere la magnitud final. Al remontarse estas ondas por los miembros, llegan al cuerpo y se orientan hacia la región del lomo, que es una de las partes del animal más tardías en adquirir el tamaño definitivo.

La tercera onda no comienza a desenvolverse sino cuando empieza a decrecer el efecto de las dos anteriores y es la encargada del desarrollo longitudinal de las costillas, por cuya causa se la denomina descendente. A sus efectos se atribuye el crecimiento en ancho de los diferentes huesos largos, puesto que éste es muy tardío (Lawrence y Fowler, 1997).

### **2.1.3 Formas de medición del crecimiento**

Tradicionalmente, la medición del peso vivo ha sido la forma más usada para evaluar el crecimiento, pero esta medición puede estar sometida a errores muy importantes debidos al llenado del tracto gastro-intestinal, en especial en los rumiantes; esta metodología no nos brinda información respecto a la composición cualitativa de las ganancias de peso. Un animal puede aumentar de peso por acumulación de grasa sin que haya aumento de sus tejidos de estructura y sus órganos.

Otra de las formas de medir el crecimiento consiste en la faena seriada para determinar composición corporal a lo largo de la curva de crecimiento. Este es sin duda el mejor método, pero también el más costoso debido al número de animales necesarios y el tiempo demandado.

También es posible evaluar el crecimiento a través del uso de marcadores radioactivos y una ecuación que permite determinar el contenido de agua en la res; debido a la relación inversa entre contenido de agua y contenido de grasa, se puede

determinar el porcentaje de esta última, pero solo es válida para condiciones experimentales.

Sin embargo, la medida de crecimiento más usual es la medición del peso corporal. En este sentido, el crecimiento puede definirse a través de la curva de crecimiento total o de ganancia acumulativa de peso; el aumento de peso por unidad de tiempo y el porcentaje de aumento de peso por unidad de tiempo o ganancia relativa de peso (Bavera et al., 2005).

En este sentido, el peso al nacer y el peso al destete son dos mediciones claves en las primeras etapas de crecimiento de los terneros, ya que están correlacionados positivamente con futuros pesos de los animales. Y por tanto se incluyen como criterios de selección en los programas de evaluación genética poblacional para las razas Hereford y Angus que se vienen llevando a cabo desde principios de los 90 en Uruguay (Aguilar, 2005).

Bullock et al. (1993) señalaron que las correlaciones genéticas entre el PN y PD con el peso maduro fueron de 0,64 y 0,80, respectivamente.

Teniendo los registros productivos de los pesos, más la información genealógica y de ambiente particular, es que se desarrollan los DEPs (diferencia esperada en la progenie) que son una herramienta que ayuda al criador al momento de seleccionar reproductores de acuerdo a sus objetivos de selección (Aguilar, 2005).

## **2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL TERNERO**

Diversos estudios muestran que el peso de los terneros a diferentes edades de su crecimiento se ven afectados por varios factores: genéticos, ambientales y fisiológicos tales como el estado hormonal, sanidad, alimentación, manejo, etc. Sobre lo anterior se puede incidir para producir animales de pesos y composición adecuados a las exigencias del mercado (Luque et al., 1995).

Existen factores ambientales como manejo, nutrición, edad, condición corporal, amplitud pélvica y sexo de la cría que afectan el peso al nacimiento y al destete de los terneros (Martínez et al., 2011).



Cuadro No. 1. Factores que afectan el crecimiento en la vida pre y posnatal en bovinos.

<b>Prenatal</b>	<b>Predestete</b>
Genotipo del feto	Genotipo
Sexo del feto	Sexo
Antro materno	Peso al nacer
Tamaño de la madre	Aptitud materna
Edad y desarrollo de la madre	Edad y desarrollo de la madre
Número de fetos	Estado nutritivo de la madre
Nutrición de la madre	Producción de leche materna
Temperatura ambiente	Edad y desarrollo al destete
	Estado sanitario madre y cría

Fuente: Bavera (2005)

### **2.2.1 Factores que afectan el peso al nacimiento**

El peso al nacer (PN) es una característica de gran importancia para la producción bovina, dado que está directamente relacionado a la facilidad de parto, especialmente de vaquillonas. En la determinación del peso al nacimiento intervienen el componente individual del ternero y el componente maternal de la vaca. En esta característica es importante controlar que la combinación de efectos individuales y maternos no genere altos pesos al nacer, lo cual podría ocasionar dificultades al parto.

El PN es una característica de la capacidad de supervivencia de los terneros, ya que pesos livianos se relacionan con animales débiles y pesos elevados predisponen a la vaca a partos distócicos (Martínez et al., 2011).

Según Holland y Odde (1992) las variaciones en peso al nacimiento son debidas a diferentes tasas de crecimiento durante el desarrollo prenatal, asumiendo un largo de gestación relativamente constante. Según estos autores, los factores que afectan la tasa de crecimiento fetal y por ende el peso al nacimiento se pueden agrupar en dos

categorías: genéticos y ambientales. El factor genético más importante son las diferencias raciales, dadas por los efectos genéticos aditivos (directos, maternos y paternos), no aditivos a través de la heterosis (individual, maternal y paternal) y las pérdidas por recombinaciones (individuales, maternas y paternas). Además se consideran los efectos de la consanguinidad y largo de gestación. Los factores ambientales más importantes son: la estación de parto, edad al parto de la madre, nutrición de la madre, mes y año de nacimiento del ternero, sexo del ternero, manejo, clima, etc.

El PN afecta de manera significativa y en forma indirecta el peso al destete (PD). Los terneros de mayor peso al nacimiento tienen mayores ganancias diarias predestete y por lo tanto mayor PD. Algunos trabajos reportan que por cada kilogramo de más que pese el ternero al nacimiento, la ganancia total de peso a los 180 días aumenta en 1,9 kg (Vaccaro y Dillard, citados por Cantet, 1983).

#### **2.2.1.1 Genotipo del ternero**

El peso al nacimiento es el primer indicador del potencial de crecimiento del ternero. Al nacimiento el peso de los terneros debe estar dentro de un rango normal, el cual va de 32 a 34 kg para la raza Hereford y de 29 a 33 kg en Angus (Cantet, 1983).

Brasero y Echeverrigaray (1988) analizando registros de terneros Hereford y Aberdeen Angus, desde 1965 hasta 1985, en nuestro país, reportan un peso al nacer promedio de  $29.90 \pm 0.36$  kg para Aberdeen Angus y  $31.52 \pm 0.25$  para Hereford.

Según Pierce (2010) el peso al nacer promedio de los terneros hijos de vacas Angus con toros Hereford fue de 32.66 kilos, 1.36 kilos más pesados que los hijos de los toros Angus.

#### **2.2.1.2 Efecto materno**

El crecimiento intrauterino tiene gran importancia en el desarrollo del animal después de nacido, ya que las crías de madres mal alimentadas son, en promedio, más livianas al nacer que las crías de madres bien alimentadas y si el animal no posee un buen peso al nacer, no estará en condiciones de compensar situaciones adversas posteriores. El período de desarrollo fetal difiere en las diversas especies, y cuanto mayor es este período, mejor es la formación del recién nacido (Bavera et al., 2005).

En cuanto a la nutrición de las vacas, restricciones alimenticias severas en el primer tercio de gestación no afectan el peso al nacimiento en los terneros, en cambio sí ocurren en el último tercio de gestación, pueden reducir el peso al nacimiento. Esta

disminución en el peso al nacimiento es más pronunciada en vaquillonas que en vacas, debido a que los nutrientes consumidos por vaquillonas son empleados para el crecimiento fetal y su propio crecimiento (Greenwood et al., 2007).

La nutrición materna durante la gestación puede “programar el desarrollo” del ternero y afectar su comportamiento productivo futuro. El concepto de programación del desarrollo implica que las alteraciones durante las etapas críticas del desarrollo prenatal o posnatal puede tener impacto a largo plazo sobre el crecimiento y las funciones vitales durante toda la vida del animal (Caton y Hess, 2010).

El PN aumentaría de forma constante aproximadamente hasta los 5 años de edad de la vaca, manteniéndose entre los 5 a 9 años y descendiendo posteriormente (Cantet, 1983).

Cuadro No. 2. Relación entre el peso al nacimiento (PN) del ternero y la edad de la madre (EM).

<b>EM ( años)</b>	3	4	5	6	7	8
<b>PN ( kg )</b>	31,0	32,2	34,0	34,3	34,2	34,1

Fuente: Cantet (1983)

La mayor diferencia en el peso de terneros ocurre entre el primer y segundo parto de una vaca. Las diferencias en el PN entre vaquillonas y vacas adultas van de 1 a 3,6 kg (Cantet, 1983).

Según Brown, citado por Luque (1995), los pesos de los terneros al nacer, así como su crecimiento, aumentaron con la edad de la madre, alcanzando los máximos en la tercera o cuarta lactación (equivalente a 5 o 6 años) en dos rebaños y en la quinta o sexta lactación (equivalente a 7 u 8 años) en un tercer rebaño; posteriormente al aumentar la edad de la vaca, pesos y crecimiento disminuyen lentamente.

La nutrición de la vaca gestante afecta la duración de la gestación. En general, a mayor nivel nutricional mayor será la duración de la gestación. El largo de gestación influye en el peso al nacimiento de los terneros, ya que cada día extra que sea gestado un feto luego del período promedio de gestación, aumentará unos 250 gramos diarios el peso de nacimiento (Cantet, 1983).

En cuanto al genotipo materno, Gregory et al. (1980) encontraron que vacas Hereford tienen mayor largo de gestación (292 días) y terneros más pesados, que vacas

Aberdeen Angus (288 días). A su vez estas últimas tienen terneros con menor peso al nacimiento, pero con mayor ganancia diaria pre destete, mayor tasa de crecimiento y mayor peso a los 210 días.

El genotipo materno tiene influencia en el porcentaje de parición de los rodeos al tomar en cuenta a los vientres primerizos, donde las vacas cruzas F1 presentaron un porcentaje mayor (68 %) en relación a las puras Hereford 58 % y Angus 43 %, lo que no resulta de la misma forma en la categoría de vientres adultos en donde la preñez es similar para las diferentes razas (Espasandín et al., 2006). Esto refleja la contribución del uso de cruzamientos para características reproductivas de baja heredabilidad.

### **2.2.1.3 Sexo del ternero**

El sexo del ternero es considerado un factor importante como fuente de variación en el peso al nacer; de manera general los machos son más pesados que las hembras no solo al nacer, sino en todas las edades. Dicha diferencia se le atribuye a la capacidad genética de los machos a presentar mayores índices de crecimiento pre y post-natal, posiblemente a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento la cual determina una tasa metabólica más acentuada en el feto durante el período de gestación (Bavera et al., 2005).

Al nacimiento el macho tiene entre un 4 y 5 % de su peso adulto, en tanto que en las hembras, aunque son más livianas, el PN representa un 7 a un 10 % del peso adulto, lo que indica que estas nacen con un mayor grado de madurez (Bavera et al., 2005).

Andersen et al., citados por Cantet (1983) establecieron que los terneros machos son de mayor peso que las hembras al momento del parto, esto es debido al mayor largo de la gestación de los primeros en un rango de 1 a 5 días.

En la mayoría de las investigaciones se encuentra efecto del sexo altamente significativo, lo cual es importante al momento de comparar animales, ya que tendríamos que ajustar los pesos por este factor para poder analizar los datos.

### **2.2.2 Factores que afectan el peso al destete**

El peso al destete es una característica de gran importancia, determinando en buena medida la eficiencia biológica y económica de un rodeo de cría. Marshall et al. (1976) determinaron que el peso al destete solo o en combinación con la edad al destete, explicaba entre el 62 y 68% de la variación en la eficiencia biológica en los sistemas

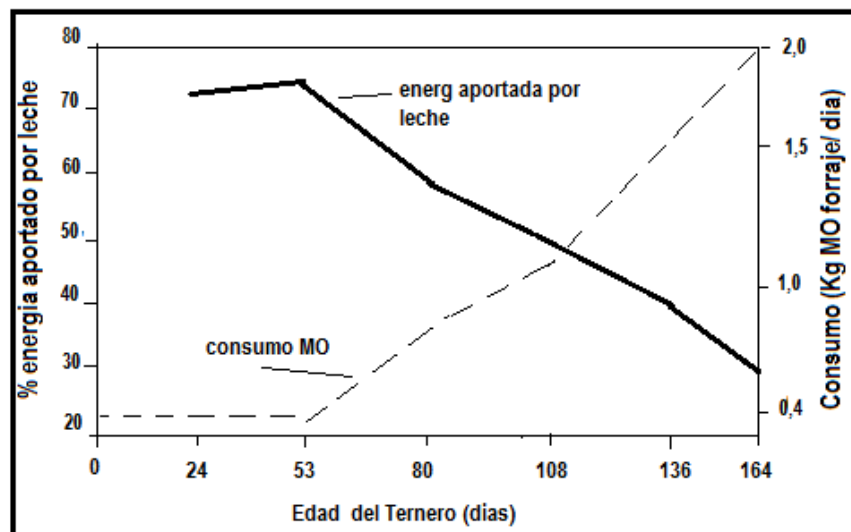
criadores. Lamb et al. (1992) reportaron que el peso al destete y la tasa de preñez explicaban el 82% de la variación en la eficiencia económica en sistemas criadores.

El peso al destete es uno de los parámetros del crecimiento de mayor importancia en la caracterización del valor de cría del futuro reproductor, de un ternero para la faena y de la habilidad materna de la vaca; es generalmente incluido en los índices de selección, es de fácil medición y está relacionado positivamente con todos los pesos en la vida del animal (Cantet, 1983).

### 2.2.2.1 Efecto materno

Es muy clara la evidencia de una estrecha relación entre la cantidad de leche que consume el ternero y su aumento de peso, especialmente durante los primeros tres meses de vida, ya que a partir del cuarto mes el aporte nutritivo de la leche es de poca importancia en relación al total de la dieta (Rovira, 1996). Este mismo autor establece que en términos muy generales, un 50 % de la variación en pesos al destete a los 6 meses, es atribuible a la variación en consumo de leche.

Figura No. 1. Aporte energético de leche materna y consumo de forraje del ternero.



Fuente: adaptado de Rovira (1996)

Varias semanas después de nacer, el rumen del ternero presenta un desarrollo incompleto, pareciendo la nutrición del ternero a la de un monogástrico, en la primera etapa de crecimiento la cría consume cantidades crecientes de forraje y otros alimentos

además de la leche; los alimentos consumidos estimulan el desarrollo del rumen y aportan una proporción creciente de los nutrientes que necesita el ternero, según el alimento disponible, la energía, las proteínas, los minerales, pueden limitar el crecimiento; por eso es importante la cantidad en la producción de leche, la calidad y disponibilidad del forraje, la estrategia de complementación y la estrategia de destete (Pond et al., 2002).

El volumen de leche producido a lo largo de la lactancia, y la concentración de sólidos (grasa, proteína y lactosa) influyen los requerimientos energéticos de las vacas de cría, especialmente durante los primeros meses de lactancia (Jenkins y Ferrell, 1994).

Según Cantet (1983), los efectos de las deficiencias en el consumo energético son más importantes sobre la performance reproductiva que sobre la producción de leche, debido a la posibilidad que tienen las vacas de movilizar reservas corporales para transformarlas en leche; pero hay que reconocer que en los sistemas de cría sobre campo natural, en la mayoría de las veces no tienen posibilidad de movilizar reservas, lo que se traduce en menor producción de leche.

El peso al destete se incrementa de forma cuadrática según la edad de la madre, con un pico que se mantiene de los 5-6 años hasta los 8-10 años, para luego declinar en vacas viejas. Indicativamente existe una diferencia promedio de 20 kg en el peso al destete entre terneros hijos de vacas maduras respecto de sus contemporáneos hijos de vaquillonas, en Hereford y Angus (Preston, citado por Cantet, 1983).

La raza de la vaca tiene incidencia tanto en la cantidad como la calidad de leche, en requerimientos de mantenimiento, y en diferencias de la eficiencia de producción, los cuales influyen en el crecimiento predestete de los terneros (Brown y Lalman, 2010).

Existe una mayor producción de leche en vacas cruzas F1 con relación a las puras Hereford y Angus a distintas niveles asignación, pastoreando campo natural, estas diferencias son atribuibles la heterosis individual materna de los vientres que representaron 9 y 43 % a alta y baja asignación. Esto sugiere que las cruzas aún en bajas ofertas mantienen producciones similares a las realizadas por cruzas y puras en alta oferta, probablemente debido a mecanismos de regulación asociados con la partición de la energía (Espasandín et al., 2006).

Espasandín et al. (2006) encontraron que los terneros hijos de vacas cruce entre Angus y Hereford presentaron mayor peso al destete que los terneros hijos de vacas puras, en media 12 kg (casi 11 %) más pesados, esto da una idea del potencial uso de la habilidad materna. En este sentido, el empleo de vacas cruzas, que generan terneros

retrocruza, mejoró un 26 % en la variable kilogramos de ternero destetado por vaca entorada por año, que constituye el principal indicador de las empresas criadoras.

Esta mayor eficiencia también ha sido reportada por Calegare et al. (2009) sostienen que en la medida que aumenta la heterosis en las vacas de cría, se observan disminuciones en los requerimientos de mantenimiento y por consecuencia aumenta su eficiencia de producción. Así como Morris et al. (1987), donde establece que el empleo de vacas cruza puede mejorar la producción física en hasta 30 % en su vida útil, sin incrementar los costos de producción.

#### **2.2.2.2 Genotipo del ternero**

En condiciones de producción del Uruguay, el peso al destete corregido a los 205 días promedio  $144.71 \pm 23.21$  y  $141.84 \pm 25.41$  para Aberdeen Angus y Hereford respectivamente (Brasesco y Echeverrigaray, 1988).

Al destete los terneros hijos de vacas Angus con toros Hereford fueron 5.39 kilos más pesados que los terneros hijos de toros Angus, a pesar del hecho de que los toros Angus se ubican dentro del 20 % superior de su raza para las DEPs de peso al destete (Pierce, 2010).

Cundiff, Long, Preston y Willis, citados por Cantet (1983) demostraron y revisaron ampliamente que existe vigor híbrido para peso al destete cuando se realizan cruzamientos. Según los datos publicados por estos autores la heterosis varía entre un 6% a un 16%.

La máxima heterosis es obtenida en el primer cruzamiento de diferentes razas, el cruzamiento recíproco con una de las razas parentales (como por ejemplo en un sistema rotacional) reduciría la heterosis (y por lo tanto una reducción en la producción). La heterosis puede impactar en muchos rasgos pero es especialmente usada para mejorar el rendimiento en rasgos de baja heredabilidad como los reproductivos y el crecimiento temprano (Gosey, 2005). Este mismo autor reportó una heterosis para peso al destete de 13 %.

#### **2.2.2.3 Sexo del ternero**

Los machos son en promedio más pesados que las hembras al período del destete, debido al mayor potencial de los machos para ganar peso. En este sentido los machos enteros pesan más que los machos castrados y estos a su vez pesan más que las hembras al destete (Cantet, 1983).

Este mayor potencial esta debido en parte a la mayor producción de andrógenos que se registra en los machos enteros por parte de los testículos como forma de testosterona, y también a que la testosterona más potente estimulador de la hormona de crecimiento que los estrógenos (Lawrence y Fowler, 1997).

#### **2.2.2.4 Efecto año**

Brasenco y Etcheverrigaray (1988) estudiando terneros Hereford y Angus criados sobre campo natural, para una secuencia de 20 años encontraron que el año de nacimiento tuvo un efecto significativo en el peso al destete, mostrando oscilaciones entre años, que en Hereford fue de 53 kg y en Angus de 41 kg. El efecto año se debe a varios factores como son temperaturas, manejo, sanidad, precipitaciones (muy asociada a la producción de forraje).

La relación entre producción de forraje, con precipitación y temperatura, explica que en sistemas ganaderos sin toma de decisiones en la interfase planta-animal, el «efecto año y estación» determinan la producción de terneros e ingreso económico del sistema (Soca et al., 2007).

### **2.3 CURVAS DE CRECIMIENTO Y MODELOS MATEMÁTICOS**

El crecimiento animal puede ser descrito por medio de funciones matemáticas que predican el desempeño de la evolución del peso vivo, dichas funciones permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción en las empresas ganaderas, pudiendo clasificar de forma sencilla la productividad de una raza específica para una zona determinada, así como conocer los parámetros genéticos para realizar procesos de selección de los mejores animales (Agudelo, 2004).

Las curvas de crecimiento reflejan la relación a lo largo de la vida entre el impulso inherente de los individuos a crecer y madurar en todas las partes del cuerpo, y el ambiente en que se expresan estos impulsos. Este ambiente está formado por el nivel individual de productividad, la cantidad y calidad del alimento consumido y el esfuerzo necesario para localizarlo, consumirlo y digerirlo (Fitzhugh, 1976).

Son múltiples los factores que pueden afectar el comportamiento de las curvas de crecimiento; genéticos, ambientales permanentes o transitorios, sanitarios, manejo y alimentación, por mencionar algunos. No existe una función que se pueda aplicar en forma generalizada para calcular el crecimiento animal, sin embargo dependiendo del periodo que se analice, se puede llegar a encontrar ecuaciones que permitan realizar proyecciones de crecimiento y sirvan como herramienta de trabajo al momento de tomar



decisiones en las explotaciones agropecuarias dedicadas a la cría de ganado (Agudelo, 2004).

Los objetivos primarios de ajuste de la curva de crecimiento son por un lado descriptivos, donde la información contenida en los distintos puntos peso-edad se resumen en muy pocos parámetros; y por otro lado predictivos donde los parámetros de la curva se pueden utilizar para presunciones muy diversas, tales como velocidades de crecimiento, requerimientos alimenticios, estrategias de comercialización, pesos a determinadas edades, etc. (Berlanga et al., 1995).

Uno de los caracteres de mayor importancia económica en la mejora del vacuno de carne es el peso a una determinada edad, por esto resulta de mucha importancia utilizar el método más exacto para estimar pesos y otras variables (Berlanga et al., 1995).

Los análisis de medidas repetidas en el tiempo son de fundamental importancia en producción animal, pues incluyen las situaciones en que las unidades experimentales o individuos, de diferentes sub-poblaciones o tratamientos (sexo, raza, entre otros), son analizados en diversas condiciones de evaluación. Dentro del enfoque de medidas repetidas, es importante considerar dos fuentes de variabilidad: variación aleatoria entre los animales, que posibilita probar el efecto de tratamientos global y dentro de cada tiempo, y la variación aleatoria entre medidas dentro de animal (Ribeiro, 2005).

La cantidad de medidas repetidas en el tiempo, permiten observar particularidades en las curvas de crecimiento. Sin embargo, si en la práctica no se realizan tantas mediciones, se ve limitada la capacidad de análisis e interpretación de los factores que intervienen en la ganancia de peso de los animales (Agudelo, 2004).

Para obtener resultados más precisos sobre las ecuaciones que se ajustan a las curvas de crecimiento, es recomendable realizar clasificaciones de los animales que tengan las mismas características (grupos contemporáneos) (Agudelo, 2004).

### **2.3.1 Modelos polinómicos**

- Lineal:  $y = a + bX$
- Cuadrática :  $y = a + bX + cX^2$
- Cúbica:  $y = a + bX + cX^2 + dX^3$

En estas ecuaciones “a” representa la ordenada en el origen (estimación de peso al nacimiento), “b” es la pendiente media de la curva (estimación de la ganancia media diaria desde el nacimiento a la edad máxima utilizada en el análisis), mientras que “c” y “d” son parámetros que determinan variaciones de linealidad en los polinomios de segundo y tercer orden (Berlanga et al., 1995).

Las curvas polinómicas (lineal, cuadrática, cúbica) constituyen las curvas de crecimiento más utilizadas debido a la evidente facilidad de cálculo, al no exigir procedimientos no lineales (mucho más lentos y más exigentes desde el punto de vista computacional) a pesar de que, a excepción de la lineal y tal vez la cuadrática, no poseen una fácil interpretación; la más utilizada es la ecuación del modelo de regresión lineal, que asume un crecimiento constante a lo largo de toda la vida animal, suele servir para explicar el crecimiento en intervalos más o menos cortos en la vida del animal (Delgado, 2000).

### **2.3.2 Modelos biológicos**

Desde la publicación en 1945 de Bioenergetics and Growth (Brody, 1945) se han hecho numerosos esfuerzos para entender y refinar el fenómeno biológico del crecimiento, que es un componente muy importante en los sistemas de producción de vacuno de carne, dando lugar a la definición de numerosas curvas de creciente complejidad que sean capaces de definir el crecimiento desde el nacimiento hasta madurez (e incluso desde el momento de concepción) (Azor, 2005).

- Gompertz  $y = Ae^{-Be^{(-kt)}}$
- Brody  $y = A (1 - B e^{-kt})$
- Von Bertalanffy  $y = A (1 - Be^{-kt})^3$
- Logístico  $y = A (1 + Be^{-kt})^{-1}$
- Richards  $y = A (1 - B e^{kt})^M$

Se las denomina como curvas biológicas, ya que todas presentan como atributo común el hecho de presentar parámetros que pueden ser interpretados biológicamente como son:

**A-** Peso asintótico en la madurez que establece la posición del individuo del grupo dentro del posible rango de pesos a la madurez, es decir, este parámetro establece si el animal, grupo o raza tiene un peso máximo bajo, medio o alto, independientemente de las fluctuaciones de pesos debidas a efectos genéticos y ambientales

**K-** El segundo parámetro importante, común a todas estas funciones, es el índice de crecimiento relativo al peso a la madurez o índice de madurez, "K", parámetro que nos indica el tiempo medio que se tarda en alcanzar la madurez. Estima la precocidad en alcanzar la madurez y determina la eficiencia de crecimiento de un animal.

**B-** El parámetro B es denominado parámetro de integración o interceptación con el eje Y sin otro significado biológico claro.

La ecuación de Richards formulada en 1959, es una generalización de gran flexibilidad, y con buen potencial de ajustar datos, según qué valor tome el M, se transforma en otra de las formulas, así cuando es 1 toma la forma de Brody, cuando es 3 toma la forma de Von Bertalanffy, al ser 0 pasa a ser la de Gompertz y cuando es -1 toma la forma Logística (Lawrence y Fowler, 1997).

Según Reynolds, citado por Brasesco y Echeverrigaray (1988), en un trabajo de investigación bajo condiciones de pastoreo, la curva de crecimiento predete que mejor se ajusta es la lineal. Mientras que Pell y Gaskins, citados por Brasesco y Echeverrigaray (1988) encontraron crecimiento cuadrático en esta etapa.

Villalba (2000) estudiando el efecto del genotipo y de la estación de nacimiento en terneros, reportó que la curva que mejor describió el crecimiento hasta los 150 días fue un modelo cuadrático.

Berlanga et al. (1995) estableció que las ecuaciones polinómicas son las de mejor ajuste, en especial la lineal, en terneros de la raza Retinto en el período comprendido entre el nacimiento y el destete.

Según Agudelo (2004) la función que se recomienda para evaluar el crecimiento de crías de vacuno durante las etapas iniciales de crecimiento es la regresión lineal simple, debido a su fácil aplicación e interpretación. Además, presenta un excelente ajuste a los datos de campo.

Agudelo et al. (2008) realizando estudios comparativos de los modelos matemáticos que evaluaban el crecimiento hasta edad adulta, encontró que los modelos de Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, sobrestimaban los pesos a edades tempranas, mientras que el logístico subestimaba el peso a la madurez. El modelo de cuatro parámetros de Richards tuvo un ajuste más preciso y requirió más cálculos para su ajuste que los modelos de tres parámetros, mientras que el modelo de Brody tiene un buen ajuste cuando se aplica a datos de bovinos con edades superiores a seis meses, ya que durante los primeros días de vida subestima el peso.

En este mismo sentido, Meyer (2001) reportó que las ecuaciones de Gompertz y Brody, serían las más adecuadas para modelar series de registros que incluyan el peso adulto y generalmente no ajustan bien pesos en etapas tempranas del crecimiento.

## **2.4 HIPÓTESIS**

Desde el nacimiento hasta el destete los modelos lineales son los que mejor representan la curva de crecimiento de los terneros.

Las curvas de crecimiento son afectadas por el genotipo y sexo del ternero, así como la categoría de la madre.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

El experimento se realizó en la estación experimental Bernardo Rosengurt (EEBR), perteneciente a Facultad de Agronomía UdelaR, ubicada en el departamento de Cerro Largo, ruta 26 (tramo Melo-Tacuarembó) km 408, a 28 km de la ciudad de Melo.

Los suelos de este establecimiento están desarrollados sobre los sedimentos de la formación Yaguarí. El tapiz dominante del campo natural está constituido por especies calificadas de tiernas a ordinarias, destacándose las gramíneas de ciclo estival (*Andropogon lateralis*, *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Paspalum dilatatum*, *Bothriochloa laguroides*, *Schizachyrium sp.*, *Coelorhachis selloana*) y de ciclo invernal (*Piptochaetium montevidiense*, *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera*). La producción de estos tapices presenta una marcada estacionalidad primavero-estival, acumulando en este período el 60% de la producción total anual.

#### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Para la realización de este experimento se trabajó con el banco de datos de todos los terneros nacidos a partir del 2002 del rodeo de cría de la EEBR, los mismos fueron manejados en base a campo natural en todos los períodos estudiados. Se registraron los pesos de un total de 1209 animales durante un período de 11 años (2002-2012), obteniéndose un total de 5245 registros. Las mediciones se realizaron a partir del nacimiento con frecuencias mensuales o bimensuales hasta los 180 días de edad.

Con el fin de ordenar los datos la variable genotipo fue agrupada según los genotipos de los terneros: puros o cruza. Dentro de los puros encontramos: Aberdeen Angus (AA) y Hereford (HH). Dentro de las cruza se diferencian según: F1 Angus-Hereford (AH) y F1 Hereford-Angus (HA); retrocruza Angus (Rt AA) y retrocruza Hereford (Rt HH).

Al conjunto de datos recabados se los ordenó en una única planilla excel, individualizando cada unidad experimental (ternero), con sus respectivos datos de genealogía (identificación de padre y madre), genotipo, categoría de la madre, caravana del ternero, fecha de nacimiento, sexo y sus pesajes sucesivos en el tiempo (peso al nacer=PN, peso al destete=PD).

En el cuadro No. 3 se presenta un resumen del banco de datos del rodeo de cría de la EEBR, con registros de peso tomados desde el año 2002 hasta 2012.

Cuadro No. 3. Número de individuos, números de registros y pesos promedio al nacer y al destete para Hereford, Angus y sus cruza.

<b>Raza ternero</b>	<b>No. Individuos</b>	<b>No. Registros</b>	<b>Promedio PN</b>	<b>Promedio PD</b>
<b>AA</b>	270	1079	34,13	149,00
<b>HH</b>	261	1061	35,66	136,86
<b>F1</b>	297	1345	35,38	142,21
<b>RT</b>	381	1760	36,01	141,77
<b>Total</b>	<b>1209</b>	<b>5245</b>		

A los registros de peso se le se realizó un análisis de varianza para estudiar la significancia de los distintos efectos en el crecimiento. El modelo de análisis incluyó los efectos fijos de genotipo, año y mes de nacimiento, categoría de la madre y sexo del ternero.

El nivel de significancia estadística fue de  $P < 0.05$ . Los análisis se realizaron mediante el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS, 2009).

Posteriormente, los datos de peso fueron corregidos para cada efecto significativo obteniendo los pesos ajustados por todos los factores.

Con los datos ajustados se probaron modelos de regresión lineal y cuadrática. En caso de incrementarse el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) en el modelo cuadrático se procedía a ajustar el modelo cubico. En todos los casos el modelo elegido correspondió al de mayor coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El peso vivo de cada ternero desde el nacimiento hasta 6 meses de edad analizado por los efectos fijos se presenta en el cuadro No. 4.

Cuadro No. 4. Resultado del análisis de varianza de los distintos factores considerados en el modelo.

<b>Efecto</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F valor</b>	<b>p valor</b>
Año	10	38,33	<0,0001
Raza del ternero	3	25,35	<0,0001
Categoría madre	2	27,78	<0,0001
Sexo	1	118,87	<0,0001
Mes de nacimiento	1	4,77	0,0002
Pesaje	11	31,52	<0,0001
Año * mes de nacimiento	24	16,01	<0,0001

Conforme mostrado por el p-valor, todos los efectos incluidos en el modelo fueron significativos. Una adecuada modelación del crecimiento de los terneros durante este período debería incluir un previo ajuste por estos factores.

Estos datos concuerdan con lo reportado por Martínez (2011), donde analizando el crecimiento de la raza Aberdeen Angus, determinó que los efectos de año de nacimiento, sexo del ternero, época de nacimiento y edad de las vacas resultaron altamente significativos ( $P < 0,01$ ) sobre los pesos al nacer y al destete.

Ossa (2007) encontró que los efectos del año de nacimiento, número de partos de la vaca y el sexo del ternero fueron significativos ( $P < 0,01$ ) para el peso al nacer y peso al destete. Por su parte, el mes de nacimiento fue significativo ( $P < 0,01$ ) sólo para el peso al destete.

#### 4.1 PESO AJUSTADO PARA CADA RAZA DE TERNERO

La curva de crecimiento promedio de todos los terneros analizados en la base de datos se presenta en el cuadro No. 5. Del mismo modo son presentados los modelos lineal y cuadrático para los diferentes genotipos.

Cuadro No. 5. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete de diferentes genotipos.

<b>Genotipo</b>	<b>Modelo lineal (r<sup>2</sup>)</b>	<b>Modelo cuadrático (r<sup>2</sup>)</b>
<b>Todos los genotipos</b>	38,9 + 0,64x (0,95)	38,8 + 0,65x - 0,000004x <sup>2</sup> (0,95)
<b>Hereford</b>	39,6 + 0,64x (0,96)	39,6 + 0,65x - 0,000001x <sup>2</sup> (0,96)
<b>A.Angus</b>	40,2 + 0,64x (0,95)	39,6 + 0,67x - 0,0001x <sup>2</sup> (0,95)
<b>F1</b>	37,5 + 0,64x (0,95)	37,2 + 0,66x - 0,0001x <sup>2</sup> (0,95)
<b>Retrocruzas</b>	39,4 + 0,64x (0,96)	39,4 + 0,64x - 0,0000001x <sup>2</sup> (0,96)

Como refleja el cuadro el coeficiente de determinación del modelo cuadrático no aumento con respecto al del modelo lineal, siendo innecesario probar el modelo cúbico.

Para todos los genotipos presentados en el cuadro, el modelo lineal fue suficiente para explicar el 95-96 % de la variabilidad de los pesos obtenidos respecto a los ajustados (r<sup>2</sup>). Esto indica un elevado ajuste del modelo para replicar los resultados.



Junto a su fácil aplicación e interpretación, hacen que el mismo represente una manera práctica y sencilla de visualizar el crecimiento de los terneros desde el nacimiento hasta el destete.

Berlanga et al. (1995) analizando los pesos ajustados por distintos parámetros con significancia sobre el crecimiento en el período de nacimiento a destete, encontró un coeficiente de determinación de 0,903 para el ajuste del modelo lineal, siendo mayor al ajuste de modelos polinómicos de mayor orden, como sobre modelos biológicos.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se presentan gráficas con sus respectivas líneas de tendencias, ecuaciones de predicción del peso vivo y  $r^2$ , ajustados para cada genotipo de terneros estudiado.

Figura No. 2. Ajuste del modelo lineal para la raza Aberdeen Angus en función de la edad en días.

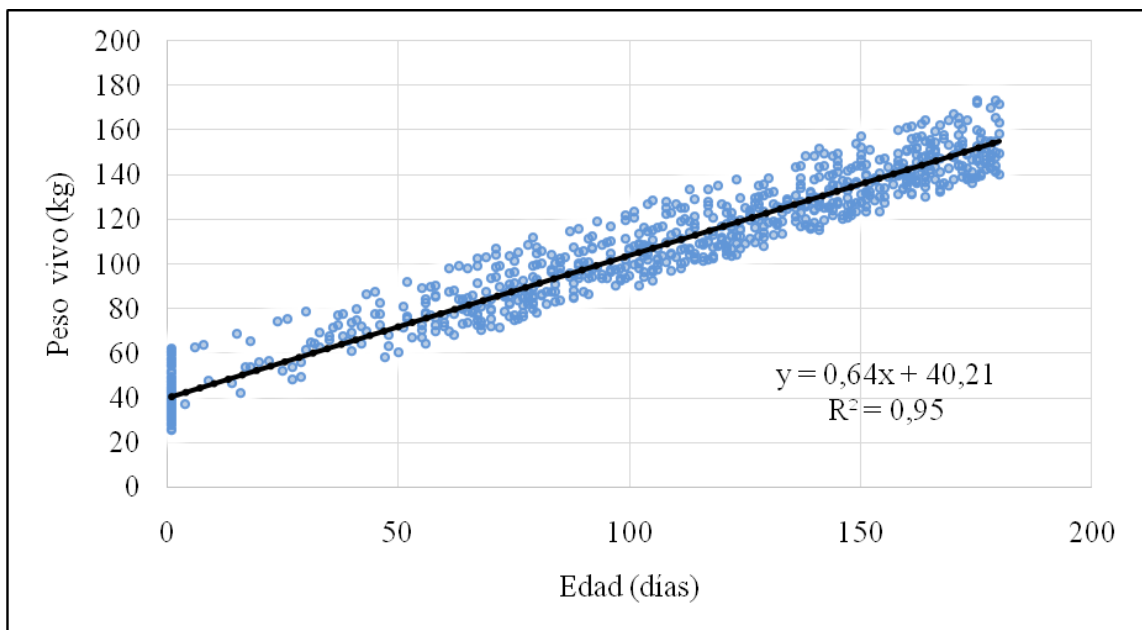


Figura No. 3. Ajuste del modelo lineal para la raza Hereford en función de la edad en días.

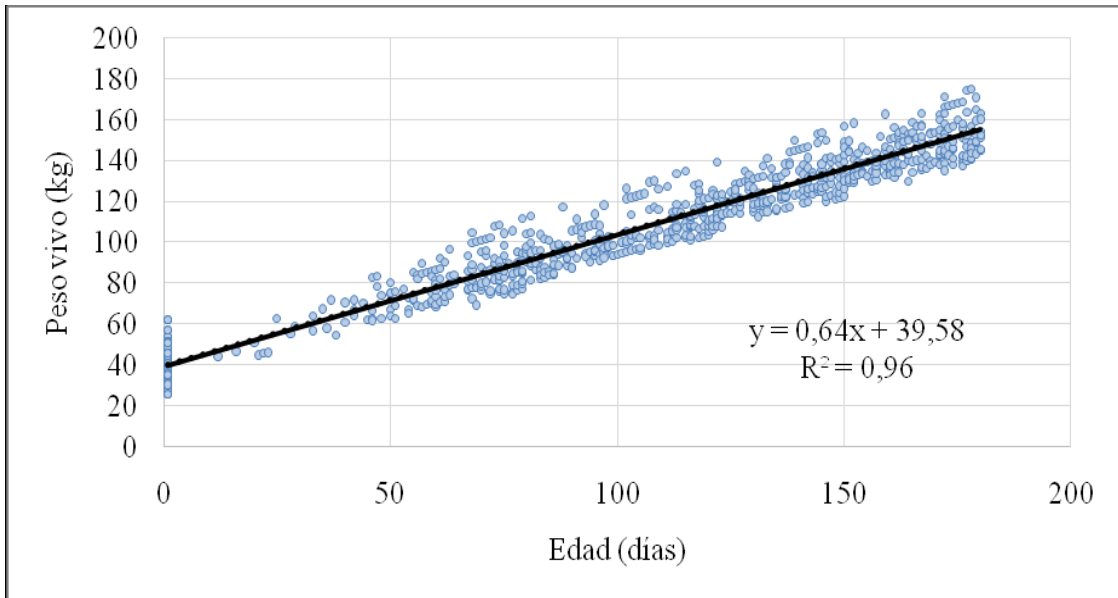


Figura No. 4. Ajuste del modelo lineal para las cruzas F1 en función de la edad en días.

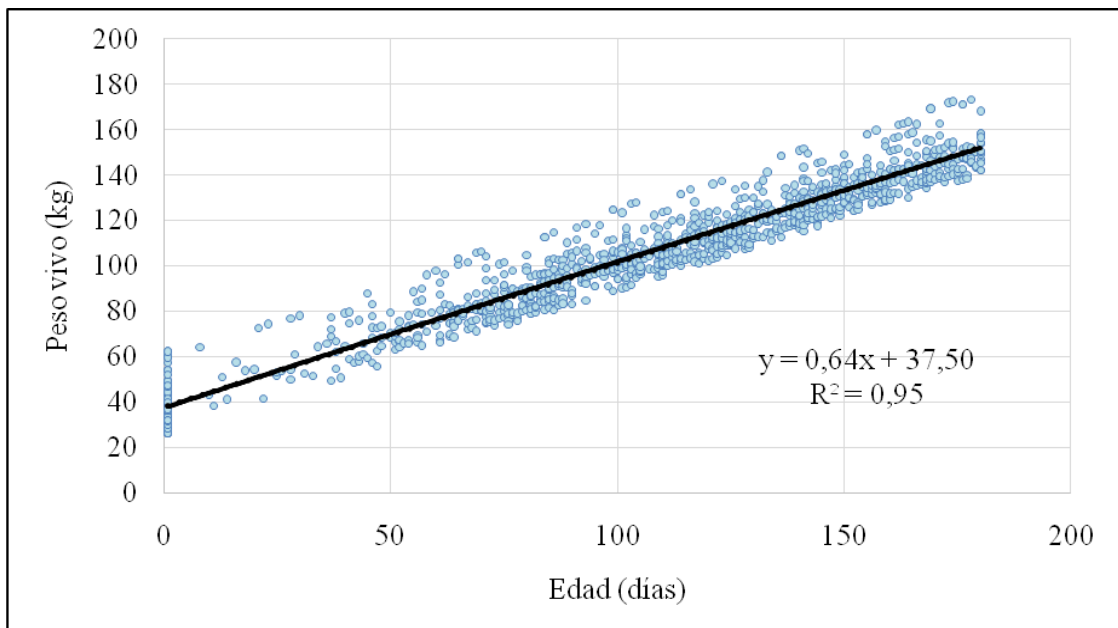
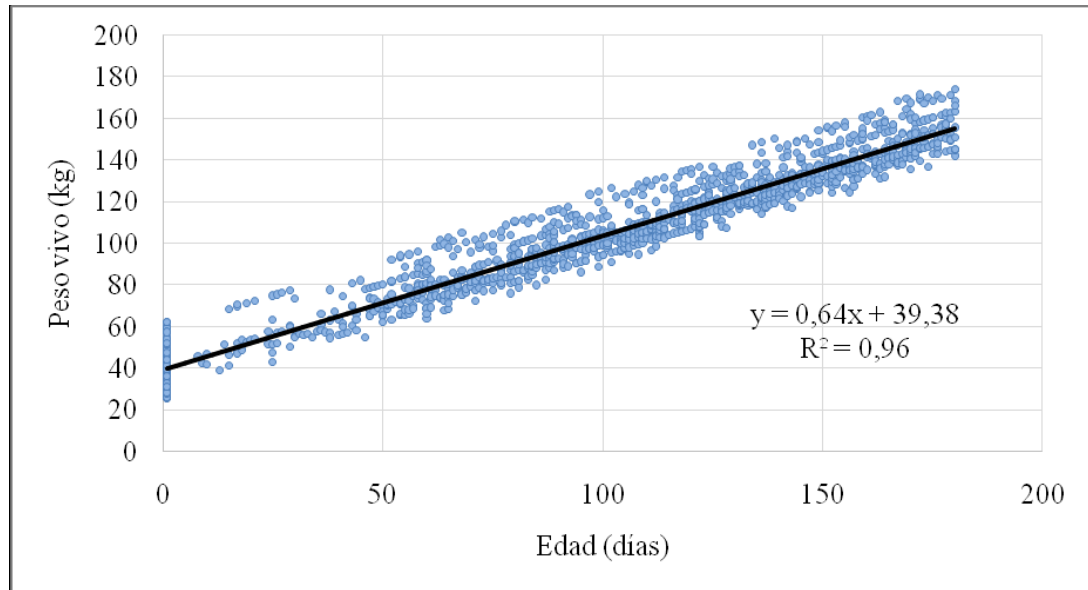


Figura No. 5. Ajuste del modelo lineal para las retrocruzas en función de la edad en días.



Según los pesos ajustados para raza del ternero, los mayores pesajes al nacer fueron para AA seguidos por HH, retrocruzas y F1 con 40,218 kg, 39,584 kg, 39,388 kg y 37,503 kg respectivamente.

Si consideramos al intercepto de los modelos lineales observados, como el peso al nacer de los terneros, los hijos de madres cruzas F1 (terneros retrocruzas), fueron más pesados que los terneros F1 hijos de padre y madre puros pero de distintas razas (39,388 kg vs 37,503 kg, respectivamente). Esto probablemente refleja ventajas de la heterosis que presentan las madres cruzas con respecto a las madres puras debido a la mayor capacidad de partición de los nutrientes hacia el feto en la etapa prenatal.

Sin embargo estos mayores pesos en terneros cruzas y retrocruzas no se traducen en mayores incidencias de parto distócicos conforme reportado por Espasandín et al. (2006).

En los cuadros No. 6 y 7 se presentan los PN y PD respectivamente, explicados por el modelo lineal junto con los pesos reales, sin ajustar, registrados en el banco de datos de la EEBR.

Cuadro No. 6. PN promedio de base de datos y PN ajustado para genotipo.

<b>Genotipo</b>	<b>PN (Kg) Promedio de banco de datos</b>	<b>PN (Kg) Ajustado para genotipo</b>
<b>AA</b>	34,1	40,2
<b>HH</b>	35,7	39,6
<b>F1</b>	35,4	37,5
<b>RT</b>	36,0	39,4

Comparando los pesos al nacer explicados por el modelo contra los pesos del resumen del banco de datos del rodeo de cría de la EEBR, se observa que el modelo sobreestima los PN, (ver cuadro No. 6). Probablemente existen otros efectos, como posibles interacciones entre los mismos efectos en cuestión, no incluidos en el análisis de varianza que sean significativos sobre la variable PN.

Al no corregir los PN por estos efectos, el modelo no consigue ajustar con precisión los pesos para estos factores a los datos reales contenidos en el banco de datos.

Cuadro No. 7. PD promedio de base de datos y PD ajustado para genotipo.

<b>Genotipo</b>	<b>PD (Kg) Promedio de banco de datos</b>	<b>PD (Kg) Ajustado para genotipo</b>
<b>AA</b>	149,0	155,3
<b>HH</b>	136,9	154,2
<b>F1</b>	142,2	152,4
<b>RT</b>	141,8	155,3

El promedio de los PD para los distintos genotipos registrados en el banco de datos de la EEBR es inferior a los explicados por el modelo. Posiblemente los mismos factores que llevan a sobrestimar los PN, estén incidiendo en la variable PD.

Del mismo modo, los PN citados en la bibliografía son menores a los PN que surgen del modelo lineal, así como también menores aun, a los PN del banco de datos de la EEBR.

Espasandín et al.(2006),en un trabajo bajo pastoreo de campo nativo evaluando las razas Angus, Hereford y sus cruzas, reporta PD de 132 para HH kg, 156 kg para AA, cruza F1 entre 154 a 164 kg, mientras que las retrocruzas de 167 a 169 kg.

Sin embargo, las ganancias de peso diarias no mostraron diferencias importantes entre las distintas razas, siendo las menores ganancias de 0,6381 kg/día para los terneros F1 y las mayores para los terneros retrocruzas con 0,6439 kg/día, solamente 0,0158 kg/día de diferencia.

Las ganancias diarias explicadas por el modelo lineal para los pesos ajustados por genotipo, coinciden con resultados obtenidos por Rogberg (2006) en condiciones de pastoreo reportando ganancias diarias de 0,6, 0,58 y 0,64 kg/ día para terneros Angus, Hereford y cruza F1 respectivamente.

#### **4.2 PESO AJUSTADO PARA CADA CATEGORÍA MADRE DE TERNERO**

La categoría de la madre se toma en cuenta a partir del análisis de varianza como un efecto significativo que influye en el peso de los terneros en las etapas iniciales del crecimiento. Por este motivo se ajustaron los pesos según categoría de la madre, primera cría, segunda cría o adultas, para poder analizar cómo este efecto incide en el peso de los terneros. Posteriormente se probaron los modelos matemáticos a la serie de datos ajustados.

Se presentan en el cuadro No. 8 los ajustes de modelos lineal y cuadrático para la base de datos de peso de terneros ajustados por categoría de la madre

Cuadro No. 8. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete para diferentes categorías de madre.

<b>Categoría de la madre</b>	<b>Modelo lineal (r<sup>2</sup>)</b>	<b>Modelo cuadrático (r<sup>2</sup>)</b>
<b>Primera cría</b>	36,04 + 0,64x (0,96)	36,14 + 0,63 – 0,000004x <sup>2</sup> (0,96)
<b>Segunda cría</b>	37,40 + 0,63 (0,97)	37,38 + 0,63 x – 0,0000004 x <sup>2</sup> (0,97)
<b>Adultas</b>	40,32 + 0,64 (0,95)	40,40 + 0,64 x – 0,000003 x <sup>2</sup> (0,95)

Los coeficientes de determinación surgidos del ajuste de la ecuación lineal, 0,96, 0,97 y 0,95 para primera cría, segunda cría y adultas respectivamente, indican una alta bondad de predicción del modelo al conjunto de datos.

En las figuras No. 6, 7 y 8 se presentan las gráficas con sus respectivas líneas de tendencias, ecuaciones y r<sup>2</sup>, que modelan el peso de los terneros ajustado para categoría de la madre.

Figura No. 6. Ajuste del modelo lineal para categoría primera cría en función de la edad en días.

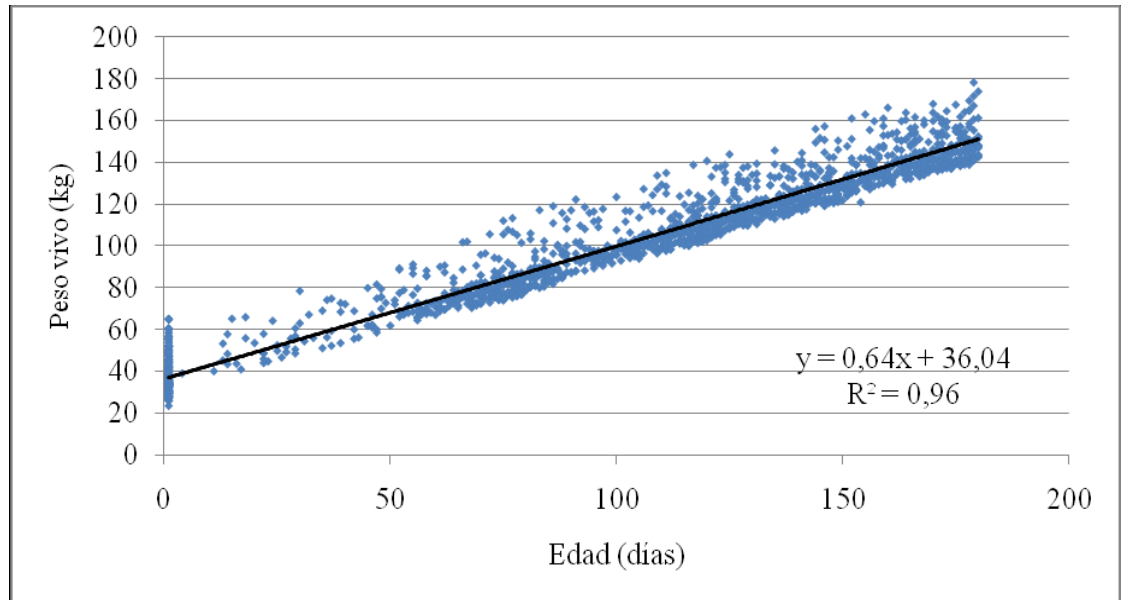


Figura No. 7. Ajuste del modelo lineal para categoría segunda cría en función de la edad en días.

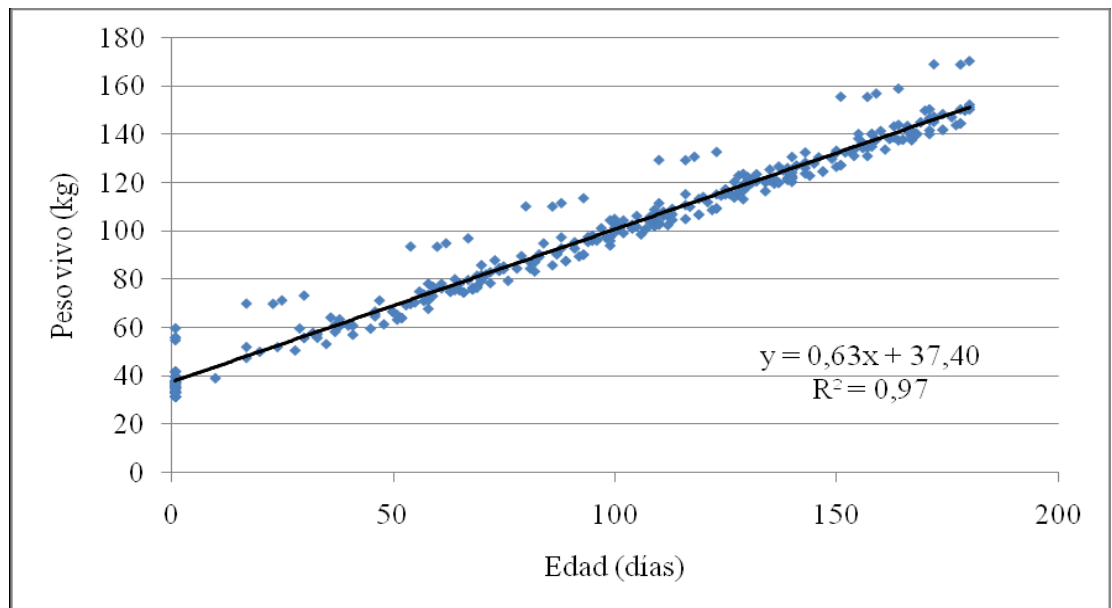
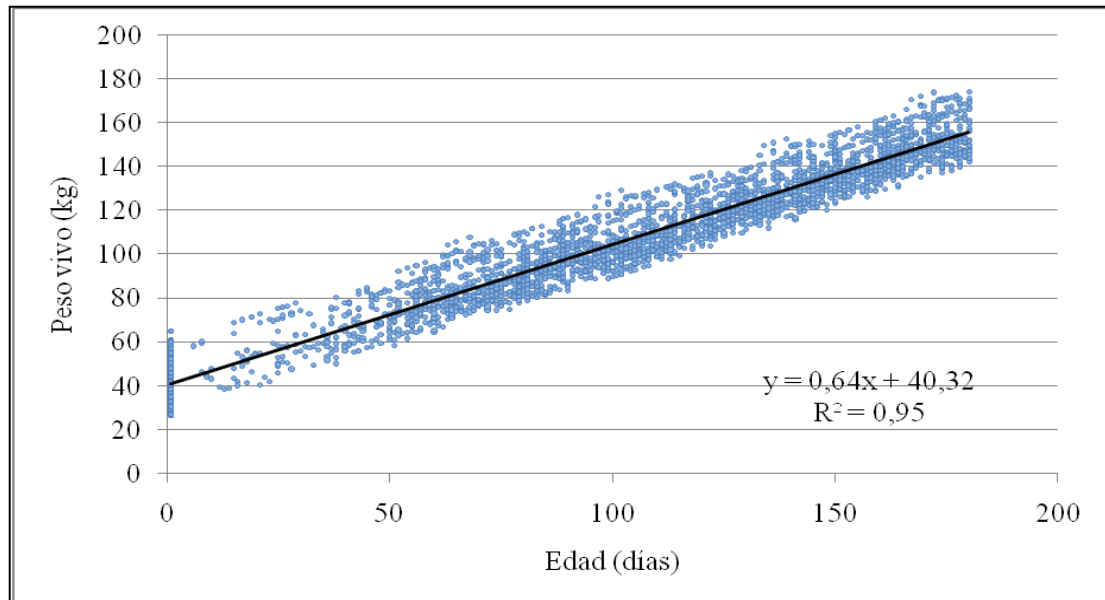


Figura No. 8. Ajuste del modelo lineal para categoría adultas en función de la edad en días.



Al modelar los pesos corregidos por categoría de la madre, resultan diferencias en el PN para las distintas categorías, en donde la categoría de primera cría presentó un valor menor, 36,04 kg, en relación a la de segunda cría, 37,40 kg y estas a su vez menores que las adultas, 40,32 kg.

Las ganancias diarias de los terneros hijos de distintas categorías de madre no presentaron diferencias entre si, donde el modelo estima ganancias diarias de 0,6424 kg/d para los vientres adultos, 0,6379 kg/d para los vientres de segunda cría y 0,6330 kg/d para los de primera cría.

Los PD ajustados a los 180 días surgidos del modelo son de 151,6 kg, 150,8 kg, 155 kg para primera, segunda cría y adultas respectivamente.

Los vientres primerizos presentan elevadas exigencias nutricionales, ya que se encuentran en etapas de activo crecimiento, a lo que se agrega el terminar con el desarrollo y disponer de energía para la gestación, sobre todo durante el último tercio de la misma.

El efecto de competencia que se da entre el crecimiento activo y el desarrollo, se manifiesta en mayor medida cuanto menor edad tenga el vientre al primer entore, ya



que probablemente no haya completado su desarrollo encontrándose en etapa de pleno crecimiento.

Distintos experimentos a nivel nacional estudiando el crecimiento de terneros en la fase nacimiento – destete bajo condiciones de pastoreo a campo natural, encontraron resultados similares.

Aunchayana (2013) trabajando con vacas primíparas Hereford, registró ganancias medias diarias para los terneros de 0,58 y 0,79 kg/día y un peso al destete de 147 y 176 Kg para bajas y altas asignaciones de forraje respectivamente, medidos en torno a los 180 días.

Carriquiry et al. (2012) reportaron ganancias diarias de terneros hijos de vacas multíparas Hereford, Angus y cruce de entre 0,63 y 0,88 según asignación forrajera baja o alta, y diferencias al PD a los 180 días de 165 y 189 kg entre hijos de madres puras y madres cruce.

#### 4.3 PESO AJUSTADO PARA SEXO DEL TERNERO

Cuadro No. 9. Modelos lineal y cuadrático para el crecimiento de terneros desde el nacimiento al destete de diferente sexo.

<b>Sexo</b>	<b>Modelo lineal (r<sup>2</sup>)</b>	<b>Modelo cuadrático (r<sup>2</sup>)</b>
<b>Macho</b>	39,86 + 0,64x (0,95)	39,79 + 0,64x - 0,000003x <sup>2</sup> (0,95)
<b>Hembra</b>	37,85 + 0,64x (0,96)	37,64 + 0,64 - 0,000005x <sup>2</sup> (0,96)

Al ajustar los modelos lineal y cuadrático a los datos agrupados por el sexo de los terneros, se encontraron coeficientes de determinación iguales entre sí, siendo 0,95 para lineal y cuadrático de machos y 0,96 para hembras, respectivamente. El modelo

elegido para analizar los datos debería ser el lineal dada su sencillez y facilidad de interpretación.

Agudelo (2004), que ajustando modelos para diferentes animales agrupados por sexo, con las funciones lineal, cuadrática y cubica, obtuvo coeficientes de determinación de 0,994, 0,994 y 0,996 para los machos y de 0,983, 0,990 y 0,992, para las hembras, respectivamente.

En las figuras No. 9 y 10 se presentan las gráficas con sus respectivas líneas de tendencias, ecuaciones y  $r^2$ , que modelan el peso de los terneros ajustado para sexo del ternero.

Figura No. 9. Ajuste del modelo lineal para los machos en función de la edad en días.

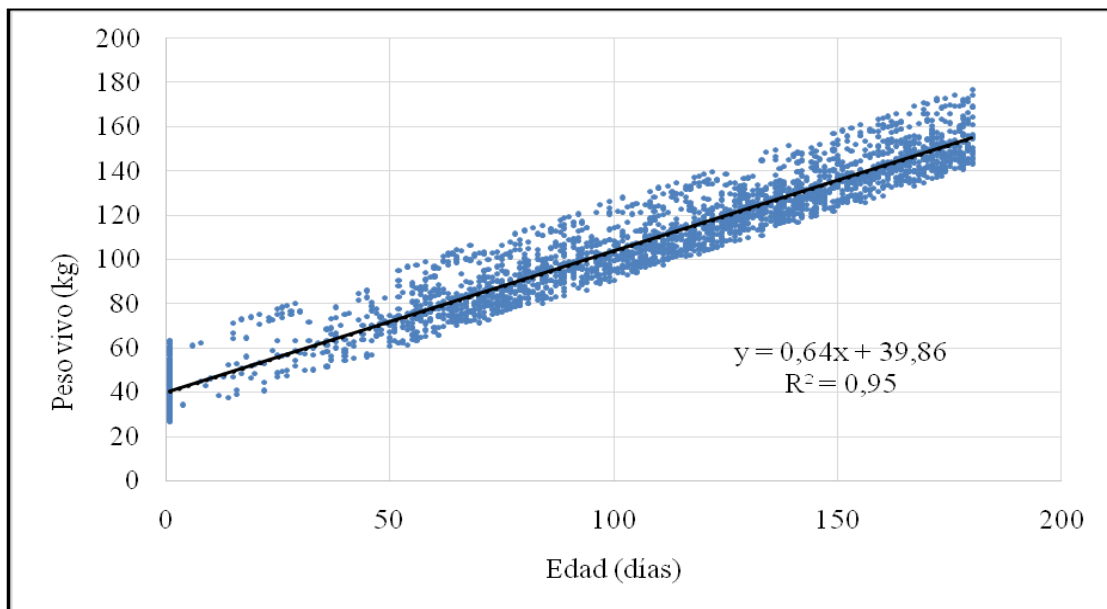
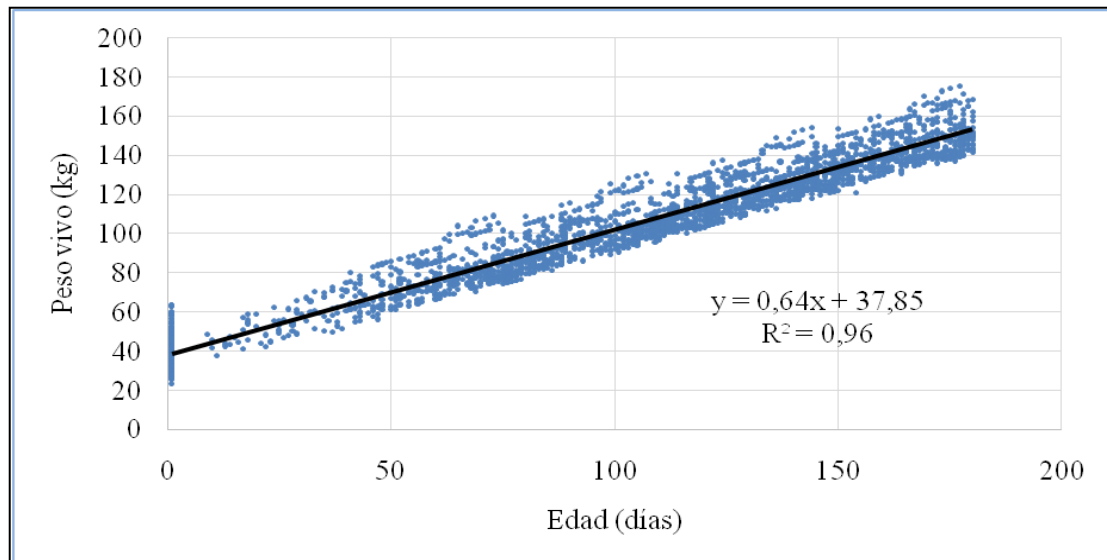


Figura No. 10. Ajuste del modelo lineal para las hembras en función de la edad en días.



El sexo del ternero es considerado un factor importante como fuente de variación en el peso al nacer, los terneros machos presentan mayores pesos al nacer, 39,86 kg, en comparación con las hembras 37,80 kg, según el ajuste del modelo lineal.

Dado que ambos sexos presentan ganancias diarias similares, 0,6396 kg/día para machos y 0,6433 kg/día para hembras, los mayores PN en los machos se mantienen en el PD obtenidos por el modelo, 154,8 kg para machos y 153,5 kg para las hembras.

El efecto del sexo se explica en gran medida por el mayor potencial de los machos en crecimiento pre y post-natal, posiblemente la acción precoz de la hormona testosterona en los machos, la cual determina una tasa metabólica más acentuada en el feto durante el período de gestación. Esta acción hormonal se sigue manifestando durante toda la vida del animal, particularmente al acercarse al momento de la pubertad, el desarrollo de órganos reproductivos en los machos provocan incrementos en los niveles de testosterona que inciden en un mayor crecimiento (Bavera et al., 2005).

Mendonça (2003) reporta PN de terneros cruza F1 (HH x AA) de 29,32 kg para hembras y 33,26 kg para machos.

En tanto que Bustamante (1972) en un experimento con terneros Hereford reporta 32,0 kg y 34,7 kg para hembras y machos respectivamente. Mendonça (2003) en rodeo Hereford, entorando con Angus (terneros cruza), el PD 205 días, reportó, 151,7 kg machos y 146,3 kg hembras.

## **5. CONCLUSIONES**

Todos los efectos fijos, genotipo del ternero, categoría de la madre, sexo del ternero, año y mes de nacimiento dentro de cada año, incluidos en el análisis de varianza mostraron efectos significativos ( $P > 0,001$ ) sobre el peso vivo de los terneros con relación a la edad en días.

Al modelar las curvas de crecimiento de estos terneros, desde el nacimiento hasta los seis meses de edad, considerando los pesos ajustados para los efectos fijos considerados, el modelo que mejor se ajusta a la serie de datos es el modelo polinómico lineal ( $Y = a + bx$ ) presentando en todos los casos altas bondades de predicción con coeficientes de determinaciones siempre mayores a 0,95.

Las funciones matemáticas que mejor describen el crecimiento animal, pueden utilizarse para evaluar el nivel de producción de un rodeo en determinado ambiente y junto a la genealogía de los animales pueden formar parte de programas de evaluación genética de distintas razas, donde los registros de producción son esenciales para la formulación de las diferencias esperada en la progenie (DEP) de los reproductores.

Los terneros puros y retrocruzas no mostraron diferencias importantes entre sus pesos al nacer, ni entre sus pesos al destete, mientras que los terneros F1 fueron los de menor PN y PD, sin embargo las ganancias de peso diarias fueron similares en todos los genotipos.

Existen diferencias entre los pesos al nacer y los pesos al destete entre terneros hijos de distintas categorías de madre, siendo las vacas de primera y segunda cría las que produjeron los terneros más livianos, tanto al nacimiento como al destete, mientras que las ganancias diarias de peso entre los terneros no mostraron diferencias.

El sexo del ternero afecta los pesos al nacer y al destete de los terneros, siendo los machos siempre más pesados que las hembras durante el periodo analizado. No se registraron diferencias en ganancia diaria entre machos y hembras.

## **6. RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es modelar las curvas de crecimiento desde el nacimiento hasta los seis meses de edad de terneros de diferente genotipo (Hereford, Angus y sus respectivas cruas), sexo y categoría de la madre; en pastoreo en campo natural. Uno de los caracteres de mayor importancia económica en la mejora del vacuno de carne es el peso a una determinada edad, por esto resulta de mucha importancia utilizar el método más exacto para estimar pesos y otras variables. Para obtener resultados más precisos sobre las ecuaciones que se ajustan a las curvas de crecimiento, es recomendable realizar clasificaciones de los animales que tengan las mismas características (grupos contemporáneos), con este fin se agruparon los animales teniendo en cuenta los factores que pueden afectar el comportamiento de las curvas. Para la realización de este experimento se trabajó con el banco de datos de todos los terneros nacidos a partir del 2002 del rodeo de cría de la EEBR. Se registraron los pesos de un total de 1209 animales durante un período de 11 años (2002-2012), obteniéndose un total de 5245 registros. Las mediciones se realizaron a partir del nacimiento con frecuencias mensuales o bimensuales hasta los 180 días de edad. A los registros de peso se les realizó un análisis de varianza para comprobar la significancia de los distintos efectos en el crecimiento. El modelo de análisis incluyó los efectos de genotipo, año y mes de nacimiento, categoría de la madre y sexo del ternero. Conforme mostrado por el p-valor, todos los efectos incluidos en el modelo fueron significativos. Una adecuada modelación del crecimiento de los terneros durante este periodo debería incluir un previo ajuste por estos factores. Posteriormente los datos de peso fueron corregidos para cada efecto significativo obteniendo los pesos ajustados para cada uno de los factores. Al modelar las curvas de crecimiento de estos terneros, considerando los pesos ajustados para los efectos fijos considerados, el modelo que mejor se ajusta a la serie de datos es el modelo polinómico lineal ( $Y = a + bx$ ) presentando en todos los casos altas bondades de predicción con coeficientes de determinaciones siempre mayores a 0,95.

Palabras clave: Terneros; Crecimiento; Modelos de crecimiento; Hereford; Angus.

## **7. SUMMARY**

The aim of this study is to model the growth curves from birth to six months for calves of different genotype (Hereford, Angus and their crosses), gender and category of the mother; grazing on natural grassland. One of the characters of major economic importance in the improvement of beef cattle is the weight at a given age, so it is very important to use the most accurate method to estimate weights and other variables. In order to get more accurate results on equations that fit the growth curves, always take classifications of animals that have the same characteristics (contemporary groups), For this purpose, taking into account factors that may affect animal behavior curves are grouped. To carry out this experiment, the database of all calves born from 2002 breeding rodeo of EEER was taken into account. A total of 1209 animals were weighed for a period of 11 years (2002-2012), obtaining 5245 records. Measurements were made from birth with monthly or bimonthly frequency up to 180 days. Weight records underwent an analysis of variance to test the significance of the different effects on growth. The analysis model included the effects of genotype, year and month of birth, category of the mother and sex of calf. As shown by the p-value, all effects included in the model were significant. Proper modeling of the growth of calves during this period should include a presetting by these factors. Subsequently weight data were corrected for each significant effect getting adjusted weights for each of the factors. By modeling the growth curves of these calves, considering the weights adjusted for fixed effects considered, the model that best fits the data set is the linear polynomial model ( $Y = a + bx$ ) presenting in all cases high benefits of prediction coefficients determinations always greater than 0.95.

Keywords: Calf; Growth; Growth models; Hereford; Angus.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

1. Agudelo, D. A. 2004. Curvas de crecimiento de crías de vacuno levantadas en la Corporación Universitaria Lasallista. (en línea). Revista Lasallista de Investigación. 1(2): 42-45. Consultado 11 feb. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69510207http>
2. \_\_\_\_\_.; Cerón, M.; Restrepo, L. 2008. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21: 39-58.
3. Aguilar, I.; Ravagnolo, O.; Pravia, M. I.; Ciappesoni, G. 2005. Mejoramiento genético de ganado de carne. Revista ARU. 68: 50-53.
4. Aunchayna, G.; Rodríguez, G. 2013. Efecto de la oferta de forraje pre y posparto en vacas primíparas hereford pastoreando campo natural sobre el crecimiento del ternero predestete. Tesis Dr. Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 81 p.
5. Azor, P. J.; Jiménez, J. M.; Valera, M. Salado, F. 2005. Determinación de la curva de crecimiento de los terneros de raza retinta. (en línea). Información Asociaciones. 27: 66-72. Consultado 5 mar. 2015. Disponible en <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/6247/feagas27-2005.1-2.pdf?sequence=1>
6. Bavera, G.; Bocco, O.; Beguet, H.; Petryna, A. 2005. Crecimiento desarrollo y precocidad. (en línea). In: Cursos de Producción Bovina de Carne (2005, Río Cuarto). Publicaciones. Río Cuarto, UNRC. FAV. pp. 1-11. Consultado 10 feb. 2015. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/externior/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/externior/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf)
7. Berg, R. T.; Butterfield, R. M. 1976. New concepts of cattle growth. New York, Sydney University. 240 p.
8. Berlanga, M. E.; Molina, A.; Luque, A. J. 1995. Estimación de la curva de crecimiento en vacuno retinto desde el nacimiento hasta el destete. (en línea). Archivos Zootecnia. 44 (166-167): 179-192. Consultado 11 mar. 2015. Disponible en [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24\\_13\\_04\\_166-167\\_09\\_2.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24_13_04_166-167_09_2.pdf)

9. Brasesco, R.; Echeverrigaray, G. 1988. Efectos genéticos y ambientales que inciden en el peso al nacer, peso al destete y ganancia diaria predestete de terneros Hereford y Aberdeen Angus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 170 p.
10. Brown, M. A.; Lalman, D. L. 2008. Prewaning performance of calves from Bonsmara, Brangus, Charolais, Gelbvieh, Hereford, and Romosinuano Sires Bred to Brangus cows managed on native rangeland or improved forages. (en línea). *The Professional Animal Scientist*. 24: 67–75. Consultado 25 ene. 2015. Disponible en <http://pas.fass.org/content/24/1/67.abstract>
11. Bullock, K. D.; Bertrand, J. K.; Benyshek, L. L. 1993. Genetic and environmental parameters for mature weight and other growth measures in Polled Hereford cattle. *Journal of Animal Science*. 71:1737- 1741.
12. Bustamante, J. L.; López, C. 1972. Factores ambientales que afectan el peso al nacimiento de los terneros. (en línea). *In: Cursos de Producción Bovina de Carne (1972, Río Cuarto)*. Publicaciones. Río Cuarto, UNRC. FAV. pp. 209-217. Consultado 20 abr. 2015. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_parto/76-ambiente\\_peso\\_terneros.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_parto/76-ambiente_peso_terneros.pdf)
13. Calegare, L.; Alencar, M. M.; Packer, I. U.; Ferrell, C. L.; Lanna, D. P. D. 2009. Cow/calf preweaning efficiency of Nellore and Bos taurus x Bos indicus crosses. *Animal Science*. 87: 740-747.
14. Cantet, R. J. 1983. El crecimiento del ternero. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 81 p.
15. Carámbula, M. 2007. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 186 p.
16. Carriquiry, M.; Espasandín, A. C.; Astessiano, A. L.; Casal, A.; Claramunt, M.; Do Carmo, M.; Genro, C.; Gutiérrez, V.; Laporta, J.; López-Mazz, C.; Meikle, A.; Olmos, F.; Pérez-Clariget, R.; Scarlato, S.; Trujillo, A. I.; Viñoles, C.; Soca, P. 2012. La cría vacuna sobre campo nativo; un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. *In: Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (4º., 2012, Montevideo, UY)*. Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 41-48.



17. Caton, J. S.; Hess, B. W. 2010. Maternal plane of nutrition and impact on the offspring. In: Hess, B. W.; Delcurto, T.; Bowman, J. G. P. eds. Impacts on fetal outcomes and postnatal offspring responses. Champaign, IL, American Society of Animal Science. pp. 134-148.
18. Delgado, C.; Valera, M.; Molina, A.; Jiménez, J. M. 2000. Circunferencia escrotal como predictor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: curvas de crecimiento en el vacuno Retinto. (en línea). Archivos Zootecnia. 49 (185-186): 229-240. Consultado 22 feb. 2015. Disponible en [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/02\\_02\\_50\\_33d\\_elgadoc1.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/02_02_50_33d_elgadoc1.pdf)
19. Espasandín, A. C.; Franco, J. B.; Oliveyra, G.; Bentancur, O.; Gimeno, D.; Pereyra, F.; Rogberg, M. 2006. Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus en el Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (34as., 2006, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 41-51.
20. \_\_\_\_\_. ; Ciria, M. 2008. Recursos genéticos y ambientes de producción en la cría vacuna. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 25-39 (Serie Técnica no. 174).
21. Fitzhugh, H. A. 1976. Analisis of growth curves and strategies for altering their shape. Journal of Animal Science. 42: 1037-1051.
22. Goodwin, D.H. 1978. Producción y manejo del ganado vacuno para carne. Zaragoza, Acribia. 218 p.
23. Gorrachategui, M. 1997. Influencia de la nutrición de otros factores en el rendimiento de la canal en terneros. (en línea). In: Curso de Especialización FEDNA (13º., 1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, FEDNA. pp. 133-169. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en [http://www.fvet.edu.uy/sites/default/files//bovinos/Lectura%20crecimiento%20y%20desarrollo\\_Gorrachategui\\_bovinos\\_OPA.pdf](http://www.fvet.edu.uy/sites/default/files//bovinos/Lectura%20crecimiento%20y%20desarrollo_Gorrachategui_bovinos_OPA.pdf)
24. Gosey, J. 2005. Crossbreeding the forgotten tool. (en línea). In: The Range Beef Cow Symposium (19º., 2005, Rapid City). Proceedings. Rapid City, s.e. pp. 39-48. Consultado 22 jun. 2015. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=rangebeefcow symp>

25. Greenwood, P. L.; Cafe, L. M. 2007. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: longterm consequences for beef production. (en línea). The Animal Consortium. 1(9): 1283–1296. Consultado 16 mar 2015. Disponible en [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM1\\_09%2F5175173110700050Xa.pdf&code=34644e210c0a788e3d961c531b3262e2](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM1_09%2F5175173110700050Xa.pdf&code=34644e210c0a788e3d961c531b3262e2)
26. Gregory, K. E.; Cundiff, L. V. 1980. Crossbreeding in beef cattle; evaluation of systems. *Journal of Animal Science*. 51: 1224-1242.
27. Grigera, J. M.; Rerarte, D.; Santini, F. J. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. (en línea). In: Jornada de Actualización Ganadera (1o., 2003, Balcarce). Memorias. Buenos Aires, Ipcva. pp. 11-18. Consultado 12 jun. 2015 .Disponible en <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=148>
28. Hammond, J. 1960. *Farm animals*. 3<sup>rd</sup>. ed. London, Edward Arnold. 322 p.
29. Holland M. D.; Odde K. G. 1992. Factors affecting calf birth weighth; a review. *Theriogenology*. 38: 769-798.
30. Jenkins, T. G.; Ferrel, C. L. 1994. Productivity though weaning of nine breed of cattle under varying feed availabilities; I. Initial Evaluation. *Journal of Animal Science*.72:2787-2797.
31. Lamb, M. A; Tess, M. W.; Robison, O. W. 1992. Evaluation of mating systems involving five breeds for integrated beef production systems; cow-calf segment. *Journal of Animal Science*. 70: 689-699.
32. Lawrence, T. L. J.; Fowler, V. R. 1997. *Growth of farm animals*. Cambridge, CAB International. 330 p.
33. Luque, A. J.; Molina, A.; Berlanga, M. E.; Delgado, J. V. 1995. Análisis de los factores que afectan la curva de crecimiento del ganado vacuno Retinto hasta el destete. (en línea). *Archivos Zootecnia*. 44 (166-167): 193-203. Consultado 25ene. 2015. Disponible en [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24\\_13\\_12\\_166-167\\_10.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24_13_12_166-167_10.pdf)
34. Marshall, D. A.; Parker, W. R.; Dinkel, C. A. 1976. Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. *Journal of Animal Science*. 43: 1176- 1187.

35. Martínez, J. C. 2011. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer y destete de terneros Angus. (en línea). *Zootecnia Tropical*. 29(2): 151-159. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692011000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
36. Mendonça, G., Pimentel, M., Cardellino, R. A., Da Silveira, J. C. 2003. Época de nascimento, genótipo e sexo de terneiros cruzas taurinos e zebuínos sobre o peso ao nascer, à desmama e eficiência individual de primíparas Hereford. *Ciencia Rural (Santa Maria)*. 33: 1117 – 1121.
37. Meyer, K. Estimates of direct and maternal covariance functions for growth of Australian beef calves from birth to weaning. (en línea). *Genetics Selection Evolution*. 33: 487-514. Consultado 3 jun. 2015. Disponible en <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1297-9686-33-5-487.pdf>
38. MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario. Montevideo. 146 p.
39. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2014. Anuario estadístico agropecuario 2014. Montevideo. 243 p.
40. Morris C. A.; Baker. R. L.; Johnson, D. L.; Carter, A. H.; Hunter, J. C. 1987. Reciprocal crossbreeding of Angus and Hereford cattle 3. Cow weight, reproduction, maternal performance and lifetime production. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 30: 453-467.
41. Ossa, G.; Suárez, M.; Pérez, J. 2007. Efectos del medio y la herencia sobre los pesos al nacimiento, al destete y a los 16 meses de edad en terneros de la raza criolla Romosinuano. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 8(2): 81-92.
42. Pierce, V. 2010. Cruzamientos con Hereford. (en línea). Hereford (Buenos Aires). 75(650): 26-30. Consultado 15 jun. 2015. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/raza\\_hereford/12-cruzamientos.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/raza_hereford/12-cruzamientos.pdf)
43. Pond, W. J.; Church, D. C.; Pond, K. R. 2006. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, Limusa. 200 p.
44. Ribeiro, A. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. (en línea). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(3): 786-795. Consultado 15 feb. 2015. Disponible

en [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982005000300010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982005000300010&script=sci_arttext)

45. Rogberg, M. 2006. Heterosis y desempeño en características de crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruce F1. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 39 p.
46. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo del rodeo de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 287 p.
47. Soca, P.; Pereira, G. 1999. Aspectos relevantes de la Cría Vacuna en Uruguay. In: Seminario de organización de la Cría Vacuna (Tacuarembó, 1999). Trabajos presentados. Montevideo, Instituto Plan Agropecuario. s.p.
48. \_\_\_\_\_.; Do Carmo, M.; Claramunt, M. 2007. Beef cows breed system on native sward without agricultural financial assistance; research to sustainable calf production with low cost and easy instrumentation. *Avances en Producción Animal*. 32: 3-26.
49. SAS (Statistical Analysis Systems, US). 2009. SAS, versión 9.2. Cary, NC, USA. s.p.
50. Villalba, D.; Casasús, I.; Sanz, A. ; Estany, J.; Revilla, R. 2000. Prewaning growth curves in Brown Swiss and Pirenaica calves with emphasis on individual variability. *Journal of Animal Science*. 78: 1132–1140.