



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**  
**CUAUTITLÁN**

**“CURVAS DE CRECIMIENTO DE CUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE  
BECERROS COMERCIALES, DEL NACIMIENTO AL DESTETE EN EL  
MUNICIPIO DE EMILIANO ZAPATA, TABASCO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**Jenifer Javier Barajas**

**ASESOR:**

**Dr. Benito López Baños**

**COASESOR:**

**Dr. Armando Enrique Esperón Sumano**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO  
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ  
Jefa del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cautitlán**



Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos **LA TESIS:**

“CURVAS DE CRECIMIENTO DE CUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE BECERROS  
COMERCIALES, DEL NACIMIENTO AL DESTETE EN EL MUNICIPIO DE EMILIANO  
ZAPATA, TABASCO”.

Que presenta la pasante: **Jenifer Javier Barajas**  
Con número de cuenta: **09832788-3** para obtener el Título de: **Médica Veterinaria Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”**  
Cautitlán Izcallí, Méx. a 22 de Octubre de 2011.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Benito López Baños	
<b>VOCAL</b>	MVZ. Humberto Gustavo Arellano Sánchez	
<b>SECRETARIO</b>	MC. María del Carmen Barrón García	
<b>1er SUPLENTE</b>	MC. Marcelino Evodio Rosas García	
<b>2do SUPLENTE</b>	MC. Verónica Lozano Mejía	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).  
HHA/pm

**Dedico esta Tesis a:**

*Mi Madre Magdalena Barajas Lucio, sin su esfuerzo  
y amor, hoy no sería la persona que soy...*

*Mi hermana Monserrat Barajas Lucio, su valiosa ayuda  
y valiente disposición fue y es, indispensable para mí...*

*M.V.Z Christian Márquez Escalona, con su compañía, cariño y  
constante ánimo me ayudo a dar ese último paso...*

*Dr. Benito López Baños, su guía y apoyo  
siempre las llevaré en mi corazón...*

*infinitamente, gracias.*

## ÍNDICE

Temas	Páginas
I. Resumen	1
II. Introducción	2
III. Crecimiento y Desarrollo	2
IV. Influencia de Diversos Factores en el Crecimiento y Desarrollo del Becerro	5
V. Origen y Condiciones Actuales de los Bovinos en el Trópico Mexicano	7
VI. Principales Características de las Razas Bovinas	8
VII. Modelos Matemáticos para la Comparación de Curvas de Crecimiento	11
VIII. Objetivo	13
IX. Materiales y Métodos	14
X. Resultados	16
XI. Discusión	23
XII. Conclusión	25
XIII. Bibliografía	26

**I. RESUMEN.** La investigación tuvo como objetivo comparar cuatro modelos matemáticos que muestran las curvas de crecimiento de cuatro grupo genéticos de becerros comerciales, del nacimiento al destete. El trabajo se realizó en el rancho “Santa Beatriz”, ubicado en el Km 5 Carretera Villahermosa-Emiliano Zapata, municipio de Emiliano Zapata, Tabasco. Se obtuvieron dieciocho registros de pesos de las razas Brahman, Brahman/Suizo, Pardo Suizo y Simmental, del nacimiento hasta el destete en becerros nacidos a partir de Septiembre del 2009 hasta Agosto del 2010. Se realizó amamantamiento semirestringido proporcionándoles también un concentrado *ad libitum* y agua. Se pesó a cada becerro el día de su nacimiento, después se realizó el registro del incremento del peso cada 25 a 30 días de todos los becerros, hasta que cumplieron 7 u 8 meses aproximadamente. Se ajustó el peso a una base estándar de 239 días que fue el promedio general del destete. Los modelos que se utilizaron para estimar las curvas de crecimiento fueron: Lineal, Logarítmico, Exponencial y Potencia. En los resultados se apreció en dos grupos genéticos (Brahman-Suizo y Pardo Suizo) una significativa superioridad en el crecimiento para el caso de las hembras comparándola con la de los machos, en los otros dos grupos genéticos Simmbrah y Brahman no hubo diferencia, además los pesos alcanzados al final del estudio para la raza Simmbrah muestra mejor desempeño que los demás grupos genéticos, lo que sugiere un mejor potencial productivo en el trópico húmedo de México. El modelo Exponencial fue el elegido en este trabajo para graficar las Curvas de Crecimiento de los becerros, ya que describe en términos generales una Curva y no el Lineal representado por una recta. Se concluye que del peso al nacimiento al destete en becerros, los dos modelos que mostraron eficiencia de más de un 95% para explicar dicha curva fueron el Lineal con un valor promedio de 0.9855 y el Exponencial con valor de 0.9804 para  $R^2$  respectivamente. Además, los grupos genéticos que mejor desempeño productivo mostraron en la investigación, fueron el Brahman con un peso promedio de 122.95 kg. al destete y el Simmbrah con peso promedio al destete de 125.85 kg. a diferencia del grupo genético Brahman-Suizo y Pardo Suizo con pesos de 117.4 kg. y 105.8 kg. respectivamente.

## II. INTRODUCCIÓN.

### **Crecimiento y Desarrollo.**

En los sistemas de producción de carne, uno de los aspectos más importantes a evaluar es el crecimiento y desarrollo animal. Estos parámetros son necesarios para evaluar la productividad y en algunos casos se utiliza como criterio de selección, sin embargo debe tomarse en cuenta que el crecimiento animal no se debe únicamente a factores genéticos, sino también a la influencia del medio ambiente (Núñez, 2009).

La medida del crecimiento debe basarse en una unidad que describa lo más exacto posible el cambio producido (Bavera *et al.*, 2005). Mientras tanto, Ávila y Gasque (2006) mencionan que el crecimiento se mide como ganancia de peso sobre una unidad de tiempo determinada, entonces fraccionar la curva de crecimiento de toda la vida del animal en el destete, nos permite medir el crecimiento y desarrollo en esta primera etapa de la vida. Los métodos más usados para medir el crecimiento son la medición del peso vivo, éste 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 gastrointestinal, en especial en los rumiantes por su variable contenido ruminal. Por otro lado, la metodología no nos brinda información respecto a la composición cualitativa de las ganancias de peso ya que 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 pesar la canal para determinar composición corporal y rendimiento a lo largo de la curva de crecimiento (Bavera *et al.*, 2005, Caravaca *et al.*, 2003).

Éste 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. Estimando el contenido de grasa se puede obtener la cantidad de proteína. Este método tiene como limitante la ecuación predictiva, ésta sólo es válida para las 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

una Curva de Crecimiento, ésta expresa el crecimiento como un aumento que se va acumulando durante un período de tiempo predeterminado (Bavera *et al.*, 2005, Agudelo, 2008, Malhado, 2008).

La importancia de estos procesos fisiológicos; crecimiento y desarrollo influye en la práctica, ya que todo tipo de producción animal depende de ellos y su eficiencia determina gran parte del proceso productivo. Los factores (genotipo, alimentación, clima, etc.) deben ser utilizados adecuadamente para dirigir la composición corporal y conformación de la canal al peso y edad en que el animal esté terminado. Una alta velocidad de crecimiento está asociada, no solamente, al logro de un peso deseado a una edad temprana, sino también a la aptitud para la reproducción precoz (lo que determina un incremento de la eficiencia productiva). Tanto crecimiento como desarrollo son resultantes de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo animal. Este proceso de transformación incluye una multiplicación de las células (hiperplasia), diferenciación, aumento del tamaño (hipertrofia) y formación de órganos y tejidos (Bavera *et al.*, 2005).

Es necesario hacerse de una idea homogénea de la palabra Crecimiento y Desarrollo. Bavera *et al* (2005) mencionan que el crecimiento es el aumento de peso expresado por los animales desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta, Vallejo (2001), menciona que el crecimiento es el incremento progresivo en el tamaño de un ser viviente, especialmente el paso mediante el cual el cuerpo alcanza su estado de desarrollo físico completo. La definición de desarrollo según Gregorini (2007), se refiere como el proceso de crecimiento y diferenciación. En el caso del bovino, deben considerarse varias etapas dentro de esta área:

1<sup>a</sup>.- Fase de desarrollo y crecimiento fetal hasta el parto.

2<sup>a</sup>.- Fase de cría, que comprende del parto al destete del becerro.

3<sup>a</sup>.- Fase de recría, del destete a la aparición de la pubertad.

4<sup>a</sup>.- Fase de la pubertad al tercero o cuarto parto de la vaca, donde alcanza su máximo crecimiento de la glándula mamaria o el macho semental se encuentra en su mejor momento de efectividad.

Mientras tanto, Bavera *et al* (2005) indica que por desarrollo se refiere a las modificaciones que experimentan las proporciones, conformación, composición química corporal y funciones fisiológicas del animal a medida que avanza la edad. Aunque ambos fenómenos (crecimiento y desarrollo) pueden producirse simultáneamente, es posible que un individuo se desarrolle (aumente su largo y alto) sin experimentar alteraciones en su peso (crecimiento) o un individuo adulto (que ha terminado su desarrollo) aumente su peso por engorde. El crecimiento es un fenómeno normal y característico para cada especie. Los aumentos de peso varían con la precocidad, alcanzando al mes y medio el doble del peso al nacimiento, a los tres y medio años de edad se ve un crecimiento y desarrollo considerables (Craplet, 1969). Un ternero debe ganar durante los tres primeros meses una media diaria de 800 a 1000 g., al menos en la producción cárnica. Pero el peso no es el único dato en tener en cuenta en el control del crecimiento. La alzada, los perímetros y algunos índices son los que nos darán, junto con el peso la verdadera medida del crecimiento. En el ternero, el crecimiento es continuo, pero no uniforme, con fases más rápidas y otras más lentas, transcurriéndose a una etapa de desarrollo otra de menos intensidad (Delgado, 2000, Torrent, 1980).

El crecimiento en la fase postnatal hasta la adultez puede ser representado por una curva sigmoidea: primero se produce un crecimiento lento seguido de un alto índice de desarrollo, apoyado por el efecto de las hormonas sexuales (andrógenos y estrógenos), para seguidamente el índice de crecimiento ser muy reducido hasta alcanzar el grado de madurez somática o detención del crecimiento (Álvarez, 2005, Bavera *et al.*, 2005, Caravaca *et al.*, 2003, Helman, 1986, Malhado, 2008 y Neumann, 1989). El conocimiento del peso medio al nacimiento de cualquier raza de ganado vacuno no solo es importante por estimar el peso adulto de la misma, sino también porque permite estimar la máxima ganancia diaria que puede obtenerse empleando un determinado plano alimenticio y el tiempo necesario para alcanzar un grado de madurez. Se ha sugerido que el mayor ritmo de desarrollo lo poseen los machos, en parte se debe a su mejor peso al nacimiento y a sus condiciones genéticas (Roy, 1972). Comparativamente los machos crecen más rápido que las hembras, debido precisamente a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. Los machos consumen más alimento que las hembras por una mayor tasa metabólica, pesan al nacer entre el 5 % - 7 % más que las hembras, la duración de la gestación es de 3-4 días más en el macho y son más eficientes en la conversión de alimento que las

hembras. A una misma edad, los machos son más pesados que las hembras; además el macho entero tiene mayor proporción de hemoglobina y glóbulos rojos en sangre lo que hace que su carne sea más oscura que la del macho castrado a diferencia de la hembra (Bavera *et al.*, 2005).

### **Influencia de Diversos Factores en el Crecimiento y Desarrollo del Becerro.**

El aumento de peso vivo a lo largo de la vida de un animal es un fenómeno complejo, que depende del genotipo, de los efectos ambientales (que tienen un efecto variable con la edad), del desarrollo del animal y de las variaciones aleatorias puntuales que pueden afectar sólo a periodos cortos de tiempo (Agudelo, 2004).

Caravaca y colaboradores (2003) puntualizan 9 factores en la influencia del crecimiento en el becerro; genotipo, tamaño de la placenta, tamaño y edad de la madre, nutrición materna, sexo del feto, número de crías en el parto, temperatura ambiental, sanidad y hormonas. Los factores genotípicos inciden sobre el desarrollo fetal y se revelan desde el nacimiento hasta la adultez, la fase de alta velocidad de crecimiento es del nacimiento hasta la pubertad, después disminuye hasta llegar a la estabilización en la edad adulta (Johansson, 1971, Leroy, 1967). Es de notar que el desarrollo corporal no se lleva a cabo por igual. El primer sistema en desarrollarse es el nervioso, seguido por el óseo, en tercer lugar se encuentra el desarrollo muscular y finalmente se desarrolla el tejido adiposo. En la mayoría de los casos es difícil presentar una ley de crecimiento, debido a variables que pueden hacer variar el peso de los animales y la velocidad del crecimiento. Al evaluar las curvas de crecimiento de una población de individuos, se puede observar que la variabilidad de los pesos aumenta conforme pasa el tiempo (Agudelo, 2004). El plano de nutrición del ternero puede variar desde que sólo permite mantener el peso corporal hasta el que posibilita el máximo ritmo de ganancia, y por lo tanto, de fijación de grasa y proteína. El máximo nivel posible de incremento de peso queda limitado por la ingestión voluntaria de energía productiva del animal (Molina, 2005, Preston, 1980, Salgueiro, 1990). La curva del crecimiento y desarrollo completa del ganado vacuno, presenta una forma sigmoidea y se considera que tiene dos fases: la de aceleración con el peso al nacimiento y la de contención, que toma en cuenta la relación del peso a la pubertad con el peso que falta para la adultez. El punto final de inflexión de la curva se considera como la pubertad (Roy, 1972).

El crecimiento del becerro durante el periodo de la lactación, guarda relación con el genotipo y el peso al nacimiento, pero es dependiente de su progenitora debido a su producción de leche, edad, desarrollo, estado nutricional y aptitud materna, el peso de la madre es resultado de su sexo, la alimentación, genética, el ambiente, el estado sanitario y la edad del destete. Entre los distintos factores ambientales la alimentación es uno de los de mayor importancia, a tal punto, que se asegura que para lograr un crecimiento máximo es necesario proveer de comida abundante todo el tiempo. Cualquier deficiencia o falla en la cantidad o calidad de la alimentación suministrada provocará un retardo en la evolución del crecimiento. La insuficiencia de alimento producirá demoras que resultarán tanto más graves cuanto más joven sea el animal afectado. Una alimentación deficiente muy severa durante esa etapa de la vida de los becerros suele originar una detención permanente en el crecimiento y, según sea la intensidad de la insuficiencia, serán de mayor o menor gravedad las alteraciones o modificaciones que exhibirá el animal en la conformación y las proporciones finales (Helman, 1983).

En la **Figura 1**, se ilustran los diferentes puntos a considerar en el crecimiento del becerro:



**Figura1. Factores que inciden sobre el crecimiento predestete del becerro, modificado de Helman, 1983.**

## **Origen y Condiciones Actuales de los Bovinos en el Trópico Mexicano.**

El nombre “bovinos” (en latín *Bovinae*), es el de una subfamilia de la familia *Bovidae*, que comprende todos los animales tipo vacuno (vacuno propiamente dicho, yak, bisonte, búfalo) y no se puede emplear para denominar una división secundaria que comprenda solo a los vacunos. Todos estos subgrupos pueden darnos animales que fácilmente se domestican (Inchausti y Tagle, 1980).

Uno de los géneros en que se diferenció la familia Bóvidos, el *Bos*, formó dos especies o subespecies que fueron el *Bos primigenius* (*Auroch, Uro, Urus o Ur*) y el *Bos indicus* (cebú o bovino indiano). Ambas emigraron casi simultáneamente desde el Himalaya, dando origen a distintas razas adaptadas a las respectivas regiones donde se ubicaron. El *Bos taurus* o bovino europeo comprende los vacunos domesticados comunes en las zonas templadas. Desciende del *Bos primigenius*, que era un poderoso vacuno salvaje que vivió en los bosques de Europa hasta los tiempos históricos. El *Bos indicus* incluye los bovinos con giba pertenecientes al grupo cebú comunes en los países tropicales. Son animales por completo domésticos y no se han encontrado antecesores en estado salvaje desde los tiempos históricos. Se supone que fueron domesticados entre el 4.000 y el 2.100 a.C. Estos animales tienen mayor adaptación al calor y a ciertas enfermedades de zonas tropicales comparado el *Bos taurus* (Bavera, 2005).

La fijación de las razas europeas en las zonas tropicales se viene haciendo con manifiesta dificultad. La práctica demostró las dificultades para la crianza del ganado bovino europeo en la faja intertropical; encontrando condiciones adversas, el ganado decae rápidamente y después de algunas generaciones ya no tiene el aporte de los que lo precedieron; la producción de carne y leche se reduce; la natalidad se reduce y la mortalidad aumenta. La imposibilidad del bovino europeo para eliminar el exceso de calor corporal, hace difícil su acomodo en las regiones de clima caliente.

Otro factor desfavorable es la pobreza de recursos forrajeros, situación agravada con la presencia de parasitosis, especialmente los ectoparásitos (garrapatas) a las cuales es poco resistente.

Las soluciones alternativas para este problema son:

- a) El mejoramiento del ganado criollo, con la selección de los tipos ya existentes de ganado común, mediante la adopción de mejores técnicas de crianza y alimentación.
- b) La introducción y el mejoramiento de las razas de origen indostano, con la mira de tener animales adaptados al ambiente, y de mayor productividad.
- c) El cruzamiento de animales nativos, o de las razas finas importadas, con el ganado cebú, para la formación de nuevos tipos, más resistentes y más productivos (Alves, 1991).

### **Principales Características de las Razas Bovinas.**

**Brahman:** La raza Brahman, de modo general, se distingue de su pariente europeo por características de conformación, temperamento y constitución. La piel del *Bos indicus* es más resistente que la del bovino europeo; más pigmentada en el caso de las razas Brahman, Sardo Negro y Nelore entre otras, presenta generalmente una coloración oscura o negra, lo que puede ser mejor observando en las partes desprovistas de pelo, como el morro y párpados. La piel del ganado Brahman generalmente es muy suelta, forma papadas amplias y colgantes con grandes arrugas, además de tener un prepucio pendulante al igual que la cicatriz umbilical. Se cree que la piel sirve como regulador de la temperatura, permitiendo así al Brahman eliminar el calor, corporal circunstancia que le permite vivir y reproducir en localidades donde el bovino europeo fracasa. La piel oscura del ganado Brahman impide el paso de los rayos ultravioleta, cuyos excesos provoca lesiones en las regiones más profundas de los tejidos, por lo tanto, el espesor, la movilidad, la pigmentación de la piel, son de gran importancia en el trópico, como defensa contra los ectoparásitos. El ideal para la tolerancia al calor parece ser el pelo claro o blanco, para repeler los rayos del sol, sobre una piel de pigmentación oscura (Alves, 1991).

El ganado Brahman está dotado de patas largas, cabeza grande con un perfil craneano sobresaliente y cuernos cortos medianamente gruesos y dirigidos hacia atrás, orejas de largas y medianas igual que su giba ya que si el animal esta adecuadamente bien nutrido, esta es grande y voluminosa. Su caja torácica es menos arqueada que la del ganado europeo, ya que sus costillas no forman arcos tan marcados (Pérez, 2007).

En los becerros machos se tiene registro de una media de peso al nacimiento (PN) de 29 kg. y de 220 kg. al destete (PD) mientras para las hembras es de 27 kg. y de 200 kg. al destete. En los adultos se observan pesos para los machos bien desarrollados de 725 a 1000 kg. y para las hembras de 540 a 680 kg. en la edad de 4 años en promedio (Alves, 1991).

Criado en grandes extensiones sin manejo constante, el Brahman puede manifestarse como arisco o bravío, sin embargo, se hace extraordinariamente manso cuando recibe buenos cuidados y buen trato. Es de naturaleza gregaria, lo que facilita su manejo, es considerablemente resistente a los insectos que proliferan en el trópico y a ciertas enfermedades que aquejan al ganado bovino. Su índice de productividad no es tan alto como el del ganado europeo, se cree que es una característica dada por la constitución y ambiente donde se desarrolló (Alves, 1991).

**Pardo Suizo:** Pertenece a las razas del tronco *Bos taurus*, la raza Suiza tiene su capa corta, fina, suave y la piel pigmentada. Los cuernos son de tamaño medio, dirigidos hacia afuera y arriba, encorvándose en las puntas, de color blanco con puntas negras. Las hembras pueden pesar entre los 600 a 700 kg, y de 900 a 1000 kg para los machos adultos de unos 4 años aproximadamente (Ávila y Gutiérrez, 2010; Gasque, 1993).

El Pardo Suizo es una raza que según Bodisco y Cevallos (1971), posee pesos al nacimiento de 37.7 kg. para los machos y de 34.3 kg. en las hembras en promedio.

En México se utiliza como raza de doble propósito, a pesar de ser una raza principalmente lechera, en regiones tropicales se tiene un registro lechero de 3200 a 4000 kg de leche en 240 días, esto demuestra una buena adaptación a los climas cálidos. Aunque es difícil que pueda desplazar a la raza Holstein, la raza Suiza ha logrado encontrar su nicho en zonas tropicales y sub tropicales. En México, está en la Huasteca Veracruzana, así como en Tabasco y Chiapas, donde hay criadores que son activos promotores de la raza. Como la adaptación al trópico ha tenido un resultado aceptable, la perspectiva de una mayor productividad futura está presente (Alves, 1991).

**Brahman-Suizo:** Gracias a su vigor híbrido y a la facilidad para combinarse con Brahman, en los cruzamientos es donde el Pardo, productor de carne o leche, ofrece las mayores ventajas. El cruzamiento de ganado Brahman comercial con toros Suizos puros, genera hembras de muy

buena producción lechera bajo condiciones de pastoreo y con fácil manejo. Igualmente, los machos tienen muy buenos rendimientos durante su crecimiento y engorde. Por otro lado, el Pardo Suizo utilizado en cruzamientos ha demostrado una precocidad excepcional, alcanzando el peso al sacrificio a los dos años de edad bajo sistemas de pastoreo y generando rendimientos en carne que han sido comprobados en concursos, superando a otras razas en ésta importante característica económica. Pero si se toma un Pardo Suizo, esto es, de doble utilidad, para cruzamientos con Brahman, se obtendrá un animal con musculatura intermedia entre el de leche y el de carne, con capacidad para producir volúmenes medianos de leche y de gran adaptación al trópico (Torrent, 1980).

Los parámetros productivos de este cruzamiento de Brahman y Suizo son para el PN 50.1 kg. para los machos y para las hembras de 47 kg. en promedio. El PD para los terneros machos fue de 177 Kg., y para las hembras fue de 171 Kg. (Córdova *et al.*, 2005).

**Simmbrah:** Originalmente la intención de cruzar la raza Simmental y Brahman, fue desarrollar un ganado que atendiera la demanda del mercado. Se buscaba producir un ganado con mejores características productivas que en el Cebú existente, pero a su vez que conservara la adaptabilidad a las zonas calientes y húmedas de las costas del Golfo de México. Este ganado ha demostrado ser productivo en condiciones extremas desde zonas desérticas hasta tropicales donde las razas Cebuinas contribuyen con la adaptabilidad, tolerancia al calor e insectos, resistencia a enfermedades, con características de pelaje corto, excelente habilidad de pastoreo como también la facilidad de parto, rusticidad y persistencia productiva. El promedio del peso al nacimiento es de 28 kg. y al destete (ajustado a 210 días) es de 186 kg. Los toros en buenas condiciones pueden pesar 726 kg. (490 kg. a los 4 años), y las vacas 454 kg. Sin embargo hay ejemplares machos que alcanzan los 1110 kg. y de 800 kg. las hembras (Alves, 1991).

El Simmental aporta sus excelentes características tales como su madurez sexual temprana (pubertad), fertilidad, habilidad lechera y materna, fácil manejo por su docilidad, rápido desarrollo y sus excepcionales características cárnicas. Aunado a todas estas habilidades heredadas, el ganado Simmbrah tiene como valor agregado los beneficios del vigor híbrido. Ambas razas tan diferentes fenotípicamente contribuyen con sus fortalezas y permiten

incrementar considerablemente la productividad de los sistemas de producción pecuaria (Medina y Bernal, 2007).

### **Modelos Matemáticos para la Comparación de Curvas de Crecimiento.**

Dentro de las medidas de crecimiento corporal animal, una de las más comunes, que no altera el organismo bajo análisis y que puede ser medida a bajo costo, es el peso en determinadas edades. Las principales experiencias de diversos investigadores sobre las curvas de crecimiento y desarrollo de los animales empezaron con investigaciones en el año de 1932 y a través de varios estudios, se describió gráficamente el crecimiento de los animales mediante una curva. Las curvas de crecimiento pueden ser aplicadas al animal como un todo, y muchas veces, en cualquier tejido o región corporal. En los últimos años, las funciones de varianza y los modelos de regresión han sido propuestos como alternativa para modelar características que son medidas repetidamente en la vida de los animales. Sin embargo, es importante tener en cuenta, herramientas auxiliares en la selección de animales, los modelos biológicos para los ajustes de la curva de crecimiento.

Los principales objetivos del ajuste de curvas de crecimiento son describir y predecir el crecimiento de los animales, además hacer deducciones con base en las interpretaciones de los parámetros de estas curvas. Los parámetros pueden ser utilizados para predecir tasas de crecimiento, requerimientos nutricionales, respuesta a selección y otros aspectos de interés zootécnico. Se han mostrado adecuados los modelos matemáticos no lineales, que han sido desarrollados empíricamente para relacionar peso y edad, en la descripción de la curva de crecimiento en diferentes especies y razas. Esos modelos permiten que los grupos de informaciones en series de peso por edad, puedan ser condensados en un pequeño número de parámetros, para facilitar la interpretación y el entendimiento del fenómeno. Los modelos más utilizados para describir el crecimiento de los animales, como las funciones Brody, Von Bertalanfly, Richards, Logística y Gompertz (Delgado, 2000). Estos modelos son funciones no lineales en los parámetros. De acuerdo con la especie o raza animal, el número de observaciones, así como las características observadas, los resultados pueden variar en relación al mejor modelo de ajuste de la curva del animal (Malhado, 2008).

El crecimiento puede ser descrito simplemente exponiendo la evolución con el tiempo de las medidas tomadas, sin que sea necesario en muchas ocasiones, ajuste alguno a esas medidas. Un segundo paso es ajustar un polinomio a los datos, o bien sea una ecuación de segundo grado, cúbica o de potencias superiores, (Agudelo, 2004).

### **III. OBJETIVO:**

Comparar el segmento del nacimiento al destete de la Curva de Crecimiento de los bovinos, de cuatro grupos genéticos de becerros en el trópico húmedo de Tabasco, utilizando los Modelos Matemáticos Lineal, Logarítmico, Exponencial y Potencia para determinar cual grupo genético tiene mejor potencial productivo al destete y qué modelo matemático se ajusta mejor al estudio.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en el rancho “Santa Beatriz”, ubicado en el Km 5 Carretera Villahermosa-Emiliano Zapata, municipio de Emiliano Zapata, Tabasco. Esta localidad cuenta con una población de 16,796 habitantes, siendo la undécima población más grande del estado de Tabasco. El clima es cálido-húmedo, con abundantes lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual de 26.55 °C, siendo la máxima media mensual en Mayo de 30.9 °C y mínima de 22.7 °C en Enero y Febrero; la máxima y mínima alcanzan los 43 °C y 14 °C respectivamente ([www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx)).

Se obtuvieron dieciocho registros de pesos para cada uno de los grupos genéticos, del nacimiento hasta el destete en becerros nacidos a partir de Septiembre del 2009 hasta Agosto del 2010. Estos becerros son de raza Brahman, Brahman-Suizo, Pardo Suizo y Simmbrah. Se realizó amamantamiento semirestringido. La ordeña se realizaba a las 6 am., inmediatamente después sacaban los becerros a lactar durante 30 minutos para después llevarlos a su corral y llevar las madres al potrero, la segunda ordeña se efectuaba a partir de las 2 pm. y nuevamente sacaban a los becerros para que se amamantaran media hora más, después se llevaban a su corral y las madres a su respectivo potrero. El pastoreo se realizó en potreros que tenían sembrado pasto Bahía (*Paspalum notatum*) y Brizanta (*Brachiaria brizantha*) dependiendo del potrero, cada una tiene instalado un bebedero. A la hora de la ordeña se ofrecía alimento elaborado en el rancho (2 kg./vaca), la elaboración de este alimento consistía de sorgo (49%), pasta de coco (8%), melaza (3%) y pollinaza (40%), y se les proporciona sales minerales (50 g./vaca), el alimento aportaba 16.33% proteína cruda (PC), 2.55 Mcal/kg. de energía metabolizable (EM) y 2.86 Mcal/kg. de energía digestible (ED). A los becerros también se les proporciona concentrado *ad libitum* que contenía sorgo (89%), pasta de coco (8%), melaza (3%) y sales minerales. Este alimento aportaba 9.89% de PC, 3.17 Mcal/kg. de EM y 3.44 Mcal/kg. de ED y libre acceso al agua.

Se pesó a cada becerro en su nacimiento, después se realizó el registro del aumento de peso cada 25 a 30 días de todos los becerros, hasta que cumplieron 7 u 8 meses aproximadamente, edad a la que se destetan tomando en cuenta su condición corporal. Se ajusto el peso a una base estándar de 239 días que fue el promedio general del destete.

Los modelos que se utilizaron son los siguientes:

$A + (B \cdot X)$	(Lineal)
$A \cdot \text{EXP}(B \cdot X)$	(Exponencial)
$A + B \cdot \text{LOG}(X)$	(Logarítmico)
$A \cdot X^B$	(Potencia)

Donde:

-A y B son parámetros de cada uno de los modelos.

-X, es el peso de un becerro en un tiempo determinado.

-EXP, es el incremento del peso.

-LOG es el logaritmo natural (Sullivan, 2009).

Todo el análisis se realizará con el paquete “NWA STATPAK” para PC (López y Chávez, 1994). La elección del mejor modelo que describa la curva de crecimiento se basó en el Coeficiente de Determinación  $R^2$  más alto (López, 1995) y del que represente una función no lineal (Abreu, 2004).

## V. RESULTADOS.

Los resultados de este trabajo se presentan a continuación en dos tablas y cuatro gráficos. En el **Cuadro 1** se observan los coeficientes de regresión con los parámetros A y B para cada sexo de los cuatro grupos genéticos de becerros en cada uno de los modelos matemáticos. El **Cuadro 2** contiene los coeficientes de determinación de los cuatro modelos matemáticos usados para cada uno de los grupos genéticos. El **Gráfico 1** muestra la curva de crecimiento para la raza Brahman, el **Gráfico 2** representa la curva de crecimiento para el grupo genético Brahman-Suizo, el **Gráfico 3** evidencia la curva de crecimiento de la raza Pardo Suizo y finalmente el **Gráfico 4** ejemplifica la curva de crecimiento del grupo genético Simmbrah, se utilizan los parámetros del Modelo Exponencial para todas las curvas de crecimiento de estas razas de becerros haciendo distinción de machos y hembras.

**Cuadro 1. Coeficiente de regresión (A y B), obtenido para los cuatro modelos matemáticos utilizados para describir la curva de crecimiento de cuatro grupos genéticos de becerros del peso al nacimiento al destete, ajustado a 239 días.**

GRUPOS GENÉTICOS	PARÁMETROS DEL MODELO	LINEAL A+(B*X)	EXPONENCIAL A*EXP(B*X)	LOGARÍTMICA A+B*LOG(X)	POTENCIA A*X^B
CEBÚ MACHOS	A	31.36359	37.86408	14.07742	27.12391
	B	0.3547146	0.004930971	14.11183	0.2184798
CEBÚ HEMBRAS	A	31.05409	35.7681	15.98536	26.56196
	B	0.3356081	0.005164718	12.77957	0.2125565
CEBÚ/SUIZO MACHOS	A	32.68579	37.1134	16.67315	27.25981
	B	0.3011402	0.004581358	12.55713	0.2063167
CEBÚ/SUIZO HEMBRAS	A	29.36028	35.1248	10.38564	24.15557
	B	0.3594743	0.005275289	14.88352	0.2418008
SUIZO MACHOS	A	34.80295	38.64378	16.40557	26.9233
	B	0.2553608	0.003867284	12.09751	0.2026907
SUIZO HEMBRAS	A	28.8874	33.82675	9.323265	22.97515
	B	0.327288	0.005092221	14.10002	0.2389484
SIMMBRAH MACHOS	A	26.1464	34.30423	11.38208	25.2854
	B	0.4162645	0.00585805	15.26966	0.237912
SIMMBRAH HEMBRAS	A	36.7082	40.03967	18.7296	28.62478
	B	0.2895084	0.004325406	12.57925	0.203743

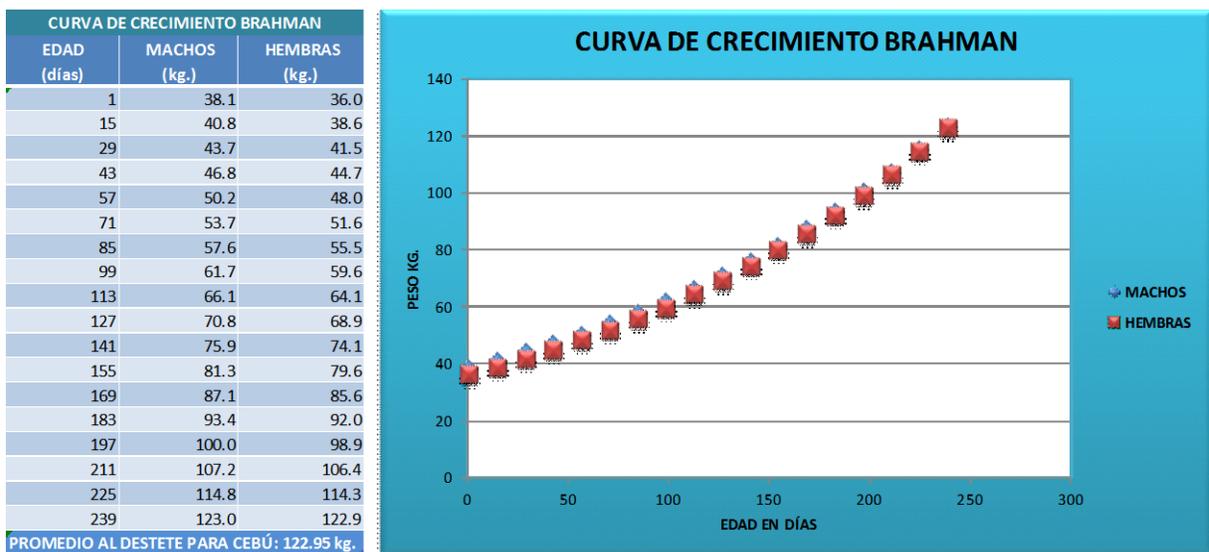
Como se muestra, el coeficiente de regresión analizado para los cuatro modelos matemáticos es aplicado para las cuatro razas. Se encuentran los valores más altos para el caso del Simmbrah en el modelo Exponencial, por lo que se procede a la aplicación de éste para graficar los datos.

**Cuadro 2. Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido para medir el mejor ajuste de los cuatro modelos matemáticos usados para describir la curva de crecimiento de cuatro grupos genéticos del peso al nacimiento al destete ajustado a 239 días.**

<b>GRUPOS GENÉTICOS</b>	<b>LINEAL A+(B*X)</b>	<b>EXPONENCIAL A*EXP(B*X)</b>	<b>LOGARÍTMICA A+B*LOG(X)</b>	<b>POTENCIA A*X^B</b>
CEBÚ MACHOS	0.9747399	0.9911779	0.5783278	0.7294336
CEBÚ HEMBRAS	0.9921974	0.9895579	0.62056	0.7229605
CEBÚ Y SUIZO MACHOS	0.9860778	0.9819945	0.6272539	0.7285819
CEBÚ Y SUIZO HEMBRAS	0.9922853	0.9886449	0.6399851	0.777144
SUIZO MACHOS	0.9943149	0.9715254	0.6607342	0.7901858
SUIZO HEMBRAS	0.9869365	0.9673767	0.6289475	0.7313671
SIMMBRAH MACHOS	0.9725187	0.9966094	0.5586596	0.7017475
SIMMBRAH HEMBRAS	0.9852686	0.9570025	0.6811487	0.777544
<b>PROMEDIOS:</b>	<b>0.9855423</b>	<b>0.9804861</b>	<b>0.6244521</b>	<b>0.7448705</b>

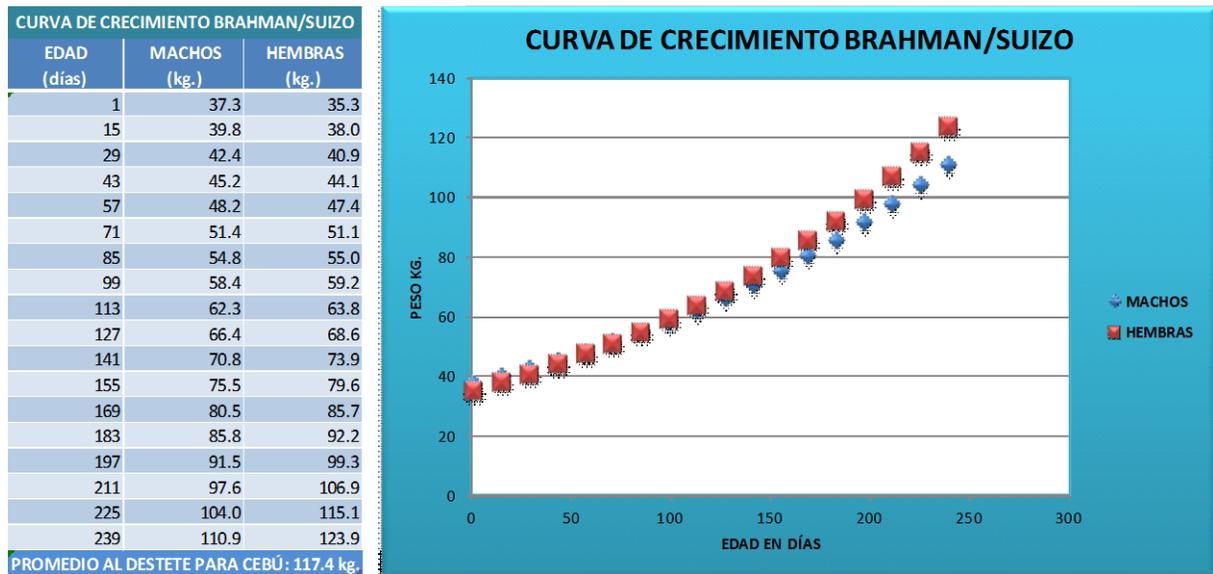
Para el caso del coeficiente de determinación, los valores más altos se observan favorables para la raza Pardo Suizo con el modelo lineal. Se toma el modelo exponencial para graficar ya que muestra una curva al final del análisis de los datos a diferencia del lineal que se representa con una recta para el gráfico.

**Gráfico 1. Curva de crecimiento del grupo genético Brahman, utilizando los parámetros del modelo matemático exponencial en ambos sexos.**



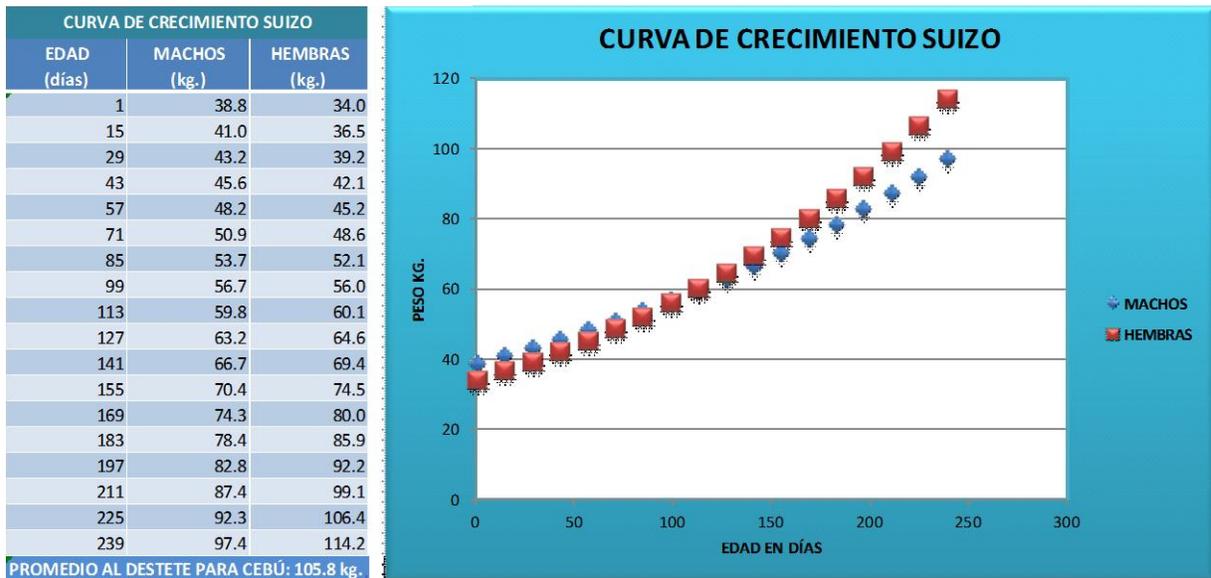
El modelo utilizado para este gráfico es el exponencial  $A*EXP(B*X)$ , se sustituye con los valores obtenidos para esta raza, para el caso de los machos  $37.86*EXP(0.0049*X)$  y para las hembras  $35.76*EXP(0.0051*X)$ . Los valores más altos corresponden a los machos con 123.0 kg de peso para el día 239 de destete y con las hembras para ese mismo día son 122.0 kg.

**Gráfico 2. Curva de crecimiento del grupo genético Brahman-Suizo, los parámetros que se tomaron son los del modelo matemático exponencial para los machos y hembras.**



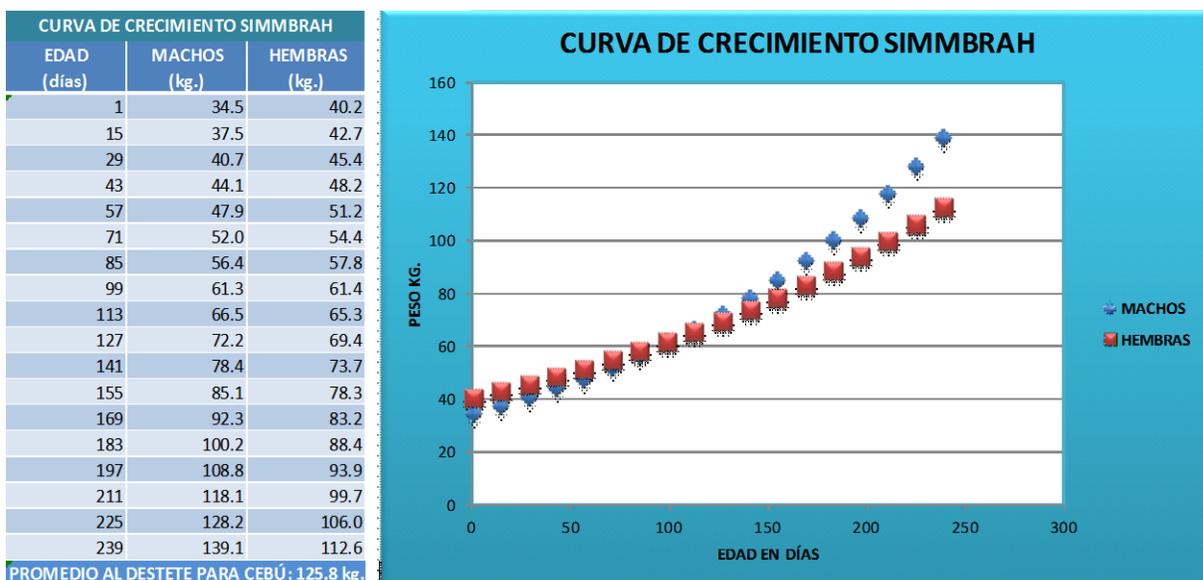
Para el caso de la raza Brahman-Suizo se realizó la sustitución del modelo exponencial  $A * \text{EXP}(B * X)$  con los datos  $37.11 * \text{EXP}(0.0045 * X)$  aplicado a los machos, en las hembras es de  $35.11 * \text{EXP}(0.0052 * X)$ . Se muestran datos favorables en cuanto a ganancia de peso al destete para las hembras sobre los machos de este grupo genético, ya que se obtienen 123.9 kg al día 239 y en los machos solo 110.9 kg.

**Gráfico 3. Curva de Crecimiento del Grupo Genético Pardo Suizo, la cual se elaboró con los parámetros del Modelo Matemático Exponencial para los dos sexos.**



Se aplicó el modelo exponencial  $A \cdot \text{EXP}(B \cdot X)$  al grupo genético Pardo Suizo para realizar el gráfico, el cual se realizó la sustitución con los valores  $38.64 \cdot \text{EXP}(0.0038 \cdot X)$  en el caso de los machos y para las hembras fue de  $33.82 \cdot \text{EXP}(0.0050 \cdot X)$ . Los valores más altos en cuanto a peso obtenido favorece a las hembras ya que se observan 114.2 kg a diferencia de los machos con 97.4 kg al día 239 para ambos casos.

**Gráfico 4. Curva de Crecimiento para el Grupo Genético Simmbrah, se realizó con los datos del Modelo Matemático Exponencial para machos y hembras.**



Los valores que se utilizan en el Simmbrah para la sustitución en el modelo exponencial  $A*EXP (B*X)$ , para el caso de los machos son  $34.30*EXP (0.0058*X)$  y en las hembras se sustituyo con  $40.03*EXP (0.0043*X)$ . Se puede observar que los machos obtienen una mayor ganancia de peso al día 239 con 139.1 kg a diferencia de las hembras con 112.6, de todos los grupos genéticos, éste es el que mayor ventaja obtiene en el comparativo de la ganancia de peso.

## VI. DISCUSIÓN.

En la **Cuadro 1** se observan los parámetros que se obtuvieron en los cuatro modelos estudiados para los valores de A y B en cada grupo genético de becerros diferenciando los sexos. Éstos se utilizaron para elaborar las cuatro curvas de crecimiento de cada uno de los grupos genéticos evaluados, y muestra las formas de las curvas para cada modelo matemático.

En la **Cuadro 2** se percibe la ventaja de los modelos lineal y exponencial para los valores  $R^2$  en promedio siendo de 0.9855 y 0.9804 respectivamente, a diferencia del Logarítmico y Potencia que fueron de 0.6244 y 0.7448 respectivamente. En otras investigaciones como la de Molina *et al* (1992) y Nogales (2009), las curvas de crecimiento obtenidas arrojan resultados de tendencias lineales, en el presente trabajo opta por el modelo exponencial para de esta manera evidenciar la curva de crecimiento. Se muestran los valores obtenidos en los coeficientes de determinación de los cuatro modelos matemáticos empleados para describir las curvas de crecimiento de los cuatro grupos genéticos estudiados, mismos que se emplearon en este trabajo como criterio para elegir el mejor modelo que explique las curvas de crecimiento. En esta tabla se percibe que el modelo lineal y el exponencial obtuvieron valores muy cercanos por encima del 95% de eficiencia y dado que algunos autores definen a la curva de crecimiento en el ganado bovino como sigmoideal (Álvarez, 2005, Bavera *et al.*, 2005, Caravaca *et al.*, 2003, Helman, 1986, Malhado, 2008 y Neumann, 1989) y que en este trabajo tan solo se estudia una parte de dicha curva (del peso al nacimiento al peso al destete), se eligió al modelo exponencial como el mejor modelo a pesar de que el modelo lineal en algunos casos de este tramo de la curva muestra una ligera superioridad con respecto al Exponencial.

En el **Gráfico 1** se observa la curva de crecimiento para el grupo genético Brahman, en ella se percibe la gran similitud entre los dos géneros sin que ninguno de los dos sobresalga con respecto al otro. Estos resultados coinciden con lo reportado por Velásquez y Moreira (2003) y Agudelo (2008), donde se observa en sus investigaciones coincidencias con lo obtenido en este trabajo, por lo tanto, se comprueba una similitud entre sexos de raza Brahman para el crecimiento desde su nacimiento al destete.

En el **Gráfico 2** se describe la curva de crecimiento para el cruce Brahman-Suizo con el modelo exponencial, en ella se puede notar que si bien los machos al nacimiento tuvieron mejor peso que las hembras, al final de este estudio (239 días), las hembras habían superado por 13 kg. a los machos. Esto no demuestra que las hembras al llegar a la edad adulta pesen más que los machos ya que se debe recordar que tan solo se evalúa los primeros 239 días de edad de este cruzamiento (Bavera *et al.*, 2005, Helman, 1986).

Este mismo fenómeno es más notorio en la raza Pardo Suizo (ver **Gráfico 3**), donde las hembras al nacimiento tuvieron menos peso 34 kg. contra 38.8 kg. de los machos, pero que, al termino del estudio las hembras superaron a los machos por arriba de 16 kg. en promedio (Helman, 1986 y Abreu, 2004).

En cambio, en el **Gráfico 4** que representa la curva de crecimiento para el grupo genético Simmbrah se percibe lo contrario a los dos grupos genéticos anteriores, en este las hembras tuvieron mejor peso 40.2 kg. al nacimiento contra 34.5 kg. de los machos y al final del estudio (peso al destete) los machos superaron por 26.5 kg. en promedio a las hembras, lo cual muestra una excelente comportamiento de dicho grupo genético en condiciones de medio ambiente difíciles en especial por la deficiente alimentación suministrada a los cuatro grupos genéticos de becerros, pero que esta raza lo pone en manifiesto, lo cual concuerda con algunos autores respecto a que el Simmbrah posee cualidades genéticas tanto del Simmental como del Brahman que lo hacen adaptable al trópico húmedo y por ende una buena alternativa como ganado productor de carne (Medina y Bernal, 2007, Bavera *et al.*, 2005).

## VII. CONCLUSIÓN.

En la curva de crecimiento del nacimiento al peso al destete los dos modelos que mostraron eficiencia de más de un 95% para explicar dicha curva fueron el Lineal con 0.9855 y para el exponencial de 0.9804 en promedio en el coeficiente de determinación. A través de estos resultados se determinó que, el grupo genético que mostró un comportamiento deseable en cuanto a producción es el Simmbrah, ya que su curva de crecimiento es la más alta de los cuatro grupos genéticos estudiados con un valor promedio de 125.85 kg., debido probablemente a la carga genética para el desarrollo de carne que le otorga la raza Simmental y la rusticidad para afrontar las condiciones del trópico mexicano que obtiene gracias a la raza Brahman.

Además, las curvas de crecimiento aplicadas a evaluaciones sobre el desarrollo y ganancia de peso de los bovinos en un tiempo determinado, se proponen como un método seguro de evaluación del crecimiento en el animal.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Abreu, U.G. 2004. “Uso de Modelos no Lineales para el Ajuste de la Curva de Crecimiento de Bovinos Pantaneiros”. Archivos de Zootecnia Vol. 53, núm. 204, 369-370.
2. Agudelo, G. 2004. “Curvas de Crecimiento de Crías de Vacuno Levantadas en la Corporación Universitaria Lasallista”. Revista Lasallista de Investigación, Vol. 1, Número 002 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia pp. 42-45.
3. Agudelo, G. 2008. “Modelación de las Funciones de Crecimiento Aplicadas a la Producción Animal”. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas Antioquia, Colombia. Revista Colombiana Ciencias Pecuarias; 21:39-58.
4. Álvarez, D. 2005. “Fisiología del Crecimiento”. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
5. Alves, S. 1991. “El Cebú, Ganado Bovino para los Países Tropicales”. Primera Edición. Editorial Hispano-Americana, Sao Paulo, Brasil.
6. Ávila, T. y Gasque, G. 2006. “Crecimiento y Desarrollo en Becerras”. Producción de Ganado Lechero. Departamento de Producción Animal: Rumiantes, FMVZ, UNAM.
7. Ávila, T. y Gutiérrez, C. 2010. “Producción de Leche con Ganado Bovino”. Segunda Edición. Editorial El Manuel Moderno. México.
8. Bavera, G. 2005. “Clasificación Zoológica de la Familia Bóvidos”. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
9. Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., Petryna, A. 2005. “Crecimiento, Desarrollo y Precocidad”. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.

10. Bodisco, V. y Cevallos, E. 1971. "Peso al Nacer de Becerras Pardo Suizas". *Agronomía Tropical*. 21(3): 159-170. Sección de Zootecnia, Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay-Venezuela.
11. Caravaca, R., Castel, G., Guzmán, G., Delgado, P., Mena, Guerrero., Alcalde, A., González, R. 2003. "Bases de la Producción Animal", 1º Edición, Publicaciones Universidad de Sevilla, España.
12. Córdova, A., Rodríguez, G., Córdova, M., Córdova, C., Pérez, J. 2005. "Ganancia Diaria de Peso al Destete en Terneros de Cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en Tópico Húmedo". Universidad Autónoma Metropolitana, Facultad de Veterinaria. México.
13. Craplet, C. 1969. "El Ternero". Trabajos de Zootecnia, Escuela de Grignon. Paris.
14. Delgado, C. 2000. "Circunferencia Escrotal como Predictor de la Capacidad Reproductiva en Razas de Vacuno de Carne Autóctono: Curvas de Crecimiento en el Vacuno Retinto". *Archivos de Zootecnia* Vol. 49, núm. 185-186, p. 230-240.
15. Gasque, G. R. 1993. "Enciclopedia del Ganado Bovino". Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, D.F.
16. Gregorini, P. 2007. "Producción Animal en Pastoreo: Definiciones que Clarifican Significados y Facilitan la Comprensión y Utilización de Términos Usados Comúnmente". FCA y F, Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
17. Helman, M. B. 1983. "Ganadería Tropical". Tercera Edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
18. Helman, M. B. 1986. "Cebutecnia". Segunda Edición, Editorial El Ateneo. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires, Argentina.

19. Inchausti, D. y Tagle, C. 1980. "Bovinotecnia". Sexta Edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
20. Johansson, I. 1971. "Genética y Mejora Animal". Escuela de Agricultura de Suecia. Editorial Acribia. Suecia.
21. Leroy, A. M. 1967. "Cría Racional del Ganado". Instituto Nacional Agronómico. Ediciones GEA. Francia.
22. López, B. 1995. "Estimación de Parámetros Genéticos que Caracterizan el Modelo Matemático que Mejor Explica la Curva de Lactación en Vacas F1 Holstein-Cebú en Zona Subtropical". Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Colima, Colima México.
23. López, B. y Chávez M. 1994. "Manual de Uso del Paquete Estadístico NWA STATPAK un Enfoque a la Biomedicina". Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
24. Malhado, C. 2008. "Modelos no Lineales para Describir el Crecimiento de Bufalinos de la Raza Murrah". Archivos de Zootecnia Vol. 57, núm. 220, p 497-503.
25. Medina, C. y Bernal, A. 2007. "Prototipo del Simmbrah Mexicano". Asociación Mexicana Simmental-Simmbrah. N. L., Monterrey.
26. Molina, A. 2005. "Determinación del Potencial de Crecimiento en Lotes de Cebo de Terneros de Raza Retinta". Archivos de Zootecnia Vol. 54, núm. 206-207, p. 466.
27. Molina, A., Serrano, M. I., Burgos, A., Jiménez, J. M., Cabeza de Vaca, F., Espárrago, E. y Rodero A. 1992. "Estimación de la Curva de Crecimiento en Vacuno Retinto: Aspectos Prácticos para la Tipificación de Pesos". Departamento de Genética, Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba, España. Archivos de Zootecnia. 41 (extra): 543-548.

28. Neumann, A. L. 1989. "Ganado Vacuno para Producción de Carne". Universidad de Illinois. Primera Edición, Editorial Limusa.
29. Nogales, S. B. 2009. "Estudio Preliminar de la Curva de Crecimiento de la Raza Bovina Marismeña en Cebadero Convencional". Máster: "Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada". UCO.
30. Núñez, F. 2009. "Fundamentos de Crecimiento y Evaluación Animal"; Editorial Trafford.
31. Pérez, C. 2007. "Curvas de Crecimiento de Sementales de Cinco Razas Puras de Registro en el Trópico Húmedo". Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán, Estado de México.
32. Preston, T. R. 1980. "Producción Intensiva de Carne" Pergams Press Ltd., Oxford, Inglaterra.
33. Roy, J. 1972. "El Ternero, Manejo y Alimentación" Vol. 1. Editorial Acribia, Zaragoza España.
34. Salgueiro, Z. J. y Díaz, D. M.A. 1990. "Producción de Carne con Pastos y Forrajes". Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Consellería de Agricultura, Galicia. Ediciones Mundi-Prensa. España.
35. Sullivan, J., Hernández, C. y García, D. 2009. "Álgebra y Trigonometría". Séptima Edición, Editorial Pearson Prentice Hall.
36. Torrent, M. M. 1980. "Bovinotecnia Lechera y Cárnica". Segundo Tomo. Primera Edición, Editorial Aedos, España.
37. Torrent, M. M. 1991. "La Vaca de Leche y el Ternero de Carne" Primera Edición, Editorial Aedos, S.A. España.
38. Vallejo, O. 2001. "Ecofisiología de los Bovinos en Sistemas de Producción del Trópico Húmedo" Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Primera Edición. México.

39. Velásquez, V. J. y Moreira, N. J. 2003. “Evaluación de los Principales Parámetros Productivos y Reproductivos de un Hato de Ganado Brahman del Litoral Ecuatoriano”. Universidad Agraria de Ecuador.

40. <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/tabasco/mpios/27007a.htm>