



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS Y
AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CURVA
DE CRECIMIENTO, A PARTIR
DE UN MODELO ANIMAL Y REGRESIÓN ALEATORIA EN
TRES VARIEDADES FENOTÍPICAS DE LA OVEJA, CHIAPAS**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA**

ADIMELDA DEL CARMEN MÉNDEZ GÓMEZ

TUTOR

DR. CARLOS GUSTAVO VÁSQUEZ PELAEZ

COMITÉ TUTORAL

DR. JOSE MANUEL BERRUECOS VILLALOBOS

DR. FELIPE RUÍZ LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.

2009



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.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México para la realización del posgrado.

Al proyecto PAPIIT IN207707 y al proyecto Extensión Ovina por el financiamiento parcial para la realización de este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Chiapas por las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo.

Al Centro Universitario de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Autónoma de Chiapas por la valiosa colaboración y apoyo incondicional para la realización de la tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por la formación académica y personal.

A mi tutor Dr. Carlos Gustavo Vásquez Peláez por la paciencia, apoyo y el conocimiento que me brindó en la realización de la tesis.

Al comité tutorial, Dr. José M. Berruecos Villalobos y Dr. Felipe Ruíz López por sus comentarios, y enseñanzas en la realización de éste trabajo.

A los miembros del jurado Dr. Andrés E. Ducoing Watty, Dr. Rafael Nuñez Dominguez, Dr. Hugo Horacio Montaldo Valdenegro y de especial forma al Dr. Carlos Antonio Apodaca Sarabia.

Y en especial A la Dra. Marisela Peralta Lailson, al Dr. Pastor Pedraza Villagómez, al Ing. Apolinar Oliva Vela, a la Dra. M. Erendira Reyes García, al Dr. Héctor Sánchez Pineda, al Dr. Raúl Perezgrovas Garza, al M. en C. Reyes López Ordaz, al Dr. Pedro Ochoa Galván, a la Dra. Ana Carmen Delgadillo, a la MVZ. Alma Rosa Cruz, al M. en C. Sergio Vela, al M. en C. José Antonio Torres Vázquez y al Dr. Raúl Ulloa, por su apoyo, paciencia, dedicación, por sus sabios consejos, por mostrarme el camino para mi superación profesional y sobre todo por su invaluable amistad.

DEDICATORIAS

A Dios por guiarme en el camino.

A mis padres Elvia Gómez y Jorge Méndez por su amor, consejos, esfuerzo y comprensión.

A mi esposo Eder Banderilla por la paciencia, amor y apoyo brindado.

A mis hermanos Edaly y Ricardo por su cariño, confianza y apoyo incondicional.

A mis sobrinas Danesy y Alejandra por regalarme su sonrisa todos los días.

A mi cuñado Hugo Aguilar por su apoyo y amistad.

A toda mi familia por su confianza y amor.

A todos mis amigos por su amistad, por los buenos y malos momentos compartidos.

ÍNDICE

ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Situación de la ovinocultura en el Mundo.....	4
2.2 Situación de la ovinocultura en México.....	4
2.3 Ovino Chiapas.....	6
2.4 Curvas de crecimiento.....	8
2.5 Medición del crecimiento.....	9
2.6 Efectos ambientales que afectan el crecimiento animal.....	11
2.7 Estimación del crecimiento.....	11
2.8 Partición de la varianza fenotípica.....	13
2.9 Estimación de parámetros genéticos.....	15
2.9.1 Heredabilidad.....	15
2.9.2 Correlaciones genéticas y fenotípicas.....	15
2.10 Métodos de estimación de componentes de varianza.....	15
2.11 Regresión aleatoria.....	16
2.12 Heredabilidad para características de crecimiento	17
3 JUSTIFICACIÓN	18
4 OBJETIVOS	19
4.1 General.....	19
4.2 Específicos.....	19
5 HIPÓTESIS	20
6 METODOLOGÍA	21
6.1 Manejo del Rebaño.....	21

ÍNDICE

6.1.1 Alimentario.....	21
6.1.2 Sanidad.....	21
6.1.3 Reproductivo.....	22
6.2 Datos.....	22
6.2.1 Pedigrí.....	22
6.2.2 Estimación de parámetros fenotípicos y genéticos de la curva de crecimiento.....	23
6.2.3 Estimación de heredabilidades para pesos a diferentes edades bajo regresión aleatoria.....	26
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
8 CONCLUSIONES.....	39
9 REFERENCIAS.....	40
10 ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución del número de ovinos en el estado de Chiapas por Región.....	6
Cuadro 2. Medias productivas de acuerdo a la variedad del ovino criollo de Chiapas.....	7
Cuadro 3. Medias de peso del ovino criollo de Chiapas.....	9
Cuadro 4. Funciones de crecimiento utilizadas para describir el crecimiento en animales.....	10
Cuadro 5. Medias mínimo cuadráticas y errores estándar en kg para las variables de: Peso al Nacer (PN), al destete (PD), a 6 (P6), 12 (PA), 18 (P18) y 24 P24) meses en relación al Tipo de parto, número de parto, biotipo y sexo en el ovino Chiapas.....	31
Cuadro 6. Media y error estándar de los parámetros de la curva de crecimiento de Gompertz general y con respecto al tipo de parto, sexo, biotipo y número de parto, en el ovino criollo de Chiapas.....	33
Cuadro 7. Varianzas aditivas, residuales, fenotípicas y heredabilidades de los estimadores de crecimiento de la función de Gompertz en los ovinos criollos de Chiapas, bajo modelos univariados.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pesos observados y estimados con la función de Gompertz en el ovino criollo de Chiapas.....	34
Figura 2. Heredabilidades estimadas con el modelo de regresión aleatoria a diferentes edades en el ovino criollo de Chiapas.....	37
Figura 3. Varianza aditiva y de efecto permanente en el crecimiento del ovino criollo de Chiapas.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Heredabilidades para características de crecimiento predestete en ovinos.....	41
Anexo 2. Heredabilidades para características de crecimiento postdestete en ovinos.....	42
Anexo 3. Heredabilidades a diferentes edades para pesos al abasto en ovinos.....	43

RESUMEN

Méndez Gómez Adimelda del Carmen. Estimación de parámetros genéticos y ambientales que afectan la curva de crecimiento, a partir de un modelo animal y regresión aleatoria en tres variedades fenotípicas de la oveja, Chiapas (Bajo la dirección de Carlos Gustavo Vásquez Peláez, José Manuel Berruecos Villalobos y Felipe Ruíz López).

El objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros genéticos y los factores ambientales que afectan la curva de crecimiento en el ovino Chiapas. Se utilizó la información de 1428 animales nacidos en el periodo de 1991 al 2004. El rebaño se localiza en el Centro Universitario de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Autónoma de Chiapas, situado en el municipio de Teopisca, Chiapas. Se estimaron los parámetros de la curva de crecimiento para cada individuo, utilizando la función de Gompertz, con la información de: edad y peso al momento de la medición hasta los dos años. La estimación de las heredabilidades para los estimadores de los parámetros de la curva de crecimiento se obtuvo a partir de modelos univariados. La regresión aleatoria se empleo para describir genéticamente la curva de crecimiento mediante el uso de la información de pesajes mensuales postdestete hasta los 24 meses de edad. Los efectos ambientales tipo de parto, sexo, número de parto y biotipo fueron significativos ($P < 0.05$). El peso maduro promedio se estimó en 24 ± 0.28 kg a una edad de 700 días (1.9 años), la tasa de madurez en 0.010 ± 0.00026 , el peso de inflexión en 8.84 ± 0.10 kg y la edad de inflexión en 168 ± 4.20 d. La mayor velocidad de crecimiento se observó en los primeros 168 días con un peso de 8.84 ± 0.10 kg. La heredabilidad fue de 0.24 ± 0.064 para todas las características estimadas con la función de Gompertz. Las heredabilidades obtenidas con regresión aleatoria fueron de 0.22 a los 75 días a 0.16 a los 24 meses. Las heredabilidades obtenidas en este estudio confirman que son características con suficiente variación genética aditiva para obtener cambios por selección.

Palabras Clave: Curvas de crecimiento, Regresión aleatoria, Ovino criollo.

ABSTRACT

Méndez Gómez Adimelda del Carmen. Estimation of genetic and environmental parameters affecting the growth curve, from a random regression animal model and in three phenotypic varieties of sheep, Chiapas (Directed by Carlos Gustavo Vásquez Peláez, José Manuel Berruecos Villalobos y Felipe Ruíz López).

The aim of this study was to estimate the genetic parameters and environmental factors affecting the growth curve in the Chiapas sheep. We used the information of 1428 animals born in the period 1991 to 2004. From a herd located in the Centro Universitario de Investigación y Transferencia de Tecnología of the Universidad Autónoma de Chiapas, at Teopisca, Chiapas. Using the Gompertz function we estimated the parameters for the growth curve of each individual with the information of age and weight up to two years of age. The estimated heritabilities for the estimators of the parameters of the growth curve were obtained by using univariate models. The random regression was used to describe in a genetic pattern the growth curve by using information from monthly weightings after weaning until 24 months of age. The environmental effects for birth type, sex, number of parturition and biotype were statically different ($P < 0.05$). The average mature weight estimated was 24 ± 0.28 kg at 700 days of age (1.9 years), the maturity rate was 0.010 ± 0.00026 , the inflection weight was 8.84 ± 0.10 kg and the inflection age estimated was 168 ± 4.20 days. The fastest growth was observed at the first 168 days of age, with a weight of 8.84 ± 0.10 kg. The heritability for all the properties estimated by the Gompertz function was 0.24 ± 0.064 . The heritabilities obtained using random regression was from 0.22 at 75 days up to 0.16 at 24 months of age. The heritabilities obtained in this study confirm that there is enough additive genetic variation on the characteristic under study to obtain changes on the population using selection breeding programs.

Keywords: Growth curves; Random regression; Creole sheep.

1 INTRODUCCIÓN

En la región de los Altos de Chiapas, existe una población de ovinos criollos, que fue incluida a partir del 2003 en la base de datos de recursos zoogenéticos animales de la FAO, denominado raza local Chiapas para aquéllos animales de piel y vellón blancos, y la raza local Chamula para aquellos de piel y vellón negros (FAO, 2004), las cuales han permanecido como poblaciones sin cruzamientos con otras razas. La producción de estos ovinos constituye una importante actividad económica, cultural y social para la población tzotzil (Gómez, 2007).

Diferentes estudios se han enfocado a la caracterización del ovino criollo de Chiapas. Pedraza *et al.* (1992) encontraron la presencia de ocho variedades distintas de los cuales tres fueron los de mayor frecuencia, los blancos, negros y los cafés, los otros cinco son probablemente el resultado de las cruces entre estas variedades; y obtuvieron promedios de algunas características productivas como producción de lana anual, pesos a diferentes edades y producciones de leche.

Un estudio sobre caracterización de infestaciones parasitarias realizado en el ovino de poblaciones tzotziles, Nahed *et al.*, (2003) estimaron alta prevalencia de *Eimerias* y de nematodos intestinales con una alta presencia de infecciones subclínicas y en menor proporción de infección moderada a severa durante el verano y el invierno.

En lo que a producción de leche por lactación y curvas de lactación se refiere, Peralta *et al.* (2005) estudiaron los factores ambientales que modifican la producción acumulada de leche en 120 días de lactación, caracterizaron la curva de lactación, encontrando diferencias significativas entre las variedades, siendo la variedad café superior (13.25 ± 0.57 kg) a la blanca (11.16 ± 0.42 kg) y a la negra (10.86 ± 0.44 kg), con una producción diaria de leche de 118 ± 0.74 ml, 104 ± 0.60 ml y 99 ± 0.53 ml para las variedades café, blanca y negra respectivamente. En referencia a la curva de lactación, las variedades blanca y café no presentaron

pico de producción, a diferencia de la variedad negra que presento pico de producción durante la primera semana.

Sin embargo, la estimación de los parámetros genéticos de los rasgos de importancia biológica y económica que caracterizan genéticamente la población y definen los esquemas de mejoramiento genético, no son abundantes. Castro *et al.* (2007) estimaron parámetros genéticos para calidad de la lana obteniendo una heredabilidad de 0.39 ± 0.05 , para el peso del vellón sucio un promedio de 426 g semestral y una heredabilidad de 0.31 ± 0.05 y para largo de mecha en grupa obtuvieron una media de 10.3 cm y heredabilidad de 0.43 ± 0.06 , las correlaciones genéticas en el ovino Chiapas entre calidad de lana y vellón desengrasado fue 0.63.

Olivera (2008) estimó parámetros genéticos para peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD) y ganancia diaria de peso (GDP), usando diferentes modelos, obteniendo un rango de heredabilidades para peso al nacimiento de 0.09 a 0.34, para peso al destete de 0.09 a 0.16 y para la ganancia diaria de peso de 0.08 a 0.14.

Las estimaciones de las varianzas genéticas y fenotípicas, así como sus covarianzas son esenciales para la predicción del valor genético de los animales a seleccionar y para la predicción de la respuesta genética esperada de los programas mejoramiento genético (Bedhiaf y Djemali, 2006), con estas estimaciones se pueden conocer la heredabilidad directa, las correlaciones genéticas y fenotípicas, entre las características de interés.

La falta de caracterización genética de la población de ovinos criollos de Chiapas ha provocado la falta de esquemas de mejoramiento genético, seleccionando a los progenitores únicamente por el registro propio.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio, fue estimar los parámetros genéticos y los factores ambientales que afectan las características de crecimiento hasta la madurez del ovino criollo de Chiapas a partir de modelos mixtos y de regresión aleatoria.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación de la ovinocultura en el Mundo

Para el 2006 en el Mundo se reportó la existencia de 1,029,100,000 cabezas de ganado ovino aproximadamente, destinados a la producción de carne, lana, leche y piel. La mayoría de la población ovina se localiza en Asia y Medio Oriente, con una producción de subsistencia, siendo China el principal país productor con una población de 155 millones aproximadamente, seguido de Australia con 94 millones y la India con 62, millones aproximadamente (FAO, 2009).

La producción de carne de ovino en el mundo, para el 2004, fue de 8,085,389 toneladas (T), siendo China el primer lugar de producción con 2,200,600 T, seguido por Australia con 561,000 T y Nueva Zelanda con 509,000 T (FAO, 2006).

2.2 Situación de la ovinocultura en México

La cría de ovinos en México ha sido una actividad que se inició con la llegada de los españoles a América (Bútzter, 1988), y que se ha desarrollado básicamente en la obtención de lana y carne, teniendo aproximadamente 6,819,000 cabezas, lo cual lo ubica en el lugar 34 a nivel mundial (FAO, 2009), con un consumo per-cápita de 0.8 kg/habitante/año (SAGARPA 2005).

El consumo de carne de ovinos para el 2002 fue de 96,400 toneladas (T) aproximadamente; 85,900 T aproximadamente para el 2003; 101,100 T aproximadamente, para el 2004 y 86,000 T aproximadamente para el 2005, de las cuales 46,000 toneladas fueron producidas en el país correspondiente al 53.8%, (SAGARPA, 2007).

La distribución de los ovinos en el país, se encuentra en mayor cantidad en los estados del centro, sobresaliendo los estados de México e Hidalgo con 1,061,000 y 807,800 cabezas de ovinos respectivamente (De Lucas, 2005).

El consumo de lana fue aproximadamente de 9 mil toneladas siendo la producción de lana sucia en el País de 3,712 toneladas (INEGI, 2005), generalmente destinada a la elaboración de artesanía o usos industriales (De Lucas, 2005).

En el territorio nacional existe una diversidad de razas para la producción de carne, lana y leche, siendo las razas Tabasco (Pelibuey), Black Belly, Dorper, Katadhin, Saint Croix, Damara, Dorset y Suffolk las más recurridas para la producción de carne; mientras que las razas Merino, Rambouillet, Debouillet, Lincoln, Romney Marsh y Corriedale son para producción de lana y para leche se emplea la East Friesian (SAGARPA, 2009).

En el estado de Chiapas se cría un borrego local bien adaptado a la región montañosa localizada en los Altos de Chiapas, la cual está conformada por 18 municipios, siendo Chamula el principal municipio donde se conserva el ovino criollo, la Región de los Altos se ubica en el segundo lugar estatal en cuanto a número de cabezas de ovinos (Cuadro 1), (SAGARPA, 2003). La ovinocultura que se practica en los Altos de Chiapas es una actividad que tiene una alta importancia cultural, social y económica, la crianza es de tipo tradicional, apegada a las creencias religiosas. Culturalmente es de gran importancia, ya que con la lana se confecciona vestimenta para toda la familia y es una característica social de la región.

Para la población indígena tzotzil, la crianza ovina tiene importancia económica, por la venta de animales, artesanías o el del vellón sucio representando un 36% del ingreso familiar (Gómez, 2007); es por esto que el 80% de la comunidad tzotzil cuenta por lo menos con una unidad de producción (INEGI, 2001), que en promedio, en 1984, se conformaba por 14

ovinos (Perezgrovas y Pedraza, 1984). No existen estudios más recientes que muestran los posibles cambios en la conformación del rebaño en las comunidades tzotziles.

Cuadro 1. Distribución del número de ovinos en el estado de Chiapas por región

Región	No. De Cabezas
Selva	65,161
Altos	50,426
Centro	37,325
Sierra	35,907
Soconusco	33,887
Frailasca	17,810
Norte	15,238
Itsmo-Costa	7,000
Fronteriza	6,220
Total	268, 974

Fuente: SAGARPA (2003).

2.3 Ovino Chiapas

El ovino Chiapas está representado por tres variedades de acuerdo con el color característico que presentan: blancos, negros y cafés. Los tres son rústicos, con un parto por año y debido al sistema de manejo de los indígenas no se ha permitido el cruzamiento con otras razas.

En el 2003 el ovino criollo de Chiapas fue incluida en la base de datos de recursos zoogenéticos de la FAO, las denominaciones fueron raza local Chiapas para los animales de piel y vellón blanco, y raza local Chamula para aquellos de piel y vellón negros, (Gómez, 2007), el variedad café está en proceso de evaluación para ser integrada en el catálogo.

Diferentes estudios se han realizado en el ovino Chiapas para su caracterización fenotípica. Pedraza *et al.* (1992) describieron la presencia de 8 variedades distintas, de ellos los más frecuentes fueron los blancos (43.5%), negros (36.3%) y los cafés con 19.7%, las otras cinco variedades son producto de las cruza entre estas. Los mismos autores estudiaron el comportamiento promedio de las tres variedades, observándose que las diferencias no son sólo en el color, sino también en rendimiento de lana sucia y producción de leche por lactación (Cuadro No. 2).

Cuadro 2. Medias productivas de acuerdo a la variedad del ovino criollo de Chiapas

Característica	Variedad		
	Blanca	Negra	Café
Peso vivo (kg)	27.80	28.0	-----
Peso de vellón sucio (kg al año)	1.530	1.23	1.27
Rendimiento (%)	75.80	-----	-----
Largo de mecha a 6 meses de esquila (cm)	11.67	12.3	11.89
Diámetro de la fibra (micras)	36.24	35.0	36.71
Producción de leche por lactación de 110 días	56.27	-----	49.00

Nahed *et al.* (2003) analizaron la prevalencia de infecciones parasitarias en los ovinos criollos localizados en cinco diferentes comunidades indígenas en los Altos de Chiapas, encontrando una alta prevalencia de *Eimeria* (81.7%) y de nematodos intestinales de (76.9%), con presencia de infecciones subclínicas y en menor proporción de infección moderada a severa durante el verano y el invierno.

Peralta *et al.* (2005) estudiaron algunos factores ambientales que modifican la producción de leche en 120 días y la caracterización de la curva de lactación, observando que la variedad café fue superior (13.25 ± 0.57 kg) que la blanca (11.16 ± 0.42 kg) y que la negra (10.86 ± 0.44 kg), el 49% de la producción de leche fue recolectada durante los primeros 40 días, siendo la producción diaria

de leche fue de 118 ± 0.74 ml, 104 ± 0.60 ml y 99 ± 0.53 ml para la variedad café, blanca y negra respectivamente; en cuanto a la caracterización de la curva de lactación la variedad blanca y café no presentaron pico de producción, mientras que la variedad negra presentó pico de producción durante la primera semana.

Si bien se ha descrito el comportamiento del ovino criollo de Chiapas para algunas características, existen algunas estimaciones de sus parámetros genéticos. Castro *et al.* (2007) estimaron una heredabilidad de 0.39 ± 0.05 para calidad de lana; para el vellón sucio reportaron una media de 426 g semestral y heredabilidad de 0.31 ± 0.05 y para largo de mecha en grupa obtuvieron una media de 10.3 cm y heredabilidad de 0.43 ± 0.06 ; las correlaciones genéticas en el ovino Chiapas entre calidad de lana y vellón desengrasado fue de 0.63.

Olivera, (2008) estimó parámetros genéticos para peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD) y ganancia diaria de peso (GDP), usando diferentes modelos, obteniendo un rango de heredabilidades para peso al nacimiento de 0.09 a 0.34, para peso al destete de 0.09 a 0.16 y para la ganancia diaria de peso un rango de 0.08 a 0.14.

2.4 Curvas de crecimiento

El crecimiento se puede definir, como el cambio en peso, talla en la composición corporal de un animal en un periodo determinado (Román, 2006) y está afectada por factores genéticos y ambientales. El crecimiento de los individuos se puede describir a través de modelos matemáticos que construyen una curva que define el aumento de peso desde el nacimiento hasta la estabilización en la edad adulta (Blasco y Verona, 1999; Abreu *et al.*, 2004; Bavera *et al.*, 2005; Rocha *et al.*, 2006; Agudelo *et al.*, 2008), permitiendo establecer parámetros alimentarios y de manejo.

En el ovino criollo de Chiapas, Perezgrovas y Pedraza (1984) describieron los promedios de peso vivo a diferente edad y etapas fisiológicas de los animales, en corderos desde menos de un mes a 6 meses de edad con incremento de 11.4 kg, y en adultos desde 1 hasta los 4.5 años para machos y hembras. Los machos aumentaron 12.8 kg, mientras las hembras aumentaron 10.9 kg (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de peso del ovino criollo de Chiapas

Edad (meses)	Corderos (kg)	Edad (años)	Machos (kg)	Hembras (kg)
0	2.5	1	17.2	14.9
1	4.8	1.5	24.0	19.1
2	6.8	2.5	27.7	24.7
3	8.2	3.5	29.3	27.0
4	9.7	4.5	30.0	25.8
5	11.0	---	---	---
6	13.9	---	---	---

2.5 Medición del crecimiento

Para estimar el crecimiento animal se han usado diferentes modelos matemáticos lineales, polinomiales y no lineales, Gompertz, Logístico, Richards, Bertalanffy y Brody, eligiéndolos por su bondad de ajuste y la facilidad de la interpretación biológica de sus parámetros (Agudelo *et al.*, 2008). Estos últimos modelos presentan dos parámetros con interpretación biológica y uno definido como una constante matemática (Cuadro 4). El parámetro "A" se ha interpretado como el peso asintótico, peso adulto o peso a la madurez. El parámetro "K" corresponde al índice de madurez o la estimación de precocidad, cuanto mayor sea el valor de este parámetro más precoz es el animal. El parámetro "b" es denominado parámetro de integración y no representa significado biológico (Noguera *et al.*, 2008).

Los parámetros de crecimiento que se describen en las curvas de crecimiento, se utilizan para determinar el desempeño productivo de los animales y realizar ajustes de alimentación y de manejo general del hato, ya que se puede estimar la edad a la que alcanzan el punto de inflexión o la edad a la que alcanzan la mayor velocidad de crecimiento, la edad a la que alcanzan el peso adulto (Blasco, 1999).

Cuadro 4. Funciones de crecimiento utilizadas para describir el crecimiento en animales

Modelo	Función	Autor	Especie en la que se usó
Brody	$W=A(1-be^{-kt})$	Bathaei y Leroy, 1996	Ovinos
		McManus <i>et al.</i> , 2003	Ovinos
		Abreu <i>et al.</i> , 2004	Bovinos
		Delgadillo <i>et al.</i> , 2009	Ciervo Rojo
Logística	$W = A/(1+be^{-kt})$	McManus <i>et al.</i> , 2003	Ovinos
		Abreu <i>et al.</i> , 2004	Bovinos
Gompertz	$W = Ae^{-be^{-kt}}$	Lewis y Brotherstone, 2002	Ovinos
		Abreu <i>et al.</i> , 2004	Bovinos
		Delgadillo <i>et al.</i> , 2009	Ciervo Rojo
Bertalanffy	$W = A(1 - be^{-kt})^3$	Delgadillo <i>et al.</i> , 2009	Ciervo Rojo
		Abreu <i>et al.</i> , 2004	Bovinos
Richards	$W = A(1 \pm be^{-kt})^{-1/n}$	McManus <i>et al.</i> , 2003	Ovinos
		Delgadillo <i>et al.</i> , 2009	Ciervo Rojo

McManus *et al.* (2003) compararon en el crecimiento de ovinos de Bergamasia, los modelos de Richards, Brody y Logístico, recomendando el uso del modelo logístico. Bathaei y Leroy (1996), en ovinos iraníes, utilizaron el modelo de Brody. Lewis y Brotherstone (2002) en ovinos Suffolk optaron por el modelo de Gompertz. Rocha *et al.* (2006) obtuvieron la curva de crecimiento de ovinos Santa Inés utilizando los modelos de Brody, Von Bertalanffy, Logístico,

Gompertz y Richards, y compararon los modelos con el cuadrado medio del error, observando que el modelo de Gompertz presentó un ajuste superior a los otros modelos.

2.6 Efectos ambientales que afectan el crecimiento animal

Se han realizado estudios en diferentes especies donde se reportan los efectos ambientales que influyen sobre las características de crecimiento. En ovinos, Oriá *et al.* (2001) evaluaron los efectos ambientales sobre características de crecimiento en corderos de la raza Morada Nova, los efectos de año de nacimiento, sexo del cordero, tipo de parto y peso de la oveja al parto, fueron fuentes importantes ($P < 0.01$) para explicar las diferencias de los pesos al nacimiento, destete, a los 6 meses y a los 12 meses de edad.

Dixit *et al.* (2001) estimaron parámetros genéticos y no genéticos para características de crecimiento en corderos Merinos de Bharat, donde el año y época de nacimiento, sexo del cordero, tipo de parto, peso y edad de la hembra fueron factores importantes de variación ($P < 0.05$) para los pesos de los corderos al nacimiento, a los 3, 6 y 12 meses de edad.

En ovinos de Kermania se realizaron estimaciones de parámetros genéticos para características de crecimiento, donde se reporta que los efectos ambientales que influyen en las características son año de nacimiento, sexo del cordero, tipo de parto y edad de la hembra ($P < 0.01$) (Bahreini *et al.*, 2007; Mokhtari *et al.*, 2008).

2.7 Estimación del crecimiento

La idea de que un animal siga una trayectoria hacia el peso maduro es útil y como se mencionó anteriormente está descrita por un grupo de ecuaciones de crecimiento (Winsor, 1932; Taylor, 1980; Parks, 1982). Las propiedades de estas ecuaciones son que el peso tiende a un valor final o asintótico con el

tiempo, y que la tasa de crecimiento es máximo en algunos individuos de peso intermedio y que la tasa de crecimiento relativo disminuye monótonamente a medida que aumenta el peso hacia la madurez (Lewis y Brotherstone, 2002).

La ecuación de Gompertz es un ejemplo de una función que describe el crecimiento de una forma simple y con interpretación biológica clara (Emmans, 1997). No obstante y a pesar de su amplia aplicación hay considerables problemas en la estimación de los valores de los parámetros de crecimiento, en parte se debe a que los valores estimados de los parámetros de tal función están altamente correlacionados (Cullis y McGilchrist, 1990), aunque esto no necesariamente entre los parámetros verdaderos (Lewis y Brotherstone, 2002). Otro factor a tener en cuenta por su efecto sobre la precisión de las estimaciones de los valores de los parámetros, es la diferencia en la frecuencia de las mediciones de peso que generalmente difiere entre los animales. A pesar de que el crecimiento puede ser lo suficientemente resumible en unos pocos parámetros provistos de la ecuación de crecimiento, el uso de estos parámetros para describir por ejemplo el mérito genético entre los animales por las razones antes mencionadas puede ser problemático (Lewis y Brotherstone, 2002).

El uso de la metodología de regresión aleatoria (RA) en el contexto de la mejora genética animal es una innovación reciente, incorporándose primeramente en la predicción del valor genético de ganado productor de leche (Schaeffer y Dekkers, 1994; Jamrozik y Schaeffer, 1997). La técnica es aplicable cuando hay disponible medidas repetidas para un animal y al igual considerar los efectos ambientales específicos en el momento de la medición para la forma de la curva de cada animal (Lewis y Brotherstone, 2002).

Los modelos de regresión aleatoria entre los efectos fijos incluyen una regresión fija, para describir, en promedio, la forma de la curva de crecimiento de todos los animales en la población de estudio y entre los efectos aleatorios se incluye a la regresión aleatoria, que describe los cambios en la expresión

del genotipo aditivo cada animal, ello con respecto a la desviación de los efectos fijos. Permitiendo que las medidas repetidas de un animal pueden ser directamente incorporados dentro de las evaluaciones genéticas y al modelo animal, resultando que exista una mejor estimación de de la curva de crecimiento y obteniendo valores con mayor exactitud.

Las formas ortogonales (generalmente el polinomio de Legendre) es el más usado en la metodología de regresión aleatoria ya que la correlación entre sus coeficientes son generalmente más bajos que con los polinomios ordinarios o curvas paramétricas como las mencionadas en una sección previa.

Algunos países usan la metodología de regresión aleatoria para la evaluación de ganado lechero, los modelos de regresión aleatoria también se han utilizado para describir la ingesta de alimentos y de aumento de peso en cerdos (Andersen y Pedersen, 1996) y el crecimiento y peso maduro en bovinos de carne (Meyer, 1999, 2000) pero la metodología aún es muy poco aplicada a ovinos.

Lewis y Brotherstone, 2002 en ovinos de la raza Suffolk con la metodología de regresión aleatoria estimaron heredabilidades en diferentes puntos de la trayectoria de la curva de 0.09 a los 15 días a 0.33 a los 150 días.

2.8 Partición de la varianza fenotípica

Los animales presentan gran variabilidad en la expresión de su fenotipo entre y dentro de familias. Esta variación fenotípica entre los animales, es el resultado de la información genética heredada de sus padres y del ambiente en que los animales se desarrollaron. Los efectos genéticos aditivos (A), transmitidos a la progenie, son los responsables del parecido de los individuos con sus padres; el ambiente (E), compuesto por factores externos que actúan sobre el individuo como el clima, la alimentación, enfermedades, etc., pueden influir tanto en su etapa prenatal como postnatal y modificar su expresión

fenotípica (F) (Bourdon, 1997; Da Gama, 2002; Valencia, 2003) representado como:

$$F = \mu + G + E + GE$$

En términos de varianzas:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma_{GE}$$

Donde:

σ^2_F , σ^2_G , σ^2_E , son las varianzas fenotípicas, genéticas y ambientales; σ_{GE} covarianza entre genotipo y medio ambiente.

Este modelo se puede descomponer en:

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I$$

Donde:

σ^2_A , σ^2_D , σ^2_I representando las varianzas aditivas, dominancia y de epístasis.

$\sigma^2_E = \sigma^2_{MT} + \sigma^2_{MP}$ representando las varianzas del ambiente temporal y permanente.

Las estimaciones de las varianzas genéticas y fenotípicas, así como sus covarianzas son esenciales para la predicción del valor genético de los animales a seleccionar y para la predicción de la respuesta genética esperada de los programas mejoramiento genético (Bedhiac y Djemali, 2006); con estas estimaciones se pueden conocer la heredabilidad directa, las correlaciones genéticas y fenotípicas, entre las características de interés.

2.9 Estimación de parámetros genéticos

2.9.1 Heredabilidad

La heredabilidad (h^2), se define como la fracción de la varianza fenotípica que se debe a la variación genética aditiva (Falconer y Mackay, 1996), permitiendo establecer para una característica determinada la importancia relativa del medio ambiente y herencia en el fenotipo. La función matemática de la heredabilidad, ha sido descrita en la literatura (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 1996; Bourdon, 1997) y estimada como:

$$h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_F^2$$

2.9.2 Correlaciones genéticas y fenotípicas

Es común detectar en los animales características que guardan cierto grado de relación, debida a la pleiotropía, situación en que un gen influye en dos o más caracteres. La función matemática para estimar la correlación entre dos caracteres (Mrode, 2005):

$$r_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sqrt{\sigma_X^2 \sigma_Y^2}}$$

Donde:

r_{XY} = Coeficiente de correlación

σ_{XY} = Covarianza de los caracteres a y b

σ_X^2 = Desviación estándar del primer carácter

σ_b = Desviación estándar del segundo carácter

2.10 Métodos de estimación de componentes de varianza

La exactitud en la predicción del valor genético en producción animal, es de gran importancia para los programas de mejoramiento, ya que se busca identificar a los animales con el más alto valor genético. Para obtener las

predicciones del valor genético de los animales, es necesario conocer los componentes de (co) varianza.

Los métodos de estimación de componentes de varianza se han desarrollado por la necesidad de conocer los parámetros genéticos como la heredabilidad, el índice de constancia y las correlaciones genéticas, que son de gran uso en la evaluación y selección de los rebaños.

Diferentes métodos han sido utilizados para la estimación, los basados en análisis de varianza, MIVQUE, Máxima Verosimilitud, Máxima Verosimilitud Restringida y los métodos bayesianos; dentro de los distintos métodos de estimación de componentes de (co)varianza, el método de máxima verosimilitud restringida (REML), es el más usado en producción animal, (Hofer, 1998; Cadena y Castillo, 2002).

Para características longitudinales como las lactaciones y el crecimiento, se han desarrollado los modelos de regresión aleatoria (Schaeffer y Dekkers, 1994; Jamrozik y Schaeffer, 1997; Lewis y Brotherstone, 2002; Nobre *et al.*, 2003, Meyer 2005).

2.11 Regresión aleatoria

Los modelos de regresión aleatoria se han desarrollado ya que reconocen la existencia de (co)varianzas que cambian con el tiempo, tanto a nivel de componente genético, como de otros componentes ambientales no sistemáticos (Meyer 2005; Nobre *et al.*, 2003), y permite predecir los valores genéticos durante todo el tiempo de expresión de la característica en un análisis (Lewis y Brotherstone, 2002; Apodaca, 2007).

Entre las razones para usar los modelos de regresión aleatoria y funciones de covarianza se encuentran a) descripción genética continua del comportamiento diario sobre el rango de medición, b) mayor exactitud en la

predicción de la respuesta a la selección y c) uso eficiente de los datos (Lewis y Brotherstone, 2002; Apodaca, 2007). Kirkpatrick *et al.* (1990), propusieron el uso de polinomios ortogonales (polinomios de Legendre) para ajustar funciones de covarianza que van a definir las (co)varianzas entre observaciones tomadas a lo largo del tiempo. Este tipo de modelos se conoce como funciones de covarianza. Meyer y Hill en 1997 mostraron que un modelo de regresión aleatoria puede ser también usado para estimar las (co)varianzas entre observaciones.

2.12 Heredabilidad para características de crecimiento

Safari y Fogarty. (2003) realizaron una revisión de literatura sobre estimaciones de heredabilidad en la que involucró diferentes razas ovinas y diferentes modelos estadísticos (Anexo 1), mostró heredabilidades de crecimiento predestete entre 0.17 y 0.26 en razas de lana, entre 0.02 y 0.37 en razas de doble propósito y de 0.09 a 0.17 en las razas de carne. En tanto que para crecimiento hasta los 60 días varió entre 0.11 y 0.19 y hasta los 90 días fluctuó entre 0.13 y 0.26.

Para características de peso postdestete (Anexo 2) se reportan heredabilidades para razas de lana de 0.28 a 0.44, para razas de doble propósito de 0.24 a 0.45, y para razas de carne de 0.16 a 0.29 (Safari y Fogarty, 2003).

Las estimaciones de heredabilidades para pesos a la finalización para razas de lana (Anexo 3) van de 0.33 a 0.52, para las de doble propósito va de 0.19 a 0.43 y para razas de carne de 0.26 a 0.45 (Safari y Fogarty, 2003).

3 JUSTIFICACIÓN

El ovino Chiapas es una raza local registrada en el catálogo de recursos zogenéticos de la FAO y con importancia social, cultural y económica para los Altos de Chiapas). A pesar de la importancia de estos ovinos en la región no existe a la fecha un programa de mejoramiento genético formal ya que los progenitores se seleccionan en base a su propio registro, debido a la falta de la información de parámetros genéticos para el comportamiento de la población y de aquellas características de importancia para establecer un programa de mejora genética y conservación de esta población de ovino criollo.

4 OBJETIVOS

4.1 General:

Estimar los parámetros genéticos y efectos ambientales que influyen la curva de crecimiento en el ovino criollo de Chiapas.

4.2 Específicos:

1.- Describir fenotípicamente la curva de crecimiento con la función de Gompertz para obtener peso maduro, tasa de madurez, peso de inflexión y edad de inflexión y estimar cuáles son los efectos ambientales que influyen en el crecimiento.

2.- Estimar las heredabilidades de los parámetros de la curva mediante modelos mixtos.

3.-Estimar los componentes de varianza a partir de regresión aleatoria para obtener heredabilidades de pesos a diferentes edades.

5 HIPÓTESIS

Dado que la población de ovinos Chiapas ha sido una población cerrada a la hibridación, conserva variabilidad genética aditiva para las características de crecimiento.

6 METODOLOGÍA

Se utilizó la información de 1428 animales obtenida entre el periodo de 1991 al 2004, del rebaño de ovinos localizados en el Centro Universitario de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Autónoma de Chiapas (CUITT-UNACH) ubicado en el municipio de Teopisca, perteneciente a la Región II Altos, situado a 16°32'24" de latitud norte y 92°28'19" de longitud oeste y a una altitud de 1,780 msnm (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Chiapas, 1988).

6.1 Manejo del Rebaño

6.1.1 Alimentario

El rebaño se mantiene bajo pastoreo extensivo rotativo durante ocho horas (7:00 – 15:00 horas) sobre potreros cercados, cubiertos de *Pennisetum clandestinum* (pasto kikuyo). Por la tarde y noche se alojan en corrales techados con acceso de agua limpia; además se les brinda un suplemento alimenticio que consta de planta entera de maíz (rastrojo y mazorca) molida, soya, y adicionada con alimento balanceado y sales minerales.

6.1.2 Sanidad

El manejo sanitario consiste en desparasitación mensual con rotación del principio activo, para controlar problemas de *Fasciola hepática*, *Moniezia expansa*, vermes gastroentéricos y larvas de *Oestrus ovis*. Además de la aplicación de producto comercial basado en sulfas, para controlar problemas de coccidiosis y la aplicación de oxitetraciclinas, en casos de infecciones.

Dos veces al año y posterior a la trasquila se lleva a cabo el baño por inmersión de todos los animales para el control de las parasitosis externas

(*Linognathos sp*, *Damalinea ovis* y *Melophagus ovinus*) utilizando productos en base de piretroides.

6.1.3 Reproductivo

El manejo reproductivo consiste en empadre controlado sincronizando a las hembras con esponjas intravaginales en el mes de abril. La retirada de las esponjas se realiza 14 días después de haberlas colocado y al instante de retirarla se aplican 200 UI de PMSG; 24 horas posterior a haber retirado las esponjas se introduce a los sementales, dentro de cada grupo racial, con una relación macho-hembra de 1:10, considerando que el apareamiento sea de mínimo parentesco y procurando que cada lote cuente con hembras de todas las edades, con un peso igual o mayor a 25 kg. El semental permanece con las ovejas durante 40 horas.

6.2 Datos

6.2.1 Pedigrí

El pedigrí de los animales estuvo compuesto por 1453 individuos, de los cuales 944 tuvieron registro de padre, 1037 con registro de madre y 944 con ambos padres. En este análisis están representados 45 sementales y 379 madres.

Se contó con la información del número de parto del cual provenían, tipo de parto, año de parto, sexo, color (biotipo), fecha de nacimiento, día de registro de la medición y pesos a la medición.

Se obtuvieron registros semanales de pesos del nacimiento al destete y registros mensuales postdestete.

6.2.2 Estimación de parámetros fenotípicos y genéticos de la curva de crecimiento

Se estimaron los parámetros de la curva de crecimiento en cada individuo, con la información de: edad y peso al momento de la medición, hasta los 2 años; se incluyeron sólo aquellos animales que contaran con la información de peso al nacimiento, peso al destete y al menos una medición postdestete (1168 animales), para obtener los estimadores de los parámetros de la curva, se utilizó la función de Gompertz (Blasco, 1999), descrita como:

$$w = Ae^{-be^{-kt}}$$

Donde:

w= Peso cuando t tiende a infinito

A= Peso adulto del animal

b= Constante de integración

K= Tasa de madurez del animal

t= Tiempo

Modelando la curva de crecimiento para cada uno de los 1026 animales que cumplieron con la restricción se estimaron los parámetros de la curva: peso maduro (A), tasa de madurez (k), edad de inflexión y peso de inflexión. De ellos, 154 animales (15.1%), mostró curvas de crecimiento atípicas, así, también se removieron de la base de datos para estimar los efectos genéticos y ambientales sobre los coeficientes de la función de Gompertz (Blasco, 1999). Base de datos que además incluyó, para cada animal; el número y tipo de parto en que nació, el sexo, el año de parto y la variedad del animal (biotipo).

Para el análisis con fines de estimar los efectos ambientales sistemáticos y para optimizar el uso de la información disponible se agrupó: el número de parto en primiparas, de segundo y de tercer o más partos, el tipo de parto en

sencillo y dos o más. En estas agrupaciones se asumió: i) no existe diferencia en el peso y la tasa de madurez, así como en el peso y la edad a la inflexión entre las crías provenientes de ovejas con dos o más partos, y ii) sólo son diferentes, en las variables antes mencionadas, las crías nacidas de parto con cordero único y las nacidas en parto múltiple. El análisis se realizó a partir de un modelo lineal utilizando el procedimiento GLM (SAS versión 9.0), con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_n_i + N_p_j + T_p_k + S_l + B_m + e_{ijklm}$$

Donde:

- Y_{ijklm} : Es el peso a la madurez, la tasa de madurez, el peso a la inflexión o la edad a la inflexión de un animal registrado el i-ésimo año de parto, de oveja con el j-ésimo número de parto, con k-ésimo tipo de parto, con l-ésimo sexo y m-ésimo biotipo.
- μ : Es la media de la población.
- A_n_i : Es el efecto del i-ésimo año de parto, $i = 1991, 1992, \dots, 2004$.
- N_p_j : Es el efecto del j-ésimo número de parto de la oveja, $j =$ primaras, segundo y mayor a dos partos.
- T_p_k : Es el efecto del k-ésimo tipo de parto, $k =$ un cordero, y dos o tres corderos.
- S_l : Es el efecto del l-ésimo sexo de la cría, $l =$ macho, o hembra.
- B_m : Es el efecto del m-ésimo biotipo, $m =$ blanco, café, o negro.
- e_{ijklm} : Es el efecto residual aleatorio $\sim NID(0, \sigma_e^2)$.

Los efectos fijos número de parto de la hembra, tipo de parto sexo y variedad mostraron significancia estadística ($P < 0.05$), mientras que el año de parto, como efecto principal no mostró significancia estadística para las variables estudiadas ($P > 0.05$).

Para estimar los componentes de (co)varianza de los estimadores de crecimiento de predichos con la función de Gompertz se realizó un segundo

análisis utilizando un modelo animal univariado (uno para coeficiente) y bajo la metodología de Máxima Verosimilitud Restringida (REML), y para la predicción de los parámetros genéticos se empleó la metodología BLUP (Best Linear Unbiased Predictor), del programa ASREML versión 1.10 (Guilmour *et al.*, 2001), el modelo mixto fue:

$$y_{ijklm} = \mu + n\eta_j + t\tau_k + s_l + b_m + a_i + e_{ijklm}$$

Donde:

y_{ijklm} : Es el peso a la madurez, la tasa de madurez, el peso a la inflexión y la edad a la inflexión de un animal con i -ésimo valor genético, nacido de oveja con el j -ésimo número de parto, con k -ésimo tipo de parto, con l -ésimo sexo y m -ésimo biotipo.

μ : Es la media de la población.

a_i : Es el i -ésimo efecto genético del animal

η_j : Es el efecto del j -ésimo número de parto de la oveja, $j = 1, 2$ y 3 o más.

τ_k : Es el efecto del k -ésimo tipo de parto, $k = 1$ y 2 o más.

s_l : Es el efecto del l -ésimo sexo de la cría, $l =$ macho, o hembra.

b_m : Es el efecto del m -ésimo biotipo, $m =$ blanco, café, o negro.

e_{ijklm} : Es el efecto residual aleatorio \sim NID $(0, \sigma_e^2)$.

Representado en forma matricial como:

$$Y = Xb + Za + e$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde Y , Y_1 y Y_2 son los vectores de observaciones; b , b_1 y b_2 son los vectores de los efectos fijos; X , X_1 y X_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos fijos con las observaciones; a , a_1 y a_2 son los vectores de los efectos aleatorios de los animales; Z , Z_1 y Z_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos aleatorios de los animales con las observaciones; e , e_1 y e_2 son los vectores de efectos aleatorios residuales.

Las matrices de esperanzas y (co)varianzas de los vectores aleatorio se representan de la siguiente forma:

$$E \begin{bmatrix} Y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad v \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G_0 & 0 \\ 0 & \sum \oplus R_{k0} \end{bmatrix}$$

Donde G_0 denota un escalar; R_{k0} es la matriz de varianzas y covarianzas residuales.

6.2.3 Estimación de heredabilidades para pesos a diferentes edades bajo regresión aleatoria

Un tercer análisis se realizó usando un modelo de regresión aleatoria, para ello se usaron los pesajes mensuales, desde el destete hasta los dos años de edad de cada uno de los animales. Por los resultados de los análisis previos, se agrupó a los animales por su sexo-biotipo, y se consideró como grupo contemporáneo a los animales que fueron pesados el mismo día, así, la base de datos incluyó a; la identificación del animal, sexo del animal, número de parto de la madre (1, 2, y 3 o más), el tipo de parto al nacimiento (1, y más de una cría), la edad al momento de la pesada, y el peso vivo.

$$Y_{ijklt} = Np_i + Tp_j + Gc_k + \sum_{m=0}^3 \theta_m P_m + \sum_{m=0}^3 \alpha_{ml} P_{ml} + \sum_{m=0}^3 \rho_m P_m + e_{ijklt}$$

Donde:

- y_{ijklt} = Peso del animal a la edad t , con i número de parto de la madre, nacido en el tipo de parto j , registrado en grupo contemporáneo k
- Np_i = Efecto del i -ésimo número de parto, $i = 1, 2$, y 3 o más
- TP_j = Efecto del j -ésimo tipo de parto, $j =$ una cría; dos o más crías.
- GC_k = Efecto de k -ésimo grupo de contemporáneos, $k = 1, 2, \dots, 16$.
- θ_m = Coeficiente regresión fija del polinomio de Legendre de orden 3.
- α_m = Coeficiente de regresión aleatoria del polinomio de Legendre de orden 3 para el valor genético del l -ésimo animal perteneciente a la combinación sexo-variedad
- ρ_m = Coeficiente de regresión aleatoria del polinomio de Legendre de orden 3 para el efecto ambiental permanente de cada animal con registro
- P_m = El m -ésimo coeficiente del polinomio de Legendre de orden 3.
- e_{ijklt} = Efecto residual.

El coeficiente de Legendre el día t de la lactación, se calculó según:

$$p_0 = \sqrt{1/2}, \quad p_1 = z \times \sqrt{3/2}, \quad p_2 = [(3/2) \times z^2 - (1/2)] \times \sqrt{5/2} \text{ y}$$
$$p_3 = [(15/16) \times z^3 - (9/16) \times z] \times \sqrt{7/2}$$

Donde:

$$z = -1 + 2 [(t - 730)/(730 - 50)].$$

En el análisis los efectos aleatorios (α_m , ρ_m , y e_{ijklt}) se supusieron con media cero y no correlacionados. Las varianzas de α_m y ρ_m , se modelaron con $\mathbf{K}_A \otimes \mathbf{A}$ y $\mathbf{K}_P \otimes \mathbf{I}_N$ donde \mathbf{K}_A y \mathbf{K}_P son las matrices de covarianza de los coeficientes del polinomio de Legendre del efecto genético aditivo del animal y de los efectos ambientales permanentes, respectivamente. La varianza residual se supuso homogénea, una varianza para todo el periodo de edad. Las heredabilidades se obtuvieron a intervalos de 50 días a partir de los 75 días hasta los 24 meses de edad.

Los componentes de varianza se estimaron mediante el uso del programa MATLAB (versión 7.0).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5 se muestran las medias mínimo cuadráticas para crecimiento, el promedio para peso al nacimiento fue de 2.5 ± 0.01 kg, para el destete fue de 8.8 ± 0.11 , a los 6 meses fue de 13.07 ± 0.09 , al año 16.94 ± 0.11 , a los 18 meses fue de 19.30 ± 0.13 y a los dos años fue de 24.27 ± 0.16 .

En función de los efectos ambientales estimados; para tipo de parto se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en todos los pesos estudiados, los corderos provenientes de parto sencillo son en promedio 14.2% superior a los de parto múltiple, en su desarrollo corporal mostrando la mayor diferencia al nacer (27%) y al destete (19%).

Por su parte el efecto de sexo mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) durante el crecimiento siendo los machos 8.4% superiores a las hembras, con un incremento de 2% mensual con respecto a las hembras.

Con respecto a número de parto, se observó que en PN y PD los corderos de primer parto son inferiores (12.5%) con respecto a los nacidos en segundo o más partos. Sin embargo, esta diferencia se pierde a partir de los seis meses donde los corderos de segundo parto muestran un comportamiento intermedio entre los de primer y tercer o más partos.

Por otro lado, la variedad café es 9% más ligera que la variedad blanca y negra y mientras que en peso al destete esta variedad disminuye a 3%, a partir de los 6 meses muestran un comportamiento semejante a las otras variedades.

Estos resultados están de acuerdo con lo presentado por Yazdi *et al.*, (1998) con ovinos de la raza Baluchi en Iran. Oriá *et al.*, (2001), en corderos de la raza Morada Nova en Brasil. Baneh y Hasan (2009) en ovinos de la raza Ghezel en Azerbaijan. Ozder *et al.*, (2009) en ovinos Merino Turkish en

Turquía; en que los menores pesos al nacer fueron observados en corderos provenientes de partos múltiples, así como los menores pesos fueron observados para aquellos animales provenientes de hembras primaras y que los machos siempre fueron más pesados que las hembras.

Cuadro 5. Medias mínimo cuadráticas y errores estándar en kg para las variables de: Peso al Nacer (PN), al destete (PD), a 6 (P6), 12 (PA), 18 (P18) y 24 (P24) meses en relación al Tipo de parto, número de parto, variedad y sexo en el ovino Chiapas.

Efectos		N	PN	N	PD	N	P6	N	P12	N	P18	N	P24
Tipo de Parto	Sencillo	958	2.6 ± 0.02 ^a	404	8.9 ± 0.14 ^a	898	13.1 ± 0.12 ^a	874	17.0 ± 0.16 ^a	802	19.4 ± 0.17 ^a	617	24.5 ± 0.21 ^a
	Múltiple	64	1.9 ± 0.06 ^b	18	7.2 ± 0.55 ^b	45	10.7 ± 0.43 ^b	58	15.5 ± 0.50 ^b	46	18.1 ± 0.59 ^b	42	22.6 ± 0.70 ^b
Número de Parto	Primaras	390	2.03 ± 0.04 ^a	166	7.3 ± 0.33 ^a	371	11.3 ± 0.26 ^a	373	15.6 ± 0.30 ^a	320	18.4 ± 0.37 ^a	231	23.0 ± 0.46 ^a
	Segundo	437	2.30 ± 0.02 ^b	186	8.5 ± 0.35 ^b	427	12.0 ± 0.28 ^{ab}	404	16.0 ± 0.30 ^{ab}	386	18.8 ± 0.39 ^{ab}	302	23.8 ± 0.46 ^{ab}
	> 2	205	2.4 ± 0.02 ^b	70	8.4 ± 0.32 ^b	149	12.4 ± 0.26 ^b	157	17.1 ± 0.30 ^b	146	19.2 ± 0.37 ^b	129	23.9 ± 0.43 ^b
Variedad	Blanco	475	2.3 ± 0.03 ^a	190	8.3 ± 0.30 ^a	426	11.8 ± 0.23 ^a	419	16.0 ± 0.27 ^a	402	18.8 ± 0.32 ^a	306	24.0 ± 0.38 ^a
	Negro	487	2.3 ± 0.03 ^a	194	8.0 ± 0.31 ^a	436	12.3 ± 0.24 ^a	429	16.7 ± 0.29 ^b	367	18.9 ± 0.34 ^a	288	23.9 ± 0.40 ^a
	Café	97	2.1 ± 0.05 ^b	40	8.0 ± 0.45 ^a	89	11.6 ± 0.37 ^a	84	16.0 ± 0.46 ^a	84	18.7 ± 0.52 ^a	70	22.7 ± 0.62 ^a
Sexo	Macho	600	2.3 ± 0.04 ^a	211	8.5 ± 0.31 ^a	475	12.6 ± 0.25 ^a	449	17.5 ± 0.30 ^a	393	20.0 ± 0.35 ^a	275	25.9 ± 0.43 ^a
	Hembra	549	2.2 ± 0.04 ^b	214	8.6 ± 0.31 ^b	480	11.2 ± 0.25 ^b	487	15.0 ± 0.30 ^b	463	17.5 ± 0.34 ^b	391	21.2 ± 0.40 ^b
General		1026	2.5 ± 0.01	425	8.8 ± 0.11	955	13.07 ± 0.09	936	16.94 ± 0.11	856	19.30 ± 0.13	666	24.27 ± 0.16

a,b,c valores con diferente literal dentro del efecto son medias diferentes (P<0.05)

En el cuadro 6 se observa que el peso maduro promedio en el ovino criollo de Chiapas se estimó en 24 ± 0.28 kg a una edad de 700 días (1.9 años), observándose que aquellos animales provenientes de parto sencillo mostraron una mayor tasa de crecimiento que los de parto múltiple en un 43%, mientras que los machos fueron 29% más pesados que las hembras y aquellos individuos provenientes de primer parto mostraron una menor tasa de madurez de 18% que aquellos individuos provenientes de segundo o más partos; con respecto al variedad, estos resultados mostraron que el variedad café fue más lento en su desarrollo.

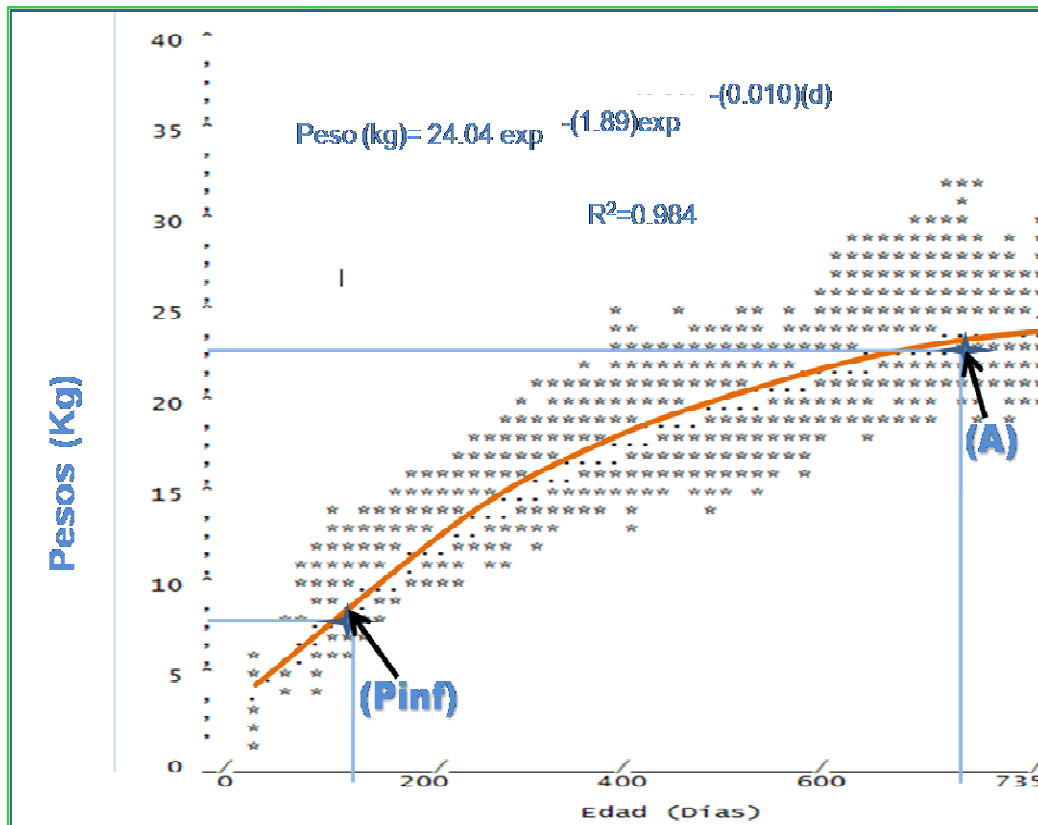
La mayor velocidad de crecimiento se observó entre el nacimiento y los primeros 168 días alcanzando un peso de 8.84 ± 0.104 kg a esta edad.

Cuadro 6. Media y error estándar de los parámetros de la curva de crecimiento de Gompertz general y con respecto al tipo de parto, sexo, variedad y número de parto, en el ovino criollo de Chiapas

Efectos		N	A (peso maduro)	B (constante de integración)	K (tasa de madurez)	Peso inflexión	Edad inflexión
Tipo de parto	Sencillo	811	24.09±0.29	1.87±0.015	0.010±0.00093	8.86±0.10	165.39±4.42
	Múltiple	55	23.69±0.93	2.16±0.086	0.0057±0.00036	8.71±0.34	196.07±15.09
Sexo	Machos	438	24.64±0.43	1.97±0.022	0.010±0.0015	9.06±0.15	154.08±5.71
	Hembras	434	23.43±0.36	1.81±0.019	0.0071±0.00066	8.62±0.13	180.55±6.19
Variedad	Blanco	391	23.75±0.39	1.88±0.020	0.010±0.0014	8.73±0.14	164.41±5.78
	Negro	393	24.29±0.44	1.88±0.021	0.010±0.0011	8.93±0.16	167.38±6.60
	Café	84	24.31±1.01	1.90±0.052	0.009±0.0026	8.94±0.37	180.87±15.7
Número de parto	Primalas	318	24.35±0.49	1.91±0.026	0.0082±0.001	8.96±0.18	182.70±7.40
	Segundo	230	23.24±0.54	1.77±0.025	0.010±0.0018	8.55±0.19	149.22±7.39
	> 2	320	24.31±0.45	1.94±0.025	0.010±0.0016	8.94±0.17	164.74±7.005
General		872	24.04±0.28	1.89±0.280	0.010±0.00026	8.84±0.10	168.00±4.20

En la figura 1 se observa la evolución del crecimiento de los ovinos criollos de Chiapas, modelada con la función de Gompertz.

Figura 1. Pesos observados y estimados con la función de Gompertz en el ovino criollo de Chiapas



A= peso maduro, Pinf= peso a la inflexión o primer momento de cambio en la velocidad de crecimiento en la curva

Bathaei and Leroy (1996), estimaron la curva de crecimiento en ovinos Mehraban, utilizando el modelo de Brody, observando que para peso a la madurez las hembras fueron más ligeras en un 25% que los machos, los animales de parto múltiple son más ligeros que los de parto sencillo en un 11%; sin embargo, la estimación de tasa de madurez fue mayor en las hembras que en los machos, las hembras alcanzan el peso maduro a los 28 meses, mientras que los machos a los 37 meses; el efecto de sexo en el peso maduro en los

ovinos Mehraban es semejante a lo observado en el ovino criollo de Chiapas, sin embargo, la tasa de madurez fue mayor en las hembras Mehraban que en los machos y en el caso del ovino criollo de Chiapas se observó lo contrario.

Topal *et al.* (2004) y Bilgin *et al.* (2004) analizaron el crecimiento en razas ovinas de carne en Turquía, con la función de Gompertz, siendo el peso a la madurez de 41 kg a 49 kg en la raza Morkaraman y de 40.6 a 44.9 kg en la raza Awassi .

Gbangboche *et al.* (2008) estimaron el crecimiento con la función de Gompertz en la raza West African Dwarf, obteniendo un promedio para peso maduro de 40.9 ± 2.08 kg y una tasa de crecimiento de 0.0072.

Rocha *et al.* (2006) estimaron con la función de Gompertz en ovinos de la raza Santa Ines el peso maduro y la tasa de madurez con un promedio de 24.16 kg y 0.019, respectivamente.

Malhado *et al.* (2009) estimaron la curva de crecimiento con la función de Gompertz en cruza de Dorper con razas locales de Brasil, obteniendo para la cruza de Dorper x Morada Nova una media para peso a la madurez de 28.48 ± 0.36 kg y una tasa de madurez de 0.0149; para la cruza de Dorper x Rabo Largo una media para peso a la madurez 29.99 ± 0.19 y para tasa de madurez de 0.0132; y para la cruza de Dorper x Santa Inés una media para peso a la madurez de 32.52 ± 0.17 y para tasa de madurez de 0.0171.

Los resultados de este estudio con el ovino criollo de Chiapas coinciden en que el uso de la función de Gompertz explicó adecuadamente el crecimiento.

Los valores de las medias para peso maduro en el ovino criollo de Chiapas son menores a lo encontrado en las razas antes mencionas debido a que se realizó en ovinos productores de carne, a excepción de lo reportado por Rocha

et al. (2006) en los ovinos de la raza Santa Inés, ya que el peso a la madurez es similar a lo encontrado en el ovino criollo de Chiapas.

En el cuadro 7 se observa que el estimado de heredabilidad de los parámetros de la curva de crecimiento (peso maduro, tasa de madurez, peso de inflexión y edad de inflexión) fue de 0.24 para todas las características; las heredabilidades son iguales debido a que los estimadores de los parámetros de la curva están altamente correlacionados ya que parten de la misma ecuación.

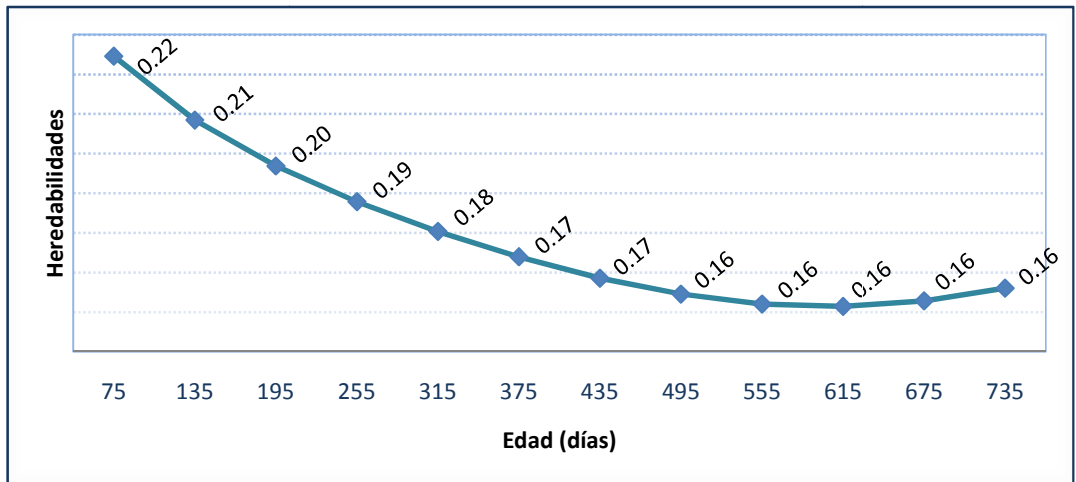
Bathaei and Leroy (1996), en ovinos Mehraban obtuvieron los estimadores de los parámetros de la curva con la función de Brody y reportaron heredabilidades para peso a la madurez y tasa de madurez de 0.52 ± 0.11 y 0.45 ± 0.15 , respectivamente; Stobart *et al.*, (1986) para las razas Columbia, Rambouillet y Targhee, estimaron heredabilidades para peso maduro de 0.53.

Cuadro 7. Varianzas aditivas, residuales, fenotípicas y heredabilidades estimadas con modelos univariados de los estimadores de crecimiento de la función de Gompertz en los ovinos criollos de Chiapas

Variables	varianzas			
	aditiva	residual	fenotípica	$h^2\pm e.e$
A (Peso Maduro)	22.86	71.32	94.18	0.242±0.062
K (Tasa de madurez)	0.00027	0.00085	0.00112	0.244± 0.070
Peso inflexión	3.093	9.65	12.75	0.242±0.062
Edad de inflexión	4817.35	15152.50	19970	0.241±0.062

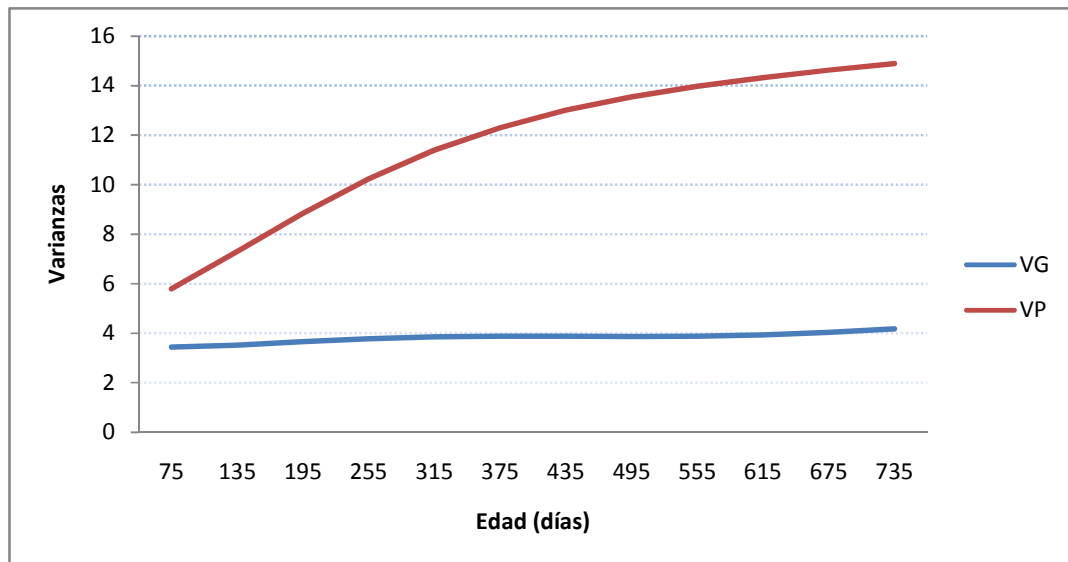
En la figura 2 se observa que el estimado de heredabilidad decrece utilizando el modelo de regresión aleatoria, los valores van de 0.22 a los 75 días a 0.16 a los 24 meses. La heredabilidad a los 75 días está sobreestimada ya que el destete ocurre a los 90 días y en el modelo no se incluyó el efecto materno. Lewis y Brotherstone (2002) en ovinos de la raza Suffolk, estimaron con la metodología de regresión aleatoria heredabilidades en diferentes puntos de la trayectoria de la curva de 0.09 a los 15 días a 0.33 a los 150 días, incluyendo el efecto genético de la madre.

Figura 2. Heredabilidades estimadas con el modelo de regresión aleatoria a diferentes edades en el ovino criollo de Chiapas



En la figura 3 se observa que la metodología de regresión aleatoria mostró diferentes variancias genéticas y de ambiente permanente en cada punto de la trayectoria de la curva, siendo el efecto permanente el de mayor variación. Esto coincide por lo reportado por Lewis y Brotherstone (2002).

Figura 3. Varianza aditiva y de efecto permanente en el crecimiento del ovino criollo de Chiapas



8 CONCLUSIONES

Los factores ambientales tipo de parto, sexo, número de parto de la hembra y la variedad del animal (color), fueron factores importantes en la variación de la curva de crecimiento del ovino criollo de Chiapas.

La función de Gompertz describió el crecimiento del ovino criollo de Chiapas ($R^2=0.98$), estimando en promedio el peso maduro en 24 ± 0.28 kg a una edad de 700 días (1.9 años), la tasa de madurez en 0.010 ± 0.00026 ; la mayor velocidad de crecimiento se observó en los primeros 168 días (edad de inflexión) registrando en promedio 8.84 ± 0.10 kg (peso de inflexión).

La heredabilidad para peso maduro, tasa de madurez, peso de inflexión y edad de inflexión fue de 0.24 para todas las características estimadas con un modelo univariado.

Las heredabilidades estimadas con regresión aleatoria para los pesos a diferentes edades fueron menores indicando un mejor ajuste, debido a que considera las covarianzas entre las mediciones, y los efectos ambientales permanentes.

Las heredabilidades obtenidas en este estudio confirman que son características con suficiente variación genética aditiva para obtener cambios por selección.

9 REFERENCIAS

- Abreu UG, Cobuci JA, Da Silva MVGB y Sereno JRB. Uso de los modelos no lineales para el ajuste de la curva de crecimiento de bovinos Pantaneiros. Revista Archivos de Zootecnia 2004. 53: 367-370.
- Agudelo GD, Cerón MMF y Restrepo BLF. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Revista colombiana de ciencias Pecuarias 2008. 21: 39-58.
- Al-Shorepy SA. Estimates of genetic parameters for direct and maternal effects on birth weight of local sheep in United Arab Emirates. Small Ruminant Research 2001. 39: 219-224.
- AMCO.2008.<http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/empezar/parasitosis.html>
- Andersen S and Pedersen B. Growth and food intake curves for group-housed gilts and castrated male pigs. Animal Science 1996. 63: 457-464.
- Apodaca SCA. El modelo del día de prueba para corregir efectos ambientales en la predicción de los valores genéticos de características de leche en Holstein [Doctorado]. México, D. F: UNAM, 2007.
- Bahreini BMR, Shahroudi FE and Dale Van Vleck L. Estimates of genetic parameters for growth traits in Kermani sheep. Journal of Animal Breeding and Genetics 2007. 124(5): 296-301.
- Baneh H and Hafezian H. Effects of environmental factors on growth traits in Ghezel sheep. African Journal of Biotechnology 2009. 8(12): 2903-2907.
- Bathaei SS, Leroy PL. Growth and mature weight of Mehraban Iranian fat-tailed sheep. Small Ruminant Research 1996. 22: 155-162.
- Bavera G, Bocco O, Beguet H y Petryna A. Crecimiento desarrollo y precocidad. Cursos de producción bovina de carne. programas de la Cátedra de Producción Bovina de Carne del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, 2005. www.produccion-animal.com.ar

- Bedhiaf RS and Djemali M. New genetic parameters to exploit genetic variability in low input production systems. *Livestock Production Science* 2006. 99:119-123.
- Bilgin OC, Esenbuga N, Macit M and Karaoglu M. Growth curve characteristics in Awassi and Morkaraman sheep, part 1: Comparison of nonlinear functions. *Wool Technology and Sheep Breeding* 2004. 52(1): 1-7.
- Blasco A. La descripción del crecimiento. Informe Técnico Ocasional No. 6. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ciencia Animal. <http://www.dcam.upv.es/dcia/Downndload/ITO6.PDF>.
- Blasco A y Varona L. Ajuste y Comparación de curvas de crecimiento. *ITEA* 1999. 95A 2: 131-142. <http://www.dcam.upv.es/dcia/ablasco/Publi.htm>
- Bosso NA, Cissé MF, Waaij EHvd et al. Genetic and phenotypic parameters of body weight in West African Dwarf goat and Djallonké sheep. *Small Ruminant Research* 2007. 67 (2-3): 271-278.
- Bourdon RM. *Understanding Animal Breeding*. 1 ed. New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc, 1997.
- Butzer WK. Cattle and sheep from old to new spain: Historical Antecedents. *Of the association of American Geographers* 1988. 78(1): 29-56.
- Cadena MJA y Castillo MA. Comparación de diferentes métodos para la estimación de componentes de varianza. *Agrociencia* 2002. 36: 713-723.
- Castro-Gámez H, Perezgrovas R, Campos-Montes G, López-Ordaz R and Castillo-Juárez H. Genetic parameters for fleece quality assessed by an ancient Tzotzil indigenous evaluation system in México. *Small Ruminant Research* 2008. 74:107-112.
- Cloete SWP, Schoeman SJ, Coetzee J, Morris JD. Genetic variances for liveweight and fleece traits in Merino, Dohne Merino and South African Meat Merino sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 2001. 41: 145-153.
- Cullis BR and McGilchrist BR. A model of the analysis of growth data from designed experiments. *Biometrics* 1990. 46: 131-142.
- Da Gama LT. *Melhoramiento genético animal*. Lisboa: Editora Escolar, 2002.

- De Lucas TJ. Situación y perspectiva de la producción de carne ovina en México. Memorias. VIII Curso Bases de la Cría Ovina. Pachuca, Hidalgo: AMTEO; 2005.
- Delgadillo CAC, López OR, Montaldo VHH, Berruecos VJM, Luna AE, Shimada MA, Vásquez PCG. Caracterización de la curva de crecimiento del ciervo rojo (*Cervus elaphus scoticus*) en el centro de México. Técnica Pecuaria México 2009. 47(1): 117-123.
- Dixit SP, Dhillon JS and Singh. Genetic and non-genetic parameter estimates for growth traits of Bharat Merino lambs. Small Ruminant Research 2001. 42: 101-104.
- Duguma G, Schoeman SJ, Cloete SWP and Jordaan GF. Genetic parameter estimates of early growth traits in the Tygerhoek Merino flock. South African Journal of Animal Science 2002. 32(2): 66-75.
- Ed O. MATLAB tutorial. Version 7. Department of Mathematics. The Ohio State University.
- Emmans GC. A method to predict the food intake of domestic animals from birth to maturity as a function of time. Journal of Theoretical Biology 1997. 186: 189-199.
- Falconer DS and Mackay TFC. Introducción a la genética cuantitativa. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1996.
- FAO. 2004. Base de Datos FAOSAT. <http://www.fao.org>.
- FAO. 2006. Base de Datos FAOSAT. <http://www.fao.org>.
- FAO. 2007. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura-Resumen editado por Dafydd Pilling y Barbara Rischkowsky. Roma.
- Flores SC. Estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento y reproducción en ovinos Suffolk [Tesis de Maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2006.
- Gbangboche AB, Glele-Kakai R, Salifou S, Albuquerque LG and Leroy PL. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve in West African Dwarf sheep. The Animal Consortium 2008. 2(7): 1003-1012.

- Gómez RE. Diseño y validación de índices específicos de selección para el mejoramiento genético del ganado lanar de Chiapas [Tesis de Licenciatura]. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas FMVZ-UNACH; 2007.
- Guilmour AR. Cullis BR. Welliam SJ et al. ASREML. In: Reference manual. Series ASREML 2001. Harpenden. U.K: IACR-Rothamsted Exp. Station;
- Hofer A. Variance component estimation in animal breeding. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 1998. 115: 247-265.
- INEGI. Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa. México, 2005.
- INEGI. Anuario Estadístico Del Estado de Chiapas. México 2001. 437- 442.
- Jamrozik J and Schaeffer LR. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regressions for yield traits of first lactation Holsteins. *Journal of Dairy Science* 1997. 80: 762-770.
- Kirkpatrick M, Bulmer M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. *Genetics* 1990. 124: 979.
- Lewis RM y Brotherstone S. A genetic evaluation of growth in sheep using random regression techniques. *Animal Science* 2002. 74: 63-70.
- Lewis RM, Emmans GC, Dingwall WS. A description of the growth of sheep and its genetics analysis. *Animal Science* 2002. 74: 51-62.
- Malhado CHM, Carneiro PLS, Affonso PRAM, Souza AAO and Sarmento JLR. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo and Santa Inés. *Small Ruminant Research* 2009. 84: 16-21.
- McManus C, Evangelista C, Fernandes LAC. Curvas de crescimento de ovinos Bergamasia criados on Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2003. 32: 22-27.
- Meyer K and Hill W. Estimation of genetic and phenotypic covariance functions for longitudinal or "repeated" records by restricted maximum likelihood. *Livestock of Production Science* 1997. 47: 185.

- Meyer K. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for postweaning growth and mature weight of beef cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 1999. 116: 181-205.
- Meyer K. Random regressions to model the phenotypic variation in monthly weights of Australian beef cows. *Livestock Science* 2000. 65: 19-38.
- Meyer K. Advances in methodology for random regression analyses. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 2005. 45: 847-858.
- Mokhtari MS, Rashidi A and Mohammadi Y. Estimation of genetic parameters for post-weaning traits of Kermani sheep. *Small Ruminant Research* 2008. 80: 22-27.
- Mrode RA. Linear models for the prediction of animal breeding values. 2a ed. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005.
- Nagy I, Solkner J, Komlosi I, Safar L (1999). Genetic parameters of production and fertility traits in Hungarian Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 1999. 116: 399- 413.
- Nahed-Toral J, López-Tirado Q, Mendoza-Martínez G, Aluja-Schunemann A and Trigo-Tavera FJ. Epidemiology of parasitosis in the Tzotzil sheep production system. *Small Ruminant Research* 2003. 49: 199-206.
- Nobre PCR, Misztal I, Tsuruta S, Bertrand JK, Silva LOC and Lopes PS. Analyses of growth curves of Nellore cattle by multiple- trait and random regression models. *Journal Animal Science* 2003. 81: 918-926.
- Noguera RR, Pereira RL y Solarte CE. Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. *Livestock Research for Rural Development* 2008. 20: 5.
- Olivera VI. Estimación de componentes genéticos para características de crecimiento en la oveja criolla de Chiapas. [Tesis de Maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2008.
- Oriá FAA, Buchanan D, Selaive VAB. Avaliacao dos fatores ambientais no desenvolvimento corporal de cordeiros deslanados da raza Morada Nova. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2001. 30(5): 1460-1465.

- Ozder M, Sezenler T, Onal AR and Ceyhan A. Genetic and non-genetic parameter estimates for growth traits in Turkish Merino lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 2009. 8(9): 1729-1734.
- Parks JR. A theory of feeding and growth of animals. Springer-Verlag. Berlín.
- Pedraza P, Peralta M y Perezgrovas R. El borrego Chiapas: Una raza local mexicana de origen español. *Archivos de Zootecnia* 1992. 41 (extra): 355-362.
- Peralta LM, Trejo GAA, Pedraza VP, Berruecos VJM, Vásquez PCG. Factors affecting milk yield and lactation curve fitting in the creole sheep of Chiapas-México. *Small Ruminant Research* 2005. 58: 265-273.
- Perezgrovas GR y Pedraza P. Ovinocultura Indígena I. Desarrollo Corporal del Borrego Chiapas. Cuadernos de Investigación. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 1984. 1: 1-13.
- Perezgrovas G. Ovinocultura Indígena En Los Altos De Chiapas. Aportación Tzotzil A Las Costumbres Pastoriles Españolas En Medio Ambiente Y Comunidades Indígenas Del Sureste. Uribe R. (Editor). Comisión Nacional De Los Estados Unidos Mexicanos 1989. Para La UNESCO. Tabasco. México.
- Perezgrovas. G. R y Castro. G. H. El borrego Chiapas y el sistema tradicional de manejo de ovinos entre las pastoras tzotziles. *Revista Archivos de Zootecnia* 2000. 49: 391-403.
- Rocha SJL, Regazzi JA, Sousa WH, Almeida TR, Breda FC y Oliveira MGR. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inés. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006. 35: 2.
- Román PSI. Estimación de componentes de varianza y covarianza en una población multirracial de ganado bovino dentro de un sistema de doble propósito en el trópico mexicano [Tesis de Maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006.
- Safari A and Fogarty NM. Genetic parameters for sheep: estimates from the literature. NSW Agriculture and Australian Sheep Industry CRC 2003.
- SAGARPA. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera 2003.

- SAGARPA. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera 2005.
- SAGARPA. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera 2007.
- Schaeffer LR and Dekkers JCM. Random regressions in animal models for test-day production in dairy cattle. Proceedings of the fifth world congress on genetics applied to livestock production, Guelph 1994. 18: 443-446.
- Stobar RH, Bassett JW, Cartwright TC and Blakwell RL. An analysis of body weights and maturing patterns in western range ewes. Journal Animal Science 1986. 63: 729-740.
- Taylor SCS. Genetic size-scaling rules in animal growth. Animal Production 1980. 30: 161-165.
- Topal M, Ozdemir M, Aksakal V, Yildiz N and Dogru U. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. Small Ruminant Research 2004. 55: 229-232.
- Valencia PM. Obtención del valor genético predicho en animales incluyendo el efecto del medio ambiente permanente. Acta Universitaria 2003. 13(3): 1184-1190.
- Winsor CP. The Gompertz curve as a growth curve. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 1932. 18: 1-8.
- Yazdi MH, Eftekhari-Shahroudi F, Hejazi M and Liljedahl E. Environmental effects on growth traits and fleece weights in Baluchi sheep. Journal of Animal Breeding and Genetics 1998. 115: 455-465.

10 ANEXOS

Anexo 1. Heredabilidades para características de crecimiento predestete en ovinos

Raza	Peso	$h^2 \pm e.e$	No. Registros	Media	Referencia
Razas de lana					
Merino	60d	0.17 ± 0.01	20505	16.3	Nagy et al., 1999
Merino	110d	0.18 ± 0.07	1473	26	Cloete et al., 2001
Dohne Merino	110d	0.21 ± 0.07	2329	30.1	Cloete et al., 2001
Merino	120d	0.26	8310		Duguma et al., 2002b
Doble propósito					
Polipay	60d	0.11	6561	26.1	Rao and Notter 2000
SA Meat Merino	110d	0.32 ± 0.09	2192	32.1	Cloete et al., 2001
Dorper	100d	0.20 ± 0.07	2836	25.6	Neser at al., 2001
Welsh	84d	0.16 ± 0.03	11201	20.6	Ap Dewi et al., 2002
Mountain					
Timahdite	30d	0.02	10370	9.6	Boujenane and Kansari 2002
Columbia	120d	0.16 ± 0.02	23903	35.7	Hanford et al., 2002
Gotland	120d	0.19	35891	35.4	Nasholm 2002
Swedish White	120d	0.17	30698	35.2	Nasholm 2002
Sabi	120d	0.13 ± 0.04	3537	17.8	Matika et al., 2003
Scotish	140d	0.17 ± 0.04	1465	37.2	Roden et al., 2003
Blackface					
Targhee	120d	0.18 ± 0.01	32715	34.6	Van Vleck et al., 2003
Razas de carne					
Suffolk	90d	0.13	2853	47.2	Rao and Notter 2000
Suffolk	56d	0.14 ± 0.01	55683	24.8	Maniatis and Pollott 2002b
Suffolk	56d	0.16 ± 0.07	892	18.5	Maniatis and Pollott 2002 ^a
Suffolk	112d	0.09 ± 0.07	892	31.9	Maniatis and Pollott 2002 ^a
Suffolk	56d	0.17 ± 0.02	1932	23.3	Simm et al., 2002

h^2 = heredabilidad a diferentes edades expresadas en días, e.e= error estándar y d = días

Anexo 2. Heredabilidades para características de crecimiento postdestete en ovinos

Raza	Peso	$h^2 \pm e.e$	No. Registros	Media	Referencia
Razas de lana					
Merino	300-365d	0.30 ± 0.07	880	49.8	Cloete et al., 2001
Dohne	300-365	0.33 ± 0.07	1609	57.9	Cloete et al., 2001
Merino					
Merino	180	0.44 ± 0.09	1812		Wuliji et al., 2001
Merino	365d	0.43 ± 0.09	1803		Wuliji et al., 2001
Merino	365d	0.38 ± 0.08	1398	34.4	Lee et al., 2002
Merino	150d	0.28 ± 0.08	1761	31.8	Ingham et al., 2003
Doble propósito					
Coopworth	8-12m	0.24 ± 0.06	4124	47.5	Lewis and Beatson 1999
SA Meat	10-12m	0.45 ± 0.07	1519	65.2	Cloete et al., 2001
Merino					
Sabi	12m	0.26 ± 0.04	2219	23.9	Matika et al., 2003
Razas de carne					
Suffolk	146d	0.20 ± 0.01	87032	57.3	Maniatis and Pollott 2002 _b
Suffolk	146d	0.16 ± 0.09	892	39.7	Maniatis and Pollott 2002 _a
Suffolk	150d	0.29 ± 0.02	1932	63.2	Simm et al., 2002

h^2 = heredabilidad a diferentes edades expresadas en días, e.e= error estándar y d= días.

Anexo 3. Heredabilidades a diferentes edades para pesos al abasto en ovinos

Raza	Variable	$h^2 \pm e.e$	No. Registros	Media	Referencia
Razas de lana					
Merino	480d	0.49 ± 0.12	1803		Wuliji et al., 2001
Merino	480d	0.52 ± 0.05	1380	53.8	Duguma et al., 2002 ^a
Merino	365d	0.33 ± 0.15	556	36	Brown et al., 2002
Merino	540d	0.34 ± 0.04	9767	49.1	Brown et al., 2002
Merino	450-510d	0.52 ± 0.03	9556	48.3	Cloete et al., 2002 ^a
Merino	840d	0.34 ± 0.09	1292	46.6	Lee et al., 2002
Merino	365d	0.35 ± 0.02	28825	44.2	Clarke et al., 2003
Merino	450d	0.49 ± 0.02	43115	49	Clarke et al., 2003
Merino	510d	0.51 ± 0.10	1020	63.1	Fogarty et al., 2003
Doble proposito					
Welsh Mountain	390d	0.19	386	53.3	Saatci et al., 1998
Ramboulliet	540d	0.43 ± 0.10	557	53	Lee et al., 2000
Welsh Mountain	420d	0.29 ± 0.07	1022	42.3	Ap Dewi et al., 2002
Sabi	540d	0.37 ± 0.05	2035	34.4	Mantika et al., 2003
Razas de carne					
Poll Dorset	420d	0.31 ± 0.04	10108	56.3	Atkins et al., 1991
Suffolk	420d	0.25 ± 0.10	1427	60.8	Brash et al., 1992
Poll Dorset	480d	0.37 ± 0.18	510	67.8	Gilmour et al., 1994
Composite	570d	0.26	2221	72.3	Mousa et al., 1999

h^2 = heredabilidad a diferentes edades expresadas en días, e.e= error estándar y d= días.