

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA DEL  
OVINO DE LA RAZA CHIAPAS**

**TESIS  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:  
GABRIELA XANATH BELMONT CASTELAN**

**ASESORES:  
PhD. CARLOS G. VÁSQUEZ PELAEZ  
MPA. REYES LÓPEZ ORDAZ**

**MÉXICO, DISTRITO FEDERAL**

**2016**



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.

## DEDICATORIA

Poder alcanzar esta meta me colma de enorme satisfacción y lograr pasar por todos los obstáculos, siempre con mi mente y corazón enfocados en aquel día cuando decidí seguir mis sueños y ser exploradora de mi destino.

Con todo mi amor le dedico esta tesis a mi mamá, la mujer que más me ha apoyado con su ternura y amor, me mostró lo que en verdad vale la pena de la vida, mamita eres mi ejemplo, mi orgullo, mi amiga, mi fortaleza...

A mi papá Gabriel que siempre estás en mi pensamiento y mi corazón, cada palabra sabia que pronunciaste marco mi vida y sin tu apoyo y tus consejos dar este salto hubiera sido muy difícil y Liliana gracias por preocuparte por mi cada día, los quiero mucho.

A mi papá Pancho, amigo, maestro, consejero, aliado... siempre mostrándome el mejor camino, jugando, riendo, imaginando e incluso peleando.

A mis hermanos y hermanas que han llenado mi vida de alegría, boberías, travesuras, juegos y momentos inolvidables que me deleitan día con día, recuerden que "la vida nos presenta las oportunidades, tómenlas".

A Emmanuelito porque llegaste en el momento preciso a iluminar mi vida con tu amor, ternura, persistencia, entereza y objetividad, mi idilio astral. Te amo tanto. Gracias por darme el mejor regalo que pude recibir... Alejandro que eres mi tesoro y mi vida entera, te adoro hijito precioso, todo es y será siempre por ti.

A toda la familia Belmont, la familia Castelan y la familia Fernández Aguirre, han sido parte fundamental para el día de hoy logre ser quien soy.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme orgullosamente formar parte de ella.

A mí querida Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ya que sin mis profesores, las clases y prácticas no sería, ni sabría lo que ahora es parte de mi conocimiento y educación. Pude descubrir mi camino... adorar la ciencia.

Al Departamento de Genética y Bioestadística por abrirme las puertas.

A PAPIIT por el apoyo y la oportunidad brindada para realizar este trabajo.

Gracias Dr. Carlos por su amistad, su apoyo, paciencia y orientación durante todo el tiempo que estuvimos trabajando, facilitándome esta travesía.

Dr. Reyes porque me brindo su disposición y ayuda cada vez que lo necesite.

Gracias a mis amigos, verdaderos amigos que durante toda la carrera vivimos de todo, alegría, tristeza, enojos, fiestas, viajes, tareas, estrés... Todo su apoyo y consejos volcaron mi vida; Karlita, Gaby, Sandra, nuestro Luisito, Diana, Luz, Lidia, Sam, Isra, Rocher, Abraham, Carlos, Roberto los quiero mucho.

Paquito Álvarez quisiera decirte tanto... gracias por ser esa personita que me impulso a tomar este camino y ayudarme a ver la vida de la manera más sublime posible. ¡Siempre te recordare!

A todos los seres vivos por formar parte de este colosal mundo y ser el granito de arena que hace la diferencia.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
Fisiología de la lactancia ovina .....	4
Modelos matemáticos.....	6
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVO .....	8
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
ÁREA DE ESTUDIO.....	9
METODOLOGÍA .....	10
Animales .....	10
Manejo .....	10
Edición de la información .....	11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	11
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
Modelos con dos parámetros.....	14
Modelos con más de dos parámetros .....	17
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURAS.....</b>	<b>28</b>
<b>CUADROS.....</b>	<b>37</b>

## RESUMEN

BELMONT CASTELAN GABRIELA XANATH Caracterización de la curva de lactancia del ovino de la raza Chiapas. (Bajo la asesoría de PhD. Carlos Vásquez Peláez y MPA. Reyes López Ordaz).

El uso de ovinos locales, es en algunos casos una alternativa viable a las condiciones ambientales y de manejo, por lo que es importante describir y conocer el potencial de la(s) característica(s) de interés, en el caso de la borrega de raza Chiapas adaptada a condiciones de 1780 msnm y bajo pastoreo extensivo y que tiene como ancestros razas lecheras españolas, por lo que puede ser utilizada para producción de leche. El objetivo de este estudio fue caracterizar las diferentes formas de la curva de lactancia en ovinos de la raza Chiapas utilizando modelos no lineales tales como los descritos por: Wood, Wilmink, Ali y Schaeffer, Nelder y modelos lineales con los polinomios de orden 2 y 3 de Legendre con la metodología de regresión aleatoria. La forma de las curvas de lactancia en la borrega de la raza Chiapas, mostró gran variabilidad. Los modelos con dos parámetros utilizados en este trabajo, identificaron las diferentes formas de curva de acuerdo con la dirección (positivo o negativo) del estimador del parámetro del modelo, observando principalmente dos tipos de curva, la que se comporta de acuerdo al estándar (típica) de la función: Wood (45%); Wilmink (29%); Nelder (66%) y polinomio de Legendre de segundo orden (57%) y aquella que se considera atípica debido a que no presenta un pico de producción, sino que su comportamiento es de decremento continuo: Wood (42%); Wilmink (48%); Nelder (23%) y polinomio de Legendre de segundo orden (38%).

## **INTRODUCCIÓN**

La evolución de la producción lechera desde el parto hasta el secado en los mamíferos ha sido representada utilizando una curva de lactancia. La cual es ampliamente estudiada en bovinos especializados en producción de leche, sin embargo, no existe mucha información en ovinos no seleccionados para esta característica. Para caracterizar la forma de la curva se ha utilizado la función gama incompleta, pero en otras especies se ha observado que no caracteriza la producción, por lo que eso puede generar errores de interpretación, siendo necesario identificar otras funciones que puedan caracterizar la curva de lactancia en ovinos.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

La cría de ovinos está ampliamente distribuida a nivel mundial, de acuerdo con la FAO, la población es de alrededor de 1, 043, 712, 633 cabezas de ganado de ovino en 2011. En el Cuadro 1 se muestran los principales países productores con respecto al número de cabezas de ovinos, siendo China el país que cuenta con la mayor población ovina en el mundo.<sup>1</sup>

Existen aproximadamente 450 grupos de ovinos en mundo, entre razas, sintéticas, locales y criollos, algunas especializadas para producción de carne (Suffolk, Hampshire, Finnsheep, Dorper, Texcel, Pelibuey, entre otras); productoras de lana (Merino, Rambouillet, Lincoln, Romney Marsh entre otras); productoras de leche (Awassi, East Friesian, etc.) y aquellas especializadas para la producción de subproductos como queso, estableciendo sus propios estándares

de producción, (Sarda para producir queso Ricotta, Lacaune para Roquefort, Manchega para Manchego, Lacha para Idiazabal, etc.).<sup>2</sup>

En México, para el 2012 el inventario es de 8, 405, 902 de cabezas de ganado ovino, ocupando el 36° lugar a nivel mundial, distribuidos principalmente en el centro del país (Estado de México, Hidalgo y Veracruz) con el 55% del inventario, en el norte (San Luis Potosí, Zacatecas y Tamaulipas) con el 26% y en el sur (Oaxaca, Chiapas y Tabasco) con el 16% de ovinos. Produciendo a nivel nacional más de 57,692 toneladas de carne y 5,042 toneladas de lana sucia.<sup>3</sup>

Sin embargo, no existe información oficial sobre los sistemas de producción de leche ovina, se estimó un censo de 6,000 animales en el año 2010, localizados en los estados de Coahuila, Guanajuato, Edo. De México, Puebla, Querétaro y Veracruz,<sup>4</sup> dirigido esencialmente a la producción y comercialización de quesos en sistemas de producción mixto e intensivo, con razas como: East Friesian, Suffolk, Dorset, Pelibuey o cruza de estas, que generalmente se distribuye en el mercado nacional<sup>5</sup> y en los últimos años en sistema extensivo y trashumante en el estado de Chiapas utilizando borregos locales de la raza denominada Chiapas.<sup>6</sup>

En los Altos de Chiapas, México, existe una población de ovinos descendiente de razas autóctonas españolas altamente productoras de leche (Churra, Lacha y Manchega)<sup>7</sup> que ha sido utilizada especialmente para la producción de lana. Esta población de ovinos conserva gran potencial genético para la producción láctea.<sup>5, 6, 8</sup> Poseen características importantes de producción de leche para considerarse como alternativa.<sup>9</sup> La leche obtenida de esta población de ovino Chiapas tiene características fisicoquímicas adecuadas para la

elaboración de quesos,<sup>10</sup> con un rendimiento de 4 litros de leche por 1 kg de queso,<sup>11</sup> por lo que se considera una raza de gran potencial en la producción de leche y sus subproductos.

### **Fisiología de la lactancia ovina**

La ubre de cualquier hembra mamífera en el momento de amamantar o ser ordeñada produce hormonas en el lóbulo posterior de la hipófisis que son transportadas vía sanguínea hacia la ubre, por ejemplo, la prolactina (PRL), la hormona del crecimiento (GH), la corticotropina (ACTH), para poder secretar leche y mantener la lactación.<sup>12</sup> La glándula mamaria contiene leche disponible en la cisterna y los grandes conductos de la glándula que puede ser extraída fácilmente por medios mecánicos y leche que está contenida en los alvéolos y al hacer presión negativa provoca que los conductos se aplanen y así no puedan vaciarse los alveolos y conductos más pequeños, por lo que requiere una descarga hormonal para su obtención.<sup>12</sup> (Figura 1) La oxitocina es la que estimula las células mioepiteliales que rodean los alvéolos, los cuales se contraen y expulsan la leche almacenada, también libera Hormona Antidiurética Vasopresina (ADH) que contribuye al efecto en la secreción de leche y a la conservación del agua corporal para la formación de más leche,<sup>13</sup> así como otras hormonas galactopoyéticas secretadas por la hipófisis, las cuales participan en conservar la producción de leche.<sup>12</sup>

Además existen factores extrínsecos (infraestructura, manejo y dieta) e intrínsecos (genéticos, tamaño corporal, metabolismo y su regulación o la fisiología de la glándula mamaria), que pueden modificar o frenar la producción de leche.<sup>14</sup>

La producción lechera al ser representada por una curva de lactancia típica,<sup>15, 16</sup> en ovinos muestra cómo la producción de leche aumenta alrededor de la tercera o cuarta semana, seguida de un corto período de persistencia, decayendo lentamente hasta las 12° a 14° semanas.<sup>17</sup> Esta curva ha sido representada por alguna función matemática tratando de simplificar el complicado proceso de la fisiología de la lactación, misma que se puede ver modificada de acuerdo al manejo del cordero. (Figura 2)

Sin embargo, no siempre se observan curvas típicas, sino que se pueden expresar aquellas denominadas como atípicas,<sup>18</sup> definidas por no presentar o no ser detectado el pico de producción, es decir, inician con el pico de producción y desciende progresivamente, siendo representado como una línea recta, la ocurrencia de este tipo de comportamiento se encuentra entre el 30% al 50%<sup>19</sup>. Mephram<sup>19</sup> mencionó que las curvas atípicas de producción de leche en ovinos son debidas principalmente al número de células secretoras activas que al mismo tiempo se encuentran en la glándula mamaria. También hay factores ambientales y biológicos que podrían influir en la curva de lactancia,<sup>20</sup> por ejemplo, Gipson *et al.*, describieron en cabras que la raza afecta la escala de la curva, el parto afecta la escala y la forma, la temporada o estación de parto afecta principalmente la persistencia y el nivel de producción afecta la escala y la forma de la persistencia.<sup>21</sup>

## Modelos matemáticos

Modelos lineales y no lineales, han sido empleados para describir la curva de lactancia y pronosticar la producción total,<sup>16</sup> siendo la función gamma incompleta propuesta por Wood en 1967<sup>22</sup> ampliamente utilizada para modelar las curvas de lactancia en bovinos, cabras,<sup>23, 24, 25</sup> borregas,<sup>26, 27, 28,</sup> búfalas<sup>29</sup> y conejas.<sup>30</sup> Sin embargo, el uso de esta función en otras especies diferentes al ganado lechero podría ser inapropiado,<sup>31</sup> como puede ser el caso de las ovejas, donde se ha observado que las curvas de producción láctea presentan una gran variación.<sup>6, 26, 32</sup>

Dado que la función gamma incompleta no garantiza el modelado de la curva, hay otros modelos que se han empleado, tales como: la función exponencial de Wilmink,<sup>33</sup> el modelo de Ali y Schaeffer,<sup>34</sup> modificación a la función de Wood,<sup>35</sup> modelos de regresión aleatoria,<sup>36</sup> función de Nelder<sup>37</sup> y modelos lineales utilizando los polinomios ortogonales de Legendre.<sup>38</sup>

Landete-Castillejos *et al.*, estudiaron dos formas de la curva (típica y atípica) a partir de siete funciones en ganado lechero,<sup>39</sup> mientras que Macciotta *et al.*, analizaron cuatro diferentes formas de la curva de lactancia en ganado lechero utilizando los modelos de gama incompleta o función de Wood, exponencial de Wilmink, regresión polinomial de Ali y Schaeffer y el polinomio de quinto orden de Legendre.<sup>40</sup>

Peralta-Lailson *et al.*, analizaron la producción de leche en ovinos de la raza Chiapas utilizando la función de Wood y modelos de polinomios lineales,

observando diferentes formas de la curva de lactancia en las diferentes variedades (blanca, negra y café) de esta raza.<sup>6</sup>

Vázquez-Peláez *et al.*, compararon siete funciones utilizando regresión aleatoria para describir la curva de lactancia en ovinos observando que el polinomio de tercer orden mostró el mejor ajuste de acuerdo con los criterios de verosimilitud.<sup>41</sup>

## **HIPÓTESIS**

Los ovinos que no han sido sujetos a un esquema de selección para producción de leche presentan gran variación en la forma de la curva de lactancia.

## **OBJETIVO**

El objetivo de este estudio fue analizar las diferentes formas de la curva de lactancia en ovinos de la raza Chiapas utilizando modelos no lineales tales como los descritos por: Wood, Wilmink, Ali y Schaeffer, Nelder y modelos lineales con los polinomios de orden 2 y 3 de Legendre.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El rebaño utilizado para este estudio se localiza en el Centro de Estudios Etnoagropecuarios (CETNO) de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH, Campus III), localizado en la Región II de los Altos en el municipio de Teopisca, Chiapas, 16°32'24" latitud norte, 92°28'19" longitud oeste a 1,780 msnm, colinda al norte con los municipios de San Cristóbal de las Casas y Huixtán; al este con Huixtán, San Cristóbal de las Casas y Amatenango del Valle; al sur con Amatenango del Valle, Venustiano Carranza y Totolapa; al oeste con Totolapa y San Cristóbal de las Casas; ocupando el 0.38% de la superficie del estado, como se muestra en la Figura 3.<sup>42</sup>

#### **Clima**

El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano C (w"2) (w) bi, la precipitación pluvial promedio anual es de 1,059.2mm y una temperatura de 12 a 24°C y la media anual es de 13°C.<sup>42, 43</sup>

#### **Edafología**

El suelo dominante es Luvisol en un 46.97% de la superficie, Alisol un 26.05%, Leptosol 19.43%, Regosol 5.69% y Gleysol 1.47%.<sup>43</sup>

## **Hidrografía**

La región hidrológica corresponde a Río Grijalva-Usumacinta, con cuencas de Río Grijalva- La Concordia, Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez y Río Lacantún.<sup>43</sup>

## **Vegetación y uso del suelo**

La vegetación comprende bosque (68.39%), pastizal inducido (10.58%), el uso de suelo para agricultura (18.74%) y zona urbana (2.29%).<sup>43</sup>

El CETNO está destinado a la investigación, docencia y transferencia de tecnología del ovino raza Chiapas. Las figuras 4 y 5 muestran la extensión de centro contando con 65 hectáreas, donde, las instalaciones cuentan con un espacio destinado para 22 corrales, 20 potreros, oficina, sala de ordeña, baño para el personal, manga de manejo, pozo de agua, área de lombricultura y área de siembra de hortalizas.

## **METODOLOGÍA**

### **Animales**

Se utilizaron 412 registros de lactancias de 316 borregas raza Chiapas de las tres variedades fenotípicas blanca, negra y café (Figura 6, 7 y 8.) con un total de 37, 881 registros pertenecientes a dos periodos, el primero corresponde a los años 1991 a 1994 y el segundo corresponde de 2005 a 2008.

### **Manejo**

El rebaño se mantuvo bajo pastoreo extensivo rotativo durante 8 horas diarias (7: 00 a.m. – 3:00 p.m.) de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con

encierro por la tarde y noche en corrales techados con acceso a agua limpia y adicionando un complemento consistente de planta completa de maíz (rastrajo y mazorca picada), avena, adicionada con alimento balanceado y sal mineral.

El ordeño se realizó en forma manual en instalaciones de tipo rústico una sola vez al día a las 7:00 am, realizando primero la medición del diámetro de la glándula mamaria, se efectuó el pesaje y registro de la producción de leche individualmente de cada borrega a partir del día 5 y hasta el día 120.

### **Edición de la información**

Utilizando SAS versión 9.3 (SAS/STAT® software vs 2010). Se eliminó del análisis los registros que tuvieran lactancias desconocidas, lactancias con menos de 9 días de producción y agrupando las lactancias 5 y más en uno solo, el número de registros y muestreos por lactancia se presentan en el Cuadro 2.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Seis funciones matemáticas fueron seleccionadas para modelar la curva de producción de leche de la borrega raza Chiapas: Gama incompleta o función de Wood,<sup>22</sup> Exponencial de Wilmink,<sup>33</sup> Función polinomial de cinco parámetros de Ali and Schaeffer,<sup>34</sup> Función inversa de Nelder<sup>37</sup> y Polinomios de Legendre de 2° y 3° orden.<sup>38</sup>

Utilizando la metodología de regresión aleatoria:

Función gamma incompleta de Wood:

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Función de Wilmink

$$Y_t = a + be^{-kt} + ct$$

Función de Ali and Schaeffer

$$Y_t = a + b \left( \frac{t}{t_{max}} \right) + c \left( \frac{t}{t_{max}} \right)^2 + d \log \left( \frac{t_{max}}{t} \right) + f \left[ \log \left( \frac{t_{max}}{t} \right) \right]^2$$

Función de Nelder

$$Y_{(t)} = \frac{t}{(a + bt + ct^2)}$$

Donde  $Y_t$  es la producción de leche al día  $t$  después del parto, y  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  y  $f$  son parámetros relacionados con la forma de la curva.

Polinomios de Legendre (orden 2y 3).

$$\text{Orden 2: } Y_t = \alpha_0 P_0(x) + \alpha_1 P_1(x) + \alpha_2 P_2(x)$$

$$\text{Orden 3: } Y_t = \alpha_0 P_0(x) + \alpha_1 P_1(x) + \alpha_2 P_2(x) + \alpha_3 P_3(x)$$

Donde:

$$P_0(x) = 1; P_1(x) = x; P_2(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1); P_3(x) = \frac{1}{2}(5x^3 - 3x)$$

Siendo  $x$  las unidades de tiempo estandarizadas (-1 a 1);  $Y_t$  y  $t$  definidos previamente y  $t_{min}$  es el primer día de muestreo después del parto y  $t_{max}$  el último día de muestreo.<sup>38</sup>

$$x = 2 \left( \frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}} \right) - 1$$

El modelo de regresión aleatoria ajustado es representado como:

$$y_{km} = \sum_{i=0}^a b_i P(x)_k^i + \sum_{i=0}^b \alpha_{im} P(x)_m^i + e_m$$

Donde  $y_{km}$  es la  $k$ -ésima observación de la producción de leche al día de lactancia en que se realizó la medición en el  $m$ -ésimo animal;  $\sum_{i=0}^a b_i P(x)_k^i$  son los coeficientes de la regresión fija de las funciones *Wood*, *Wilmink*, *Nelder*, *polinomio de Legendre de orden 2*, *polinomio de Legendre de orden 3*, *Ali* y *Schaeffer* y  $\sum_{i=0}^b \alpha_{im} P(x)_m^i$  es la regresión aleatoria del animal de acuerdo a la función de *Wood*, *Wilmink*, *Nelder*, *polinomio de Legendre de orden 2*, *polinomio de Legendre de orden 3* y *Ali* y *Schaeffer* respectivamente y  $e_m$  es el error aleatorio del  $m$ -ésimo animal.

Las formas de las curvas de acuerdo a la dirección (positivo o negativo) de los parámetros de los modelos utilizados pueden presentar  $2^n$  curvas siendo (n) el número de parámetros estimados sin considerar el intercepto como se muestra (Cuadro 3).

Los modelos en este estudio fueron evaluados a través de los criterios de verosimilitud -2Res Log Likelihood, información de Akaike (AIC), criterio de información corregido de Akaike (AICC), Criterio de información bayesiano (BIC), Residuo, Correlación de lo observado con lo esperado y Criterio de concordancia como ha sido sugerido en la literatura <sup>41</sup>.

## RESULTADOS

La forma de las curvas de lactancia en la borrega de la raza Chiapas, muestra gran variabilidad (Figura 9). Donde están representadas siete ovejas con su lactación completa.

Este comportamiento se puede modelar a partir de diferentes funciones de acuerdo a los parámetros que contengan. Las funciones de Wood, Wilmink, Nelder, presentan dos parámetros (b y c) que han sido las más utilizadas en la modelación de las curvas de lactancia en bovinos productores de leche. Estas funciones pueden representar cuatro diferentes direcciones de acuerdo a los signos de los parámetros.

La función de Ali y Schaeffer, también ha sido utilizada para describir la curva de lactancia en ganado lechero, tratando de explicar la variación de las curvas, sin embargo, esta función presenta cuatro parámetros pudiendo describir 16 formas diferentes.

Mientras que los polinomios de Legendre mostrarán  $2^n$  formas de acuerdo al número de parámetros definidos como  $\alpha_i$  (n). En este estudio se utilizaron solamente las de segundo y tercer orden.

### **Modelos con dos parámetros**

Los modelos con dos parámetros utilizados en este trabajo, identificaron las diferentes formas de curva de acuerdo con la dirección (positivo o negativo) del estimador del parámetro del modelo. En el Cuadro 4 se presentan las frecuencias

observadas a partir de las funciones de Wood, Wilmink, Nelder y polinomio de Legendre de orden 2. Si bien se muestran las cuatro formas posibles en cada uno de los modelos, se observaron dos tipos de curva, principalmente la que se comporta de acuerdo al estándar de la función: Wood (45%); Wilmink (29%); Nelder (66%) y polinomio de Legendre de segundo orden (57%) y aquella que se considera atípica debido a que no presenta un pico de producción, sino que su comportamiento es de decremento continuo: Wood (42%); Wilmink (48%); Nelder (23%) y polinomio de Legendre de segundo orden (38%). Además se observaron de acuerdo a la dirección de los parámetros, un comportamiento de incremento continuo, correspondiendo: 1.94% para Wood y Wilmink; 0.97% Nelder y 2.67% polinomio de Legendre de segundo orden, que podría ser debido a la mortalidad del cordero. Mientras que la inversa a la estándar mostró un rango entre 1.21% a 20.39% dependiendo del modelo.

La distribución de Nelder y el polinomio de orden 2 de Legendre reconocieron la misma proporción de curvas estándar ( $P > 0.05$ ), mayor a la de Wood, y esta, mayor a la de Wilmink ( $P < 0.01$ ).

Los estimadores y errores estándar de los parámetros de las funciones de Wood, Wilmink, Nelder, polinomio de Legendre de segundo orden y la regresión aleatoria para la curva típica y atípica se muestran en el Cuadro 5 y sus modelajes en la Figura 10, donde se observa que la función de Wood muestra el pico de producción poco pronunciado, ya que el parámetro  $b$  controla la magnitud de la curvatura de la curva de la lactancia mostrando así que el pico de producción se alcanza alrededor del día 10, siendo que en la función de Nelder se observa un

pico muy marcado más o menos en el mismo día de producción, mientras que la de Wilmink inicia en la producción más alta sin mostrar un pico y la de Legendre de segundo orden muestra el incremento de producción hasta el día 40 disminuyendo drásticamente.

Los valores de verosimilitud de los criterios -2 Res Log Likelihood, AIC, AICC y BIC de los modelos se presentan en el Cuadro 6, siendo el modelo de Wood el que mejor ajustó la distribución de las curvas típicas y atípicas con valores de verosimilitud de 43 a 85 veces menor en todos los criterios. La correlación entre los parámetros de las funciones de Wood, Wilmink, Nelder y Legendre de segundo orden de los grupos típico y atípico se muestra en el Cuadro 7. En todos los modelos excepto en el modelo de Legendre de segundo orden, las correlaciones entre los estimadores muestran las mismas tendencias, no así en el de Legendre, en el que, la correlación entre  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  muestran direcciones diferentes entre las curvas típicas y atípicas.

En el Cuadro 8, se muestran los porcentajes de curvas típicas y aquellas con porcentajes significativos de curvas atípicas en las funciones utilizadas en cada uno de los biotipos de la borrega Chiapas, observando que los grupos blancos y negros mostraron mayor proporción de curvas típicas que las borregas del biotipo café.

El comportamiento típico y atípico de la curva de producción en las funciones con dos parámetros en relación al número de lactancia se muestra en el Cuadro 9, donde se observa que la presencia de curvas típicas es semejante en

todas las lactancias, considerando como atípicas solo aquellas cuya proporción es representativa de la forma.

### **Modelos con más de dos parámetros**

Los modelos con más de dos parámetros identificaron mas formas de la curva de lactancia de acuerdo con la dirección (positivo o negativo) del estimador del parámetro del modelo en el ovino Chiapas. Polinomios de orden 5 de Ali-Schaeffer (utilizando 4 parámetros;  $x_1 - x_4$ ) dio como resultado 11 diferentes comportamientos de la curva de los 16 posibles y en los polinomios de Legendre de orden 3 (utilizando 3 parámetros;  $\alpha_1 - \alpha_3$ ) se obtuvieron 7 diferentes comportamientos de la curva de producción de las 9 posibilidades de acuerdo al modelo. En el Cuadro 10 se muestran las frecuencias absolutas de las formas de curva de lactancia identificadas con las funciones ya mencionadas. En la función de Ali-Schaeffer se identificó de acuerdo a las direcciones que las formas (+,-,+,-) y (-,+,-,+); fueron los comportamientos más frecuentes con el 43% y 35% respectivamente, mientras que para los polinomios de orden 3 de Legendre las direcciones predominantes fueron (-,-,+) y (-,+,-) con el 22% y 46% respectivamente, como se muestra en la Figura 11. Donde la función de Ali y Schaeffer muestra curvas típicas: (+,-,+,-) muestra un ligero pico de producción en la primera semana de producción, mientras que la función (-,+,-,+) presenta el pico de producción con una curvatura más pronunciada. Sus valores de verosimilitud se muestran en el Cuadro 6.

La estimación de los parámetros y errores estándar de las funciones del polinomio de orden 5 de Ali-Schaeffer, polinomios de Legendre de orden 3 y la regresión aleatoria para los diferentes comportamientos de la curva de lactancia se muestran en el Cuadro 11, con los cuales podemos modelar las diferentes curvas (Figura 10).

Cuadro 12, muestra las (co)varianzas y correlaciones de los modelos de Ali y Schaeffer y Legendre de tercer orden.

La correlación entre la producción de leche observada y la predicha en todos los modelos fue superior al 80%, mientras que el criterio de concordancia de acuerdo con Lin (1992), cercanos al 90% en todos los modelos a excepción de la función de Nelder.<sup>44</sup>

## DISCUSIÓN

El uso de ovinos locales, es en algunos casos es una alternativa viable a las condiciones ambientales y de manejo, por lo que es importante describir y conocer el potencial de la(s) característica(s) de interés, como es el caso de la borrega de raza Chiapas adaptada a condiciones de 1780 msnm<sup>43</sup> y condiciones de pastoreo extensivo y que tiene como ancestros razas lecheras española, por lo que puede ser utilizada como raza local para producción de leche.<sup>8</sup>

Esta raza, no ha estado sujeta a ningún programa de selección para producción de leche<sup>8</sup> por lo que los resultados mostraron variabilidad tanto genética como ambiental en esta característica, así como diferentes formas de la curva de lactancia, por lo que fue necesario utilizar diferentes funciones matemáticas para poder describir la curva de lactancia en este grupo genético.

El uso de modelos con dos parámetros como es el caso de la función de Wood y Wilmink mostraron cuatro diferentes formas de acuerdo al signo del estimador, siendo las funciones típicas y atípicas las de mayor frecuencia, estos resultados concuerdan con lo observado por Macciotta *et al.*, en bovinos de raza Simmental donde observaron los grupos estándar y de decremento continuo como los más relevantes independientemente del modelo utilizado.<sup>40</sup>

En este trabajo se puede observar que de acuerdo a la función de Wilmink forma de la curva de lactación inicia en la producción más alta y desciende progresivamente, sin mostrar un pico de producción, esto concuerda con Carta *et al* (1995), quienes modelaron curvas de lactancia en ovinos Sarda y no se

presento la fase ascendente típica de la curva antes del pico de producción, como se sugiere con la función de Wood.<sup>32</sup>

La curva de Wood, muestra los mismos signos en las correlaciones en los dos grupos de curvas, siendo los valores absolutos menores en el grupo de curvas atípicas, resultados semejantes a lo encontrado en bovinos Holstein. Algunos autores, como lo describió Macciotta *et al.*<sup>40</sup>, mostraron contradicción en los signos de correlación entre los parámetros.

Peralta-Lailson *et al.*, analizaron las curvas de lactancia de la oveja criolla Chiapas, utilizando un modelo de polinomios lineales, observaron que la variedad blanca y café no mostraron pico de producción y la variedad negra muestra el pico de producción en la primera semana. Estos resultados no concuerdan con lo encontrado en este estudio ya que las variedades blanca y negra mostraron curvas típicas en mayor porcentaje que las café, estas diferencias pueden ser debidas a la metodología utilizada, ya que en el trabajo de Peralta *et al.*, modelaron solamente a través de un polinomio de regresión lineal fijo, mientras que en este estudio la metodología de regresión aleatoria permitió identificar el comportamiento de las curvas de cada borrega y clasificarla de acuerdo a dicho comportamiento.<sup>6</sup> La diferencia en la forma de las curvas puede ser debido también a efectos genéticos ya que cada una de las variedades tiene origen diferente.<sup>6</sup>

Efectos ambientales como año de parto y número de lactancia influyen en la producción total y forma de la curva de lactancia en la borrega Chiapas, sin

embargo, las tendencias típicas y atípicas en todas las lactaciones son semejantes<sup>41</sup>.

Se observó que los valores de verosimilitud aumentan a medida que se incrementan los parámetros en los modelos como era de esperar, con valores de concordancia cercanos al 90% a excepción de la función de Nelder que mostró no ser adecuada en la predicción de la curva de lactancia en esta raza de borregos Chiapas.

## REFERENCIAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El estado mundial de la ovinocultura 2011. FAO. Roma, Italia. 2012.
2. Scintu MF, Piredda G. Typicity and biodiversity of goat and sheep milk products. *Small Ruminant Research*. 2007; 68: 221-231.
3. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Resumen Nacional, [serial online] 2014. SIAP [citado 2014/ abril/ 22] Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-estatal-pecuario/>
4. Malcher JP. Producción de leche de oveja y su valor agregado. Comité Nacional del Sistema de Productos Ovinos. 2010 [citado 2014/ abril/ 06] Disponible en: [http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2011/07/jprm\\_producciondelecheyvaloragregado.pdf](http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2011/07/jprm_producciondelecheyvaloragregado.pdf)
5. Ochoa CMA. Importancia y perspectivas del sistema de producción de leche de oveja en México. Memoria. Primer Simposio Internacional Sobre Producción de Leche de Oveja en México. 2005
6. Peralta-Lailson M, Trejo-González A, Pedraza-Villagómez P, Berruecos-Villalobos J, Vázquez-Peláez C. Factors affecting milk yield and lactation curve fitting in the creole sheep of Chiapas-México. *Small Ruminant Research*. 2005; 58: 265-273.
7. Perezgrovas GR, Castro GH. Diferente composición feno-genotípica en las tres variedades del borrego Chiapas. *Archivos de Zootecnia*. 1998; 47: 201-205.

8. Perezgrovas GR. Comparación de recursos genéticos: El borrego Chiapas (México) y las razas autóctonas de origen español. Archivos de Zootecnia. 1998; 47: 425-430.
9. Pedraza VP, Peralta LM, Sánchez ME. Estudio preliminar de la morfología mamaria de la borrega Chiapas. In: Memorias XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas de Ovinocultura. México, 2001: SIIS 06.
10. Carrillo PK. Caracterización de la composición de la leche durante la lactación de la borrega de la raza Chiapas (Tesis de Licenciatura). México: FMVZ, UNAM. 2013
11. Pedraza VP, Peralta LM. Elaboración de queso de oveja bajo un sistema artesanal. In: Memorias XII Congreso Nacional de Producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas de Ovinocultura. México, 2003; pp. 115-120.
12. Dukes HH, Swenson MJ. Fisiología de los animales domésticos, Tomo II. Colección Ciencia y Técnica. Edición Española, Aguilar SA de ediciones. Madrid. 1978; pp. 1723-1747.
13. Ganzabal A, Montossi F. Producción de leche ovina. Situación actual de la producción mundial y perspectivas en Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. 1991; pp. 28-33.
14. Tucker HA. Lactation and its hormonal control. En: Physiology of Reproduction. Raven Press. EU. 1988; Cap. 56; pp. 2235-2263.
15. Gallegos AL, Torres G, Caja G. Ganado ovino. Raza Manchega. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1994; pp. 173-251.

16. Quintero J, Serna J, Hurdado NA, Rosero NR, Cerón MF. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. *Rev Col Cienc Pec.* 2007; 20: 149-156.
17. Alencastre R. Producción de ovinos. Editorial AR Panamericana. Perú. 1997; pp. 21-57.
18. Cappio-Borlino A, Portolano B, Todaro M, Macciotta N, Giaccone P, Pulina G. Lactation curves of Valle de Belice dairy ewes for yield of milk, fat, and protein estimated with Test-Day models. *Journal of Dairy Science.* 1997; 80: 3023-3029.
19. Mepham TB. *Physiology of lactation.* Open University Press, Philadelphia. 1987; pp. 71-93.
20. Congleton JR, Everett RW. Error and Bias in using incomplete gamma function to describe lactation curves. *Journal of Dairy Science.* 1980; 63: 101-108.
21. Gipson TA, Grossman M. Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Ruminant Research.* 1990; 3: 383-396.
22. Wood PDP. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature.* 1967; 216: 164-165.
23. Montaldo H, Almanza A, Juarez A. Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. *Small Ruminant Research.* 1997; 24: 195-202.
24. Fernández C, Sánchez A, Garcés C. Modeling the lactation curve for Test-Day milk yield in Murciano-Granadina goats. *Small Ruminant Research.* 2002; 46: 29-41.

25. León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C, Delgado JV. Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research*. 2012, May 16 [Epub ahead of print].
26. Franci O, Pugliese C, Acciaioli A, Parisi G, Lucifero M. Application of two models to the lactation curve of Massese ewes. *Small Ruminant Research*. 1999; 31: 91-96.
27. Kominakis A, Volanis M, Rogdakis E. Genetic modelling of Test-Day records in dairy sheep using orthogonal Legendre polynomials. *Small Ruminant Research*. 2001; 39: 209-217.
28. Oravcová M, Margetín M, Peskovicová D, Dano J, Milerski M, Hetényi L, *et al.* Factors affecting milk yield and ewes lactation curves estimated with Test-Day models. *Czech J. Anim Sci*. 2006; 51: 483-490.
29. Castillo G, Macciotta NPP, Carretta A, Cappio-Borlino A. Effects of age and calving season on lactation curves of milk production traits in Italian water buffaloes. *Journal of Dairy Science*. 2002; 85 (5): 1298-1306.
30. Casado C, Piquer O, Cervera C, Pascual JJ. Modelling the lactation curve of rabbit does: Towards a model including fit suitability and biological interpretation. *Livestock Production Science*. 2006; 99: 39-49.
31. Haenlein GF. Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. *Journal of Dairy Science*. 2001; 84 (9): 2097-2115.
32. Carta A, Sanna SR, Casu S. Estimating lactation curves and seasonal effects for milk, fat and protein in Sarda dairy sheep with a Test-Day model. *Livestock Production Science*. 1995; 44: 37-44.

33. Wilmink JBM. Adjustment of Test-Day milk fat and protein yields for age season and stage of lactation. *Livestock Production Science*. 1987; 16: 335-348.
34. Ali TE, Schaeffer R. Accounting for covariances among Test-Day milk yield in dairy cows. *Can J. Anim Sci*. 1987; 67: 637-644.
35. Cappio-Borlino A, Pulina G, Rossi G. A non-linear modification of Wood's equation fitted to lactation curves of Sardinian dairy ewes. *Small Ruminant Research*. 1995; 18: 75-79.
36. Schaeffer LR. Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*. 2004; 86: 35-45.
37. Nelder JA. Inverse polynomials, a useful group of multifactor response functions. *Biometrics*. 1996; 22: 128-135.
38. Kirkpatrick M, Lofsvold D, Bulmer M. Analysis of the inheritance, selection and evolution for growth trajectories. *Genetics*. 1990; 124: 979-993.
39. Landete-Castillejos T, Gallego L. Technical note: The ability of mathematical models to describe the shape of lactation curves. *J. Anim Sci*. 2000; 78: 3010-3013.
40. Macciotta NPP, Vicario D, Cappio-Borlino A. Detection of different shapes of lactation curve of milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88 (3): 1178-1190.
41. Vazquez-Peláez C, García-Muñiz J, López-Villalobos N. Empirical models used for lactation curve analysis in the Chiapas sheep breed using random regression models. *J. Livest Prod*. 2014; 5 (3): 55-64.

42. García EE. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. García de Miranda, segunda edición. México. 1973; pp. 141.
43. INEGI 2011. Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, México; pp. 437-442.
44. Lin LI. Assay validation using the concordance correlation coefficient. Biometrics. 1992, 48: 599-604.

## FIGURAS

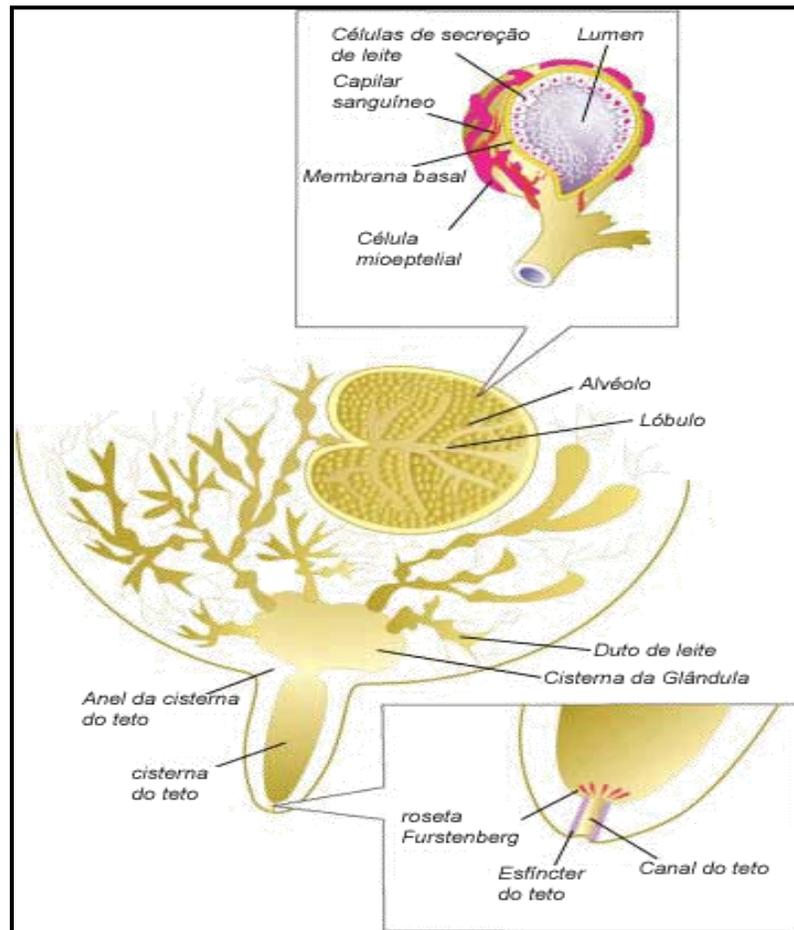


Figura 1 Anatomía de la glándula mamaria. (INTA /2006).

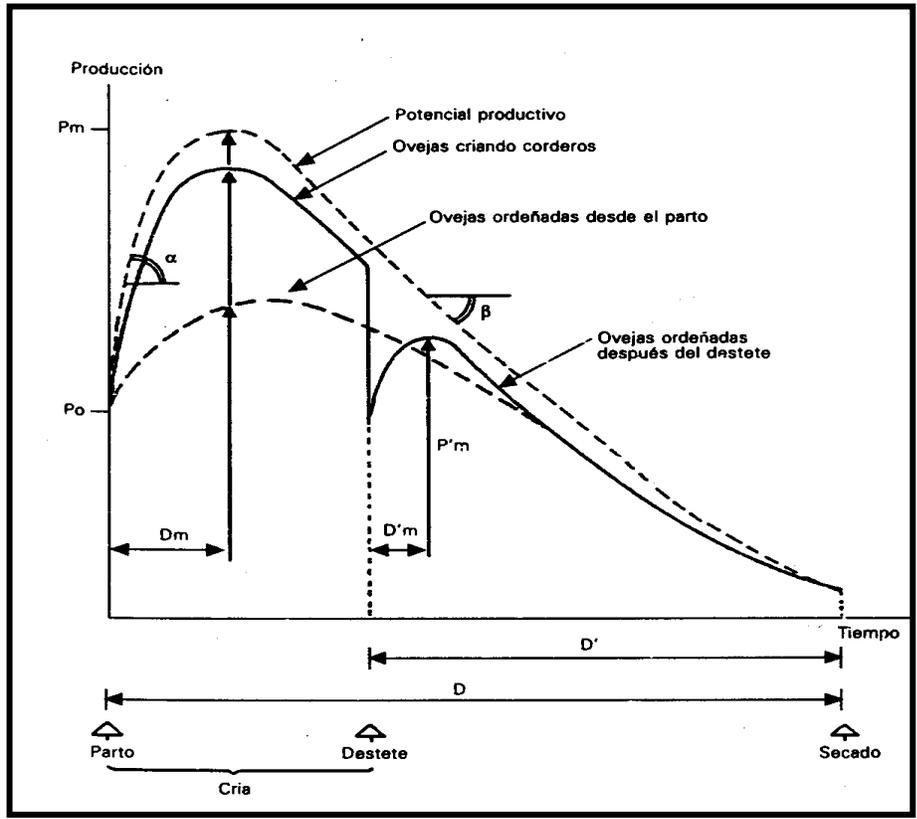
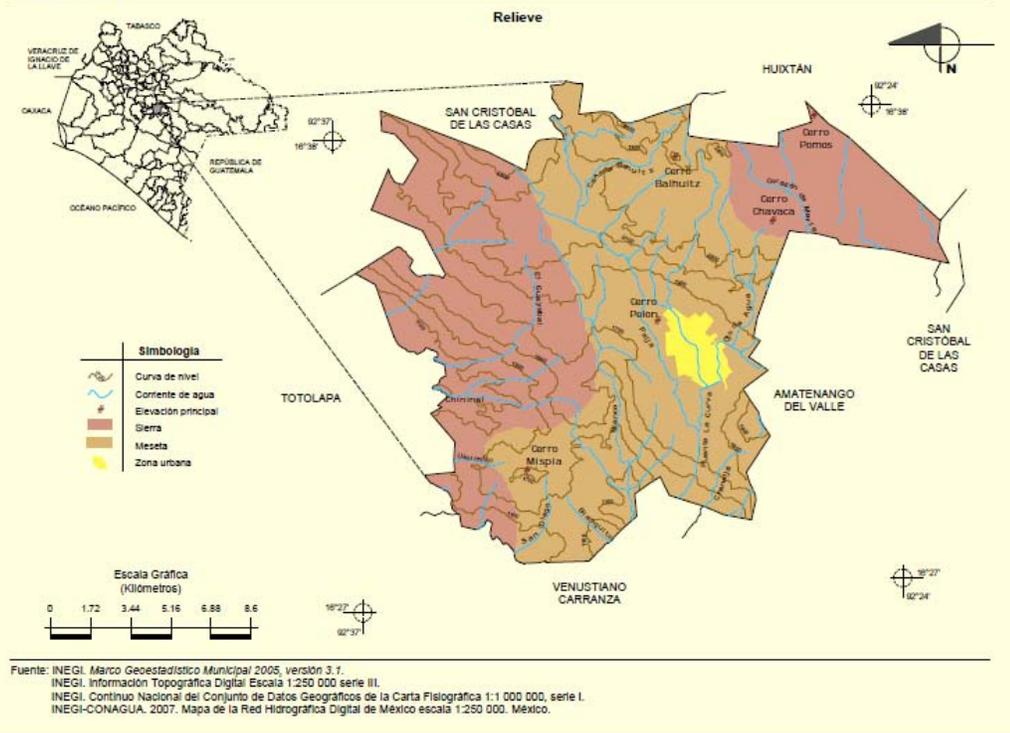


Figura 2 Curva de lactación modificada por el manejo del cordero. (Gallegos et al., 1994)

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos  
**Teopisca, Chiapas**



**Figura 1. Mapa de Teopisca, Chiapas**



**Figura 2. El CETNO (Foto: Belmont CG, 2010)**

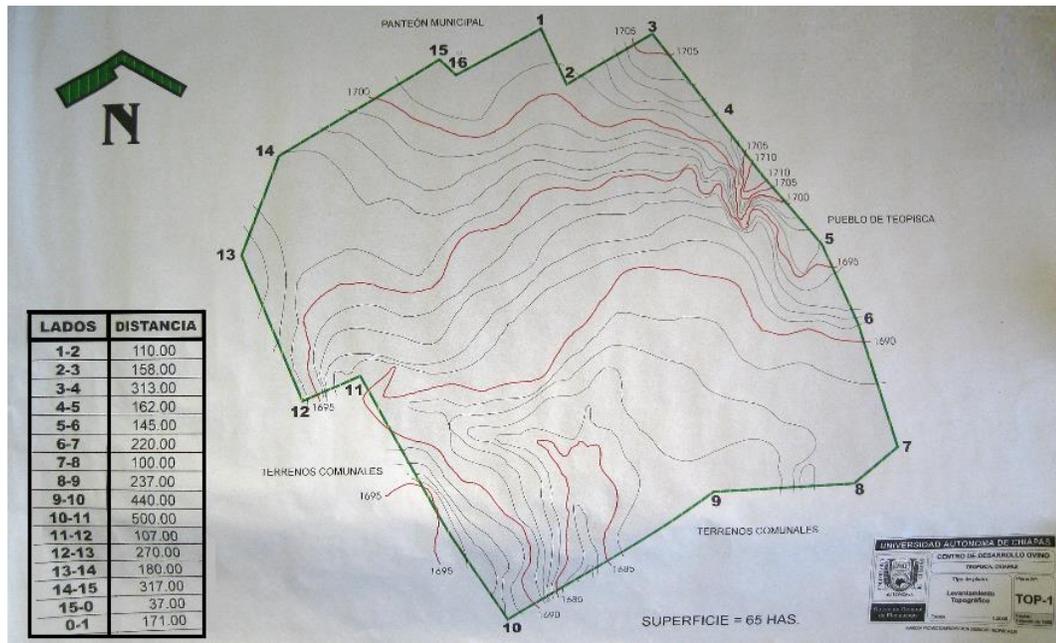


Figura 3. Mapa del terreno del CETNO (Foto: Belmont CG, 2010)



**Figura 6. Variedad Blanca**  
(Foto: Belmont CG, 2010)

*(ICSAT en lengua Tzotzil)*

Blanco con manchas negras alrededor de los ojos, el hocico y las orejas



**Figura 7. Variedad Negra o Chamula**  
(Foto: Belmont CG, 2010)

*(SACIOL en lengua Tzotzil)*

Negro de piel y lana, con manchas blancas en la región frontal de la cabeza y la punta de la cola

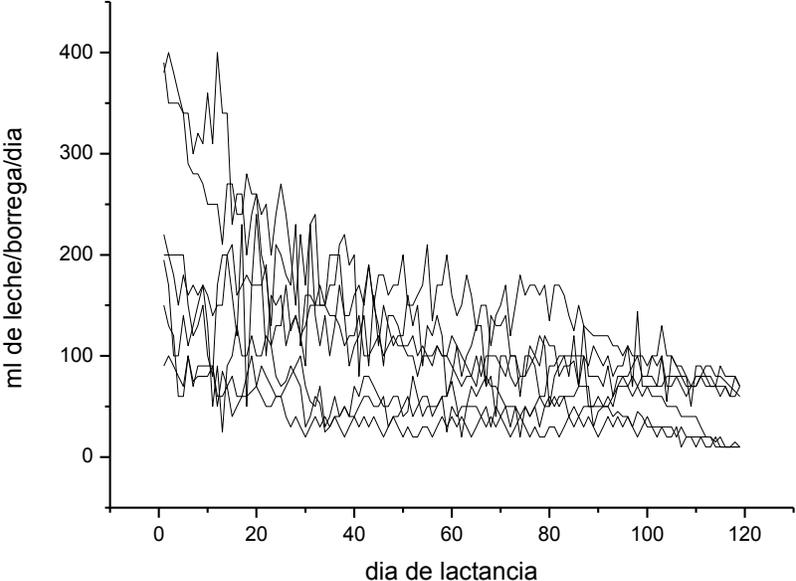


**Figura 8. Variedad Café**  
(Foto: Belmont CG, 2010)

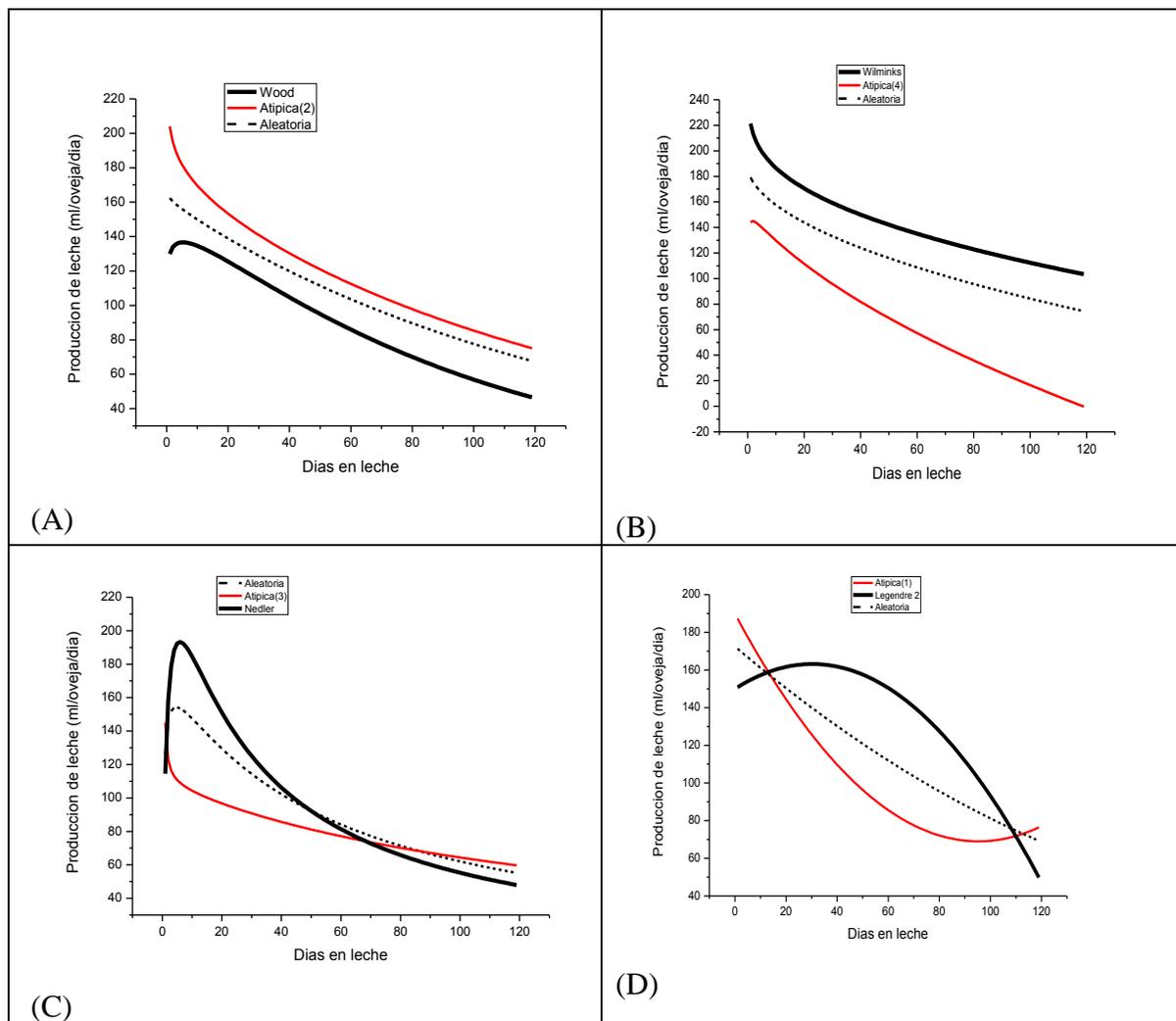
*(MESHA en lengua Tzotzil)*

El color de la lana es blanco cremoso con tres variedades marrón, negro y dorado

**Figura 9. Variación en la forma de la curva de lactancia (muestra de siete lactancias de la población estudiada) en borregas de la raza Chiapas**

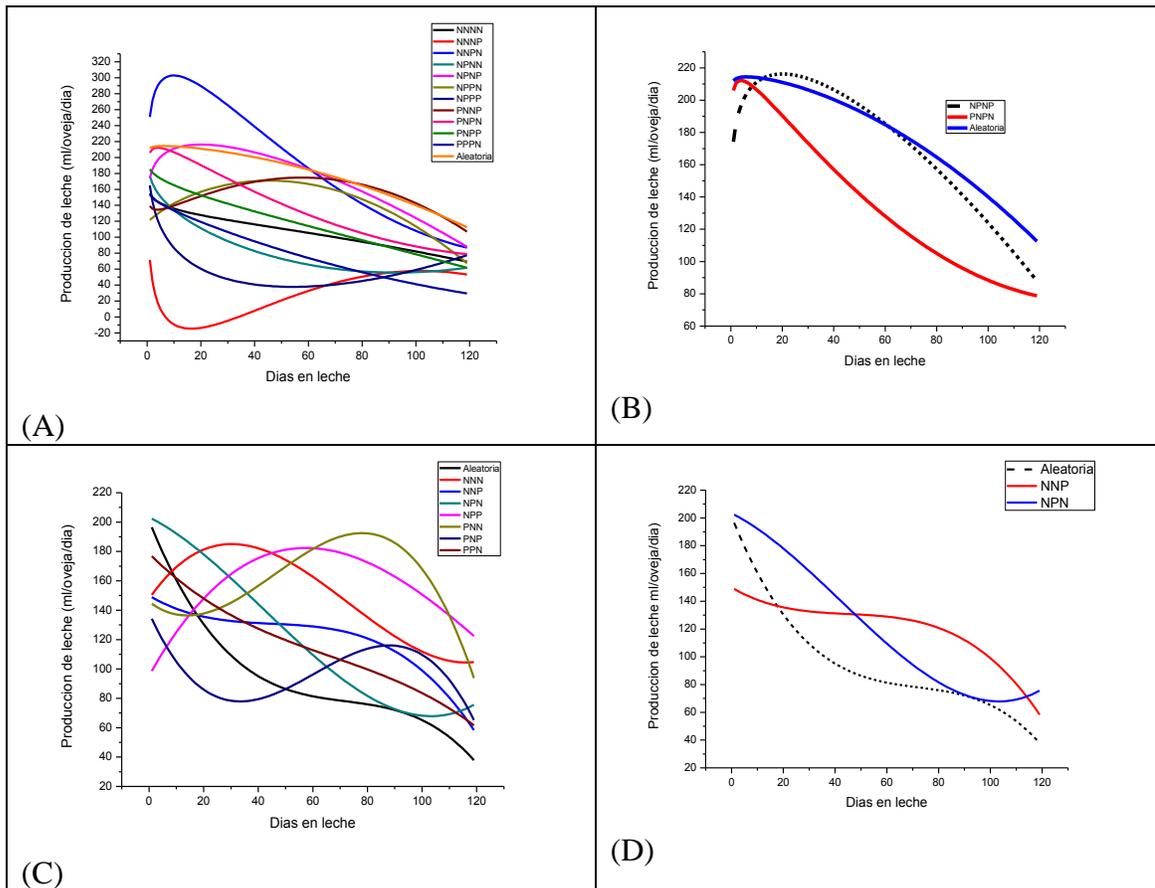


**Figura 10. Comportamiento de las funciones gama incompleta de Wood, Wilmink, Nelder y Legendre de segundo orden sobre producción de leche diaria (ml/oveja/día) en la oveja de la raza Chiapas**



(A) Función gama incompleta de Wood, (B) Función de Wilmink, (C) Función de Nelder;  
 (D) Polinomio de Legendre de orden 2.  
 Función estándar (línea negra)  
 Regresión aleatoria (línea punteada)  
 Atípica (línea roja)

**Figura 11. Comportamiento de las funciones Ali y Schaeffer y Legendre de tercer orden sobre producción de leche diaria (ml/oveja/día) en la oveja de la raza Chiapas**



(A y B) función de Ali-Schaeffer; (C y D) polinomio de Legendre de tercer orden  
(B y D) comportamientos más frecuentes dentro de cada función.

## CUADROS

**Cuadro 1. Número de cabezas y proporción de ovinos en los principales países productores con respecto a la población mundial**

Países	Número de cabezas	Proporción (%)
China	138, 840, 219	13%
India	74,500,000	7%
Australia	73,098,800	7%
Rep. Islámica de Irán	49,000,000	5%
Nigeria	38,000,000	4%
Reino Unido	31,634,000	3%
Nueva Zelanda	31,132,300	3%
Pakistán	28,086,000	3%
Etiopía	25,509,000	2%
Sudáfrica	24,302,800	2%

(FAO, 2011)

**Cuadro 2. Número de registros de las ovejas y muestreos por lactancia**

<b>Lactancia</b>	<b>Registros</b>	<b>Muestreos</b>
1	91	9244
2	78	7737
3	80	7766
4	79	6609
5 o más	84	6525
<b>Total</b>	<b>412</b>	<b>37, 881</b>

**Cuadro 3. Formas teóricas de la curvas de lactancia que se pueden modelar con las funciones gama incompleta, Wilmink, Nelder, Ali y Schaeffer y polinomios de Legendre de segundo y tercer orden**

<b>Función</b>	<b>Parámetros en el modelo</b>	<b>Formas teóricas de la curva</b>
<b>Woods</b>	2	4
<b>Wilmink</b>	2	4
<b>Nelder</b>	2	4
<b>Legendre orden 2</b>	2	4
<b>Legendre orden 3</b>	3	8
<b>Ali y Schaeffer</b>	4	16

Cuadro 4. Frecuencias de forma de la curva con las funciones de Wood, Wilmink, Nelder y polinomio de Legendre de orden 2

Función	Estimador		Frecuencia absoluta	%
	b	c		
<b>Wood (Estándar)</b>	P	N	185	44.90
Decremento continuo	N	N	173	41.99
Inversa a la estándar	N	P	46	11.17
Incremento continuo	P	P	8	1.94
<b>Wilmink (Estándar)</b>	N	N	120	29.13
Decremento continuo	N	P	200	48.54
Inversa a la estándar	P	P	84	20.39
Incremento continuo	P	N	8	1.94
<b>Nelder (Estándar)</b>	P	P	273	66.26
Decremento continuo	N	P	96	23.3
Inversa a la estándar	N	N	39	9.47
Incremento continuo	P	N	4	0.97
	$\alpha_1$	$\alpha_2$		
<b>Legendre orden 2 (Estándar)</b>	N	P	238	57.77
Decremento continuo	N	N	158	38.35
Inversa a la estándar	P	N	5	1.21
Incremento continuo	P	P	11	2.67

P signo positivo en el estimador de la función

N signo negativo en el estimador de la función

**Cuadro 5. Estimación de los parámetros y errores estándar de las curvas estándar y atípicas de las funciones de Legendre orden 2, Nelder, Wilmlink y Wood**

LEGENDRE Orden 2	Parámetro y errores estándar					
	$\alpha_0$	ee	$\alpha_1$	ee	$\alpha_2$	ee
Curva estándar	101.03	2.78	-55.41	1.93	30.83	1.71
Atípica	133.72	3.41	-50.50	2.37	-33.42	2.10
Regresión Aleatoria	114.71	2.37	-50.97	1.86	5.59	2.25
Función de NELDER	intercepto	ee	b=1/día	ee	c=día	ee
Curva estándar NELDER	0.00344	0.00023	0.00515	0.00031	0.00015	0.00001
Atípica	0.00918	0.00039	-0.00235	0.00053	0.00006	0.00001
Regresión Aleatoria	0.00548	0.00026	0.00235	0.00044	0.00011	0.00001
Función de WILMINK	intercepto	ee	b	ee	c	ee
Curva estándar de WILMINK	229.755	6.509	-8.456	0.947	-16.406	2.087
Atípica	165.441	5.042	-21.145	0.734	31.287	1.616
Regresión Aleatoria	190.210	3.974	-11.076	0.866	2.447	2.059
Función de Wood	a	ee	b	ee	c	ee
Curva estándar de Wood	4.9515	.03199	0.0867	0.01027	-0.00882	0.0004
Atípica	5.3087	0.03317	-0.16	0.01019	-0.00534	0.0004
Regresión Aleatoria	5.0972	0.0241	-0.0161	0.0101	-0.0071	0.0004

**Cuadro 6. Criterios de verosimilitud de los modelos utilizados en la curva de lactancia de la borrega de la raza Chiapas**

<b>Modelo</b>	<b>Criterio de verosimilitud</b>				<b>Residuo</b>	<b>Correlación</b>	<b>Criterio de concordancia</b>
	<b>-2 Res Log Likelihood</b>	<b>AIC</b>	<b>AICC</b>	<b>BIC</b>			
<b>Legendre 2</b>	368664.8	368678.8	368678.8	368706.9	850.54	0.9016	0.8961
<b>Legendre 3</b>	366510.3	366532.3	366532.3	366576.6	794.07	0.909	0.9042
<b>Wood</b>	6027.3	6041.3	6041.3	6069.4	0.06089	0.9005	0.8926
<b>Ali Schaeffer</b>	365235.8	365267.8	365267.9	365332.2	752.85	0.9148	0.9104
<b>Nedler</b>	-279913	-279899	-279899	-279871	0.000034	0.8202	0.7319
<b>Wilmink</b>	368211.8	368225.8	368225.8	368253.9	839.83	0.903	0.8977

**Cuadro 7. Matriz de correlación de los parámetros de las dos curvas principales estándar y atípica o decremento continuo de las funciones de Wood, Wilmink, Nelder y polinomio de Legendre de segundo orden**

<b>Función de Wood</b>				
Parametro	Estándar		Atípica	
	b	c	b	c
a	-0.658	0.1722	-0.386	0.0588
b		-0.536		-0.2274

<b>Función de Wilmink</b>				
Parametro	Estándar		Atípica	
	b	c	b	c
a	-0.5354	-0.7664	-0.0082	-0.376
b		-0.0812		-0.848

<b>Función de Nelder</b>				
Parametro	Estándar		Atípica	
	b	c	b	c
a	-1	-0.7184	-0.854	-0.2864
b		0.873		0.5514

<b>Polinomio Legendre orden 2</b>				
Parametro	Estándar		Atípica	
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
$\alpha_0$	-0.3696	-0.219	-0.3131	-0.4782
$\alpha_1$		-0.2206		0.6376

**Cuadro 8. Comportamiento de la función de Wood, Wilmink, Nelder y polinomio de segundo orden de Legendre de acuerdo al biotipo de la borrega de la raza Chiapas**

<b>Tipo de curva</b>	<b>Función</b>											
	<b>Wood</b>			<b>Wilmink</b>			<b>Nelder</b>			<b>Legendre 2° orden</b>		
<b>Biotipo</b>	<b>Blanca</b>	<b>Café</b>	<b>Negra</b>	<b>Blanca</b>	<b>Café</b>	<b>Negra</b>	<b>Blanca</b>	<b>Café</b>	<b>Negra</b>	<b>Blanca</b>	<b>Café</b>	<b>Negra</b>
Estándar	14%	8%	23%	12%	7%	11%	23%	15%	28%	24%	13%	21%
Atípica	18%	9%	15%	16%	10%	23%	8%	6%	10%	11%	8%	20%

**Cuadro 9. Porcentaje del comportamiento típico y atípico de la función de Wood, Wilmink, Nelder y polinomio de segundo orden de Legendre de acuerdo al número de lactancia en la borrega de la raza Chiapas**

<b>Lactancia</b>	<b>Wood</b>		<b>Wilmink</b>		<b>Nelder</b>		<b>Legendre 2</b>	
	<b>Estándar</b>	<b>Atípica</b>	<b>Estándar</b>	<b>Atípica</b>	<b>Estándar</b>	<b>Atípica</b>	<b>Estándar</b>	<b>Atípica</b>
<b>1</b>	11	9	13	9	14	5	13	9
<b>2</b>	9	8	11	8	12	4	11	8
<b>3</b>	8	9	13	6	13	3	13	6
<b>4</b>	7	9	13	6	12	6	13	6
<b>5</b>	9	7	8	10	14	5	8	10

Cuadro 10. Frecuencias absolutas de las formas de curva de lactancia observada con los polinomios de orden 5 de Ali-Scheaffer y de orden 3 de Legendre

	Parámetro				Frecuencia absoluta	%
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		
<b>ALI- SCHAEFFER</b>						
<b>polinomio de orden 5</b>						
	P	N	P	N	179	43.45
	N	P	N	P	144	34.95
	N	P	P	N	33	8.01
	N	N	N	P	24	5.83
	P	N	N	P	11	2.67
	P	P	P	N	6	1.46
	P	N	P	P	5	1.21
	N	P	N	N	4	0.97
	N	N	P	N	3	0.73
	N	P	P	P	2	0.49
	N	N	N	N	1	0.24
<b>Polinomio de Legendre de orden 3</b>						
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$			
	N	P	N		191	46.36
	N	N	P		90	21.84
	N	N	N		78	18.93
	N	P	P		46	11.17
	P	N	P		3	0.73
	P	N	N		3	0.73
	P	P	N		1	0.24

**Cuadro 11. Estimación de los parámetros y errores estándar de las funciones del polinomio de orden 5 de Ali-Scheaffer y de orden 3 de Legendre**

<b>Polinomio de orden 5 ALI-SCHAEFFER</b>	intercepto	ee	x1	ee	x2	ee	x3	ee	x4	ee
PNPN	-235.43	17.55	558.14	27.53	-269.50	12.85	192.45	8.67	-22.49	1.11
NPNP	517.46	19.57	-690.96	30.69	260.38	14.32	-170.54	9.67	21.61	1.24
NPPN	88.94	40.88	-134.89	64.11	107.71	29.92	61.06	20.20	-8.80	2.58
NNNP	305.99	47.94	-159.62	75.17	-58.43	35.08	-88.87	23.69	12.54	3.03
PNNP	162.97	70.80	156.54	111.04	-252.11	51.82	-39.78	34.99	9.28	4.47
PPPN	-57.60	95.87	74.33	150.35	60.76	70.16	150.30	47.38	-20.88	6.05
PNPP	101.24	105.02	269.17	164.70	-263.38	76.86	15.55	51.90	0.76	6.63
NPNN	251.77	117.42	-296.39	184.14	123.40	85.93	-18.52	58.02	-1.13	7.41
NNPN	144.91	135.58	-72.80	212.62	-10.39	99.23	30.04	67.00	-5.01	8.56
NPPP	142.03	166.05	-161.26	260.41	48.78	121.53	2.34	82.06	1.88	10.48
NNNN	221.69	234.83	-32.06	368.28	-77.10	171.86	-3.64	116.05	-0.44	14.83
Regresión Aleatoria	112.99	24.31	-14.85	40.99	-28.73	19.30	25.08	12.08	-2.28	1.53

<b>Polinomio de LEGENDRE de orden 3</b>	$\alpha_0$	ee	$\alpha_1$	ee	$\alpha_2$	ee	$\alpha_3$	ee
NPN	93.32	3.04	-56.26	1.71	23.85	1.17	-23.08	1.13
NNP	151.01	4.43	-43.83	2.48	-23.50	1.70	20.98	1.65
NNN	120.50	4.75	-31.76	2.67	-16.88	1.82	-13.49	1.77
NPP	119.36	6.19	-76.43	3.47	19.65	2.37	13.04	2.31
PNP	158.35	24.24	4.60	13.61	-47.80	9.30	7.28	9.03
PNN	160.81	24.24	9.94	13.61	-41.73	9.30	-35.27	9.03
PPN	97.37	41.99	3.98	23.57	2.35	16.11	-38.50	15.64
Regresión Aleatoria	114.95	2.46	-50.09	1.58	4.28	1.60	-7.51	1.43

P tendencia positiva del parámetro

N tendencia negativa del parámetro

**Cuadro 12. Varianzas (diagonal), covarianzas (superior), correlaciones (negrillas) para los modelos de Ali-Schaeffer y Legendre de tercer orden en la curva de lactancia de las borrega de raza Chiapas**

	Ali y Schaeffer					Legendre de tercer orden				
	Intercepto	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	α <sub>0</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	
Intercepto	199016	-320029	131560	-96489	11801	α <sub>0</sub>	2378.6	-228.6	-611.8	536.8
<b>X1</b>	<b>-0.97</b>	543585	-238191	153041	-18508	α <sub>1</sub>	<b>-0.16</b>	865.9	-431.7	-61.7
<b>X2</b>	<b>0.88</b>	<b>-0.96</b>	112950	-61059	7238.7	α <sub>2</sub>	<b>-0.43</b>	<b>-0.50</b>	857.9	-298.2
<b>X3</b>	<b>-0.98</b>	<b>0.94</b>	<b>-0.83</b>	48445	-6025.5	α <sub>3</sub>	<b>0.42</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.39</b>	696.1
<b>X4</b>	<b>0.96</b>	<b>-0.91</b>	<b>0.78</b>	<b>-0.99</b>	764.11					