



**Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera del ganado Mestizo del Altiplano de la Provincia Omasuyos Departamento de La Paz**  
**Determination the behavior of the curve lactation Mestizo and dairy cattle Altiplano of the Province Omasuyos Department of La Paz-Bolivia**

Apaza-Huallpa Yesenia<sup>1\*</sup>, Loza-Murguía Manuel Gregorio<sup>1,2,3</sup>, Rojas-Pardo Abel<sup>1</sup>, Achu-Nina Cristóbal<sup>1</sup>

**Datos del Artículo**

<sup>1</sup> Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP. Unidad Académica Campesina Tiahuanaco UAC-T. Ingeniería Zootécnica. Km 74. Carretera Internacional La Paz-Desaguadero. Tel 591-2-2895100. La Paz, Bolivia.

<sup>2</sup> Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP. Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP. Ingeniería Agronómica. Coroico-Nor Yungas-La Paz, Bolivia. +591(2)8781991.

<sup>3</sup> Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología-DEI&BM. Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP.

\*Dirección de contacto:

Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP. Unidad Académica Campesina Tiahuanaco UAC-T. Ingeniería Zootécnica. Km 74. Carretera Internacional La Paz-Desaguadero. Tel 591-77275391. La Paz, Bolivia.

Yesenia Apaza Huallpa

E-mail address  
[yesiapazahu040192@gmail.com](mailto:yesiapazahu040192@gmail.com)

**Palabras clave:**

Vacas mestizas, municipio de Achacachi, curva de lactancia.

*J. Selva Andina Anim Sci.*  
2016; 3(2):77-86.

**Historial del artículo.**

Recibido enero, 2016.  
Devuelto junio 2016  
Aceptado septiembre, 2016.  
Disponible en línea, octubre, 2016.

**Resumen**

El presente trabajo de investigación se realizó en ocho comunidades municipio de Achacachi Provincia Omasuyos, con los siguientes objetivos: i) Calcular los parámetros que describen la curva de lactancia en vacas con y sin establo. Se seleccionaron 20 vacas mestizas (cruza de Holstein con Criollo). 14 contaban con establo y 6 sin establo, todas estaban en el último tercio de gestación a parir en los meses de enero fin de mes, febrero y marzo inicios de mes, se determinó la producción de leche a partir del parto hasta su secado natural, su alimentación estaba basada en praderas nativas, pasturas de alfalfa, avena y cebada (verde, heno y paja). El análisis de los resultados obtenido presentan en promedio ( $a=4.248$ ,  $b=0.348$  y  $c=0.006$ ), diferente Ticono (2001), posiblemente debido a que los promedios de producción de leche actuales es de (10 kg/día). La producción promedio de leche a 305 días de lactancia (DL-305) en vacas con establo, fue de 3242.68 kg con una producción promedio por día de 10,6 kg; en tanto la producción promedio de leche a 305 días de lactancia (PL-305) en vacas sin establo fue de 2621.87 kg, con una producción promedio por día de 8.6 kg. El modelo propuesto por Wood (1967), resultó adecuado en la determinación de los parámetros que definen la curva de lactancia en vacas mestizas del altiplano, así como para estimar la producción de leche en el municipio de Achacachi, provincia Omasuyos, departamento de La Paz.

© 2016. *Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

**Abstract**

The present research work was conducted in eight communities, Municipality of Achacachi Omasuyos Province, with the following objectives: i) calculate the parameters that describe the lactation curve in cows with and without stable. 20 crossbred cows were selected (Holstein crosses with Criollo). 14 and 6 had stable without stable, all were in the last third of gestation to give birth in the months of January month end, February and March earlier this month, milk production was determined from birth until natural drying, their diet was based on native grasslands, pastures of alfalfa, oats and barley (Green, hay and straw). The analysis of the results obtained have on average ( $a = 4.248$ ,  $b = 0.348$  and  $c = 0.006$ ) different Ticono (2001), possibly because the average current milk production is (10 kg / day). The average milk produc-

**Editado por:**  
**Selva Andina**  
**Research Society**

**Key words:**

Crossbred cows,  
municipality of Achacachi,  
lactation curve.

tion to 305 days of lactation (DL - 305), in cows with stable was 3242.68 kg with an average daily production of 10.6 kg; while the average milk production to 305 days of lactation (PL - 305) in cows without stable was 2621.87 kg, with an average production of 8.6 kg per day. The model proposed by Wood (1967), It was adequate in determining the parameters that define the lactation curve in crossbred cows in the highlands, and to estimate milk production in the town of Achacachi, Omasuyos province, department of La Paz.

© 2016. *Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. All rights reserved.*

## Introducción

En Bolivia se han invertido grandes esfuerzos por utilizar razas especializadas en la producción lechera (principalmente de origen europeo) PL, como también en cruzamientos con ganado local, denominado “bovino criollo” (raza no definida), este último se caracteriza por su gran adaptabilidad a diferentes condiciones de medio ambiente, como la zona altiplánica donde han mostrado su capacidad de producir leche, carne y trabajo agrícola.

La curva de lactancia de los mamíferos puede ser explicada por funciones matemáticas que permiten relacionar la PL de una hembra a través del tiempo, teniendo en cuenta la fisiología de la hembra a lo largo de la lactancia. En el caso de PL de especies zootécnicas, el conocimiento de la curva de lactancia, permite predecir el desempeño futuro de los animales, la persistencia de la producción y tiempo en alcanzar el pico de producción, y ajustes por días en leche de hembras que no han terminado la lactancia. Quintero-Vélez *et al.* (2007),

Las curvas de lactancia permiten predecir el desempeño de las madres, información que puede utilizarse en la preselección de animales jóvenes destinados a las pruebas de progenie, también permiten entender mejor los sistemas de producción proporcionando información útil para el desarrollo de estrategias de selección, ayudando a determinar habilidades óptimas de producción y manejo con el fin de mejo

rar la eficiencia en la PL (Ramírez-Vélez *et al.* 2004, Fraga *et al.* 2003)

Para caracterizar las curvas de PL es necesario conocer los modelos que mejor las definen. Estos son los que permiten predecir los valores esperados y, a su vez, ayudan a estimar los coeficientes para conocer los valores más probables de las lactancias extendidas. Esta metodología se basa en la obtención de una curva de lactancia estándar para grupos de animales, a partir de la cual y, en combinación con la parte conocida de la lactancia, se estime la producción en los controles faltantes y, posteriormente, la producción total (Rekaya *et al.* 1995).

Para describir la PL a través de la lactancia en animales domésticos, se han propuesto diversos modelos matemáticos. En ganado lechero, la modelación de las curvas de lactancia ha sido objeto de extensa investigación Vargas *et al.* 2000, White *et al.* 2000.

La ecuación más ampliamente utilizada fue derivada de la función gama incompleta que propuso Wood (Wood 1967) sin embargo, en animales domésticos similares a bovinos para carne, sólo se han propuesto y recomendado pocas ecuaciones.

Ramírez *et al.* 1998, compararon ocho ecuaciones para ajustar las curvas de lactancia de vacas Angus, Suizo y sus cruzas cuando la frecuencia de medición de PL fue semanal. Estos investigadores concluyeron que las funciones gama incompleta, (Wood 1967) parabólica exponencial, (Sikka 1950), inversa parabólica exponencial, Nelder *et al.* (1966) y la

regresión lineal cuadrática, (Gaskins & Anderson 1980) proporcionaron los mejores ajustes de las curvas de lactancia de esos genotipos.

Sin embargo, es útil conocer si la jerarquización de las ecuaciones se mantiene cuando se tiene un número reducido de muestreos de la PL diaria. Los objetivos de esta investigación fueron, determinar los parámetros que describen la curva de lactancia en vacas mestizas con y sin establo del Municipio de Achacachi, Provincia Omasuyos del departamento de La Paz.

## Materiales y métodos

*Ubicación geográfica.* El presente trabajo de investigación se realizó en las comunidades de Jahuir Laca, Tacamara, Tahari, Irama Belén, Arasaya, Chahuir Chico, Huanacu y Humajalsu del municipio de Achacachi provincia Omasuyos departamento de La Paz.

El municipio de Achacachi es la primera sección y capital de la provincia Omasuyos, dividida en 13 cantones, se encuentra en el noreste del departamento de La Paz a una altura de 3823 m.s.n.m., a 16° 03' 00" Latitud Sur y 68° 11' 00" Longitud Oeste. La provincia Omasuyos limita al Norte con la provincia Larecaja, Camacho y Muñecas, al sud con la provincia Los Andes, al este con las provincias de Larecaja y Murillo y finalmente al Oeste con Manco Kapac y Lago Titicaca. (PDM Achacachi 2015).

*Selección de vacas lecheras.* Se seleccionaron 20 vacas mestizas (cruza de *Holstein* con Criollo), 14 contaban con infraestructura disponible (establo) y 6 sin establo, de ocho comunidades diferentes, los animales seleccionados estaban en el último tercio de gestación, y llegaron a parir en los meses de enero fin de mes, febrero y marzo inicios de mes, se

determinó la producción de leche a partir del parto hasta su secado natural.

La alimentación está basada en pradera nativa, pasturas de alfalfa, avena y cebada (verde, heno y paja), en época seca, el pastoreo es complementado con heno de avena y/o cebada, suplementado con afrechillo, balanceado con subproductos industriales. En la época húmeda, además del pastoreo en praderas nativas, se realiza el pastoreo en pasturas introducidas (alfalfa, pasto festuca, pasto ovillo).

El sistema de manejo practicado por las familias productoras, es el tradicional, extensiva, los animales son manejados de forma conjunta de terneros a adultos, que consiste en atar al ganado en una estaca, siendo movido uno o dos veces al día por el productor.

Las vacas en producción, son ordeñadas bajo el sistema con ternero hasta el final de lactancia, luego que el productor ha culminado de ordeñar, deja un cuarto de ubre o menos para la alimentación del ternero que representa 2 a 3 kg de leche/día practica que se realiza durante los primeros 3 a 5 meses de edad. A partir de este periodo, el productor reduce el suministro de leche hasta que el ternero consume leche "residual" (restos de leche, luego del ordeño total).

El número de ordeños efectuados por día, están determinados por la etapa de lactancia en que se encuentra la vaca y las condiciones de almacenamiento de leche por los centros de acopio. En Achacachi, la mayoría de los módulos tienen instalados tanques de enfriamiento de leche, determinando de este modo dos ordeños por día.

Para la identificación de las vacas mestizas, se procedió al areteado (identificación), para evaluar la producción de leche/día, utilizando un aplicador bovino más la caravana con el nombre de la vaca,

con que se identificó para su evaluación y determinación de los parámetros de la curva de lactancia.

*Análisis de la curva de lactancia.* El análisis estadístico para la caracterización de la curva de lactancia, a partir de pesajes diarios de leche de vacas mestizas, se utilizó el modelo propuesto por Wood (1967), que se anota a continuación.

$$Y_n = a n^b e^{-cn}$$

Dónde:

$Y_n$  = Producción de leche producida en el n-ésimo mes del periodo de lactancia

$a$  = Parámetro de la curva asociada al promedio de producción diaria al comienzo de la lactancia.

$b$  = Ascenso al pico (parámetro de curvatura pre-pico)

$c$  = Descenso post-pico (parámetro de curvatura post-pico)

$n$  = N - ésimo mes de producción

$e$  = Base de logaritmos naturales

El cálculo de los coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$ , se estimó mediante el Método interactivo de regresión no lineal, utilizando el método de Marquardt (1963). Para tal efecto, se utilizó el paquete estadístico SAS, 2009 (versión 9.2). Una vez calculados los coeficientes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y las respectivas graficas de curvas de lactancia; estas fueron revisadas para obtener un juego de curvas de lactancia típica.

A partir de los coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  perteneciente a la curva típica, se determinó la producción de leche a 305 días de lactancia (PL- 305) de cada vaca utilizando el “modelo de integración gamma incompleta (France & Thornley 1984).

*Análisis estadístico.* Se empleó el “DCA”, utilizando el paquete estadístico SAS, 2004 versión 9.2.

## Resultados

**Tabla 1** Parámetros ( $a$ ,  $b$  y  $c$ ) que describen la curva de lactancia en vacas

	$a$	$b$	$c$
Con establo	4.840	0.363	0.006
Sin establo	3.655	0.333	0.005
Promedio	4.248	0.348	0.006

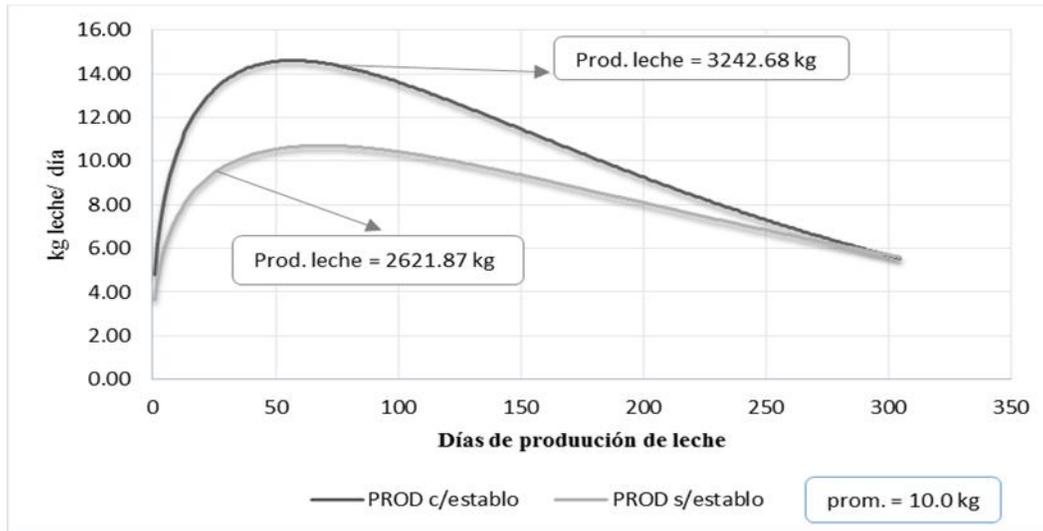
**Tabla 2** Parámetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) que definen la curva de lactancia en vacas con establo

Vaca	$a$	$b$	$c$	Prom/día 305
V1	8.664	0.149	0.005	<b>9.20</b>
V2	9.162	0.048	0.004	<b>6.70</b>
V3	5.604	0.271	0.008	<b>7.00</b>
V4	5.917	0.309	0.007	<b>8.90</b>
V5	8.936	0.294	0.007	<b>12.7</b>
V6	1.759	0.526	0.009	<b>5.80</b>
V8	6.052	0.312	0.007	<b>10.1</b>
V12	1.791	0.579	0.007	<b>9.40</b>
V14	4.372	0.314	0.004	<b>14.6</b>
V15	1.997	0.567	0.008	<b>8.80</b>
V17	3.706	0.302	0.005	<b>7.80</b>
V18	2.092	0.697	0.008	<b>8.20</b>
V19	3.897	0.430	0.007	<b>11.3</b>
V20	4.905	0.283	0.004	<b>9.90</b>
<b>Promedio</b>	<b>4.840</b>	<b>0.363</b>	<b>0.006</b>	<b>9.31</b>

**Tabla 3** Parámetros que describen la curva de lactancia en vacas sin establo

Vaca	$A$	$b$	$C$	Prom/día 305
V7	5.631	0.0849	0.00302	<b>5.40</b>
V9	2.639	0.3898	0.00561	<b>7.30</b>
V10	2.372	0.4141	0.00397	<b>9.30</b>
V11	2.092	0.5666	0.00733	<b>10.4</b>
V13	4.782	0.3061	0.00482	<b>10.0</b>
V16	4.414	0.2357	0.00430	<b>7.10</b>
<b>Promedio</b>	<b>3.655</b>	<b>0.333</b>	<b>0.005</b>	<b>8.25</b>

**Figura 1 Producción de leche por lactancia en vacas con y sin establo**



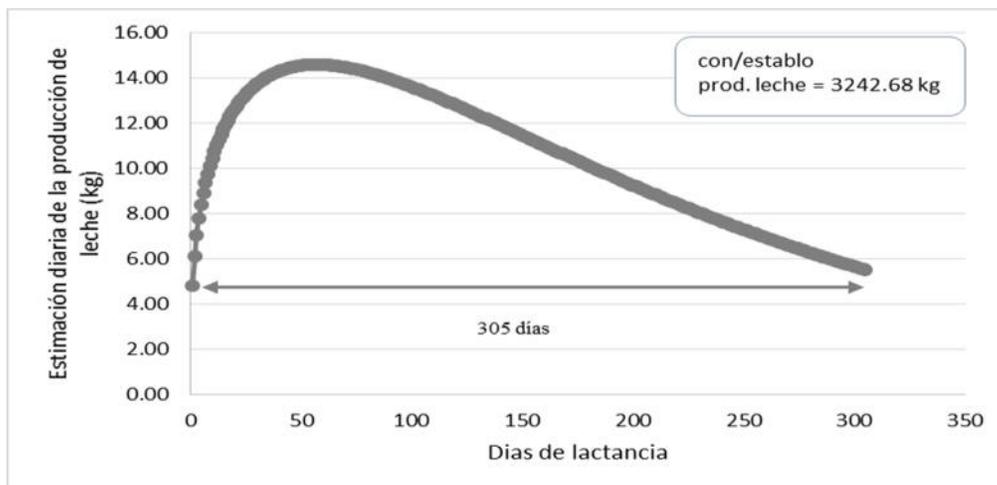
**Tabla 4 Promedios de las variables de respuesta de la curva de Lactancia**

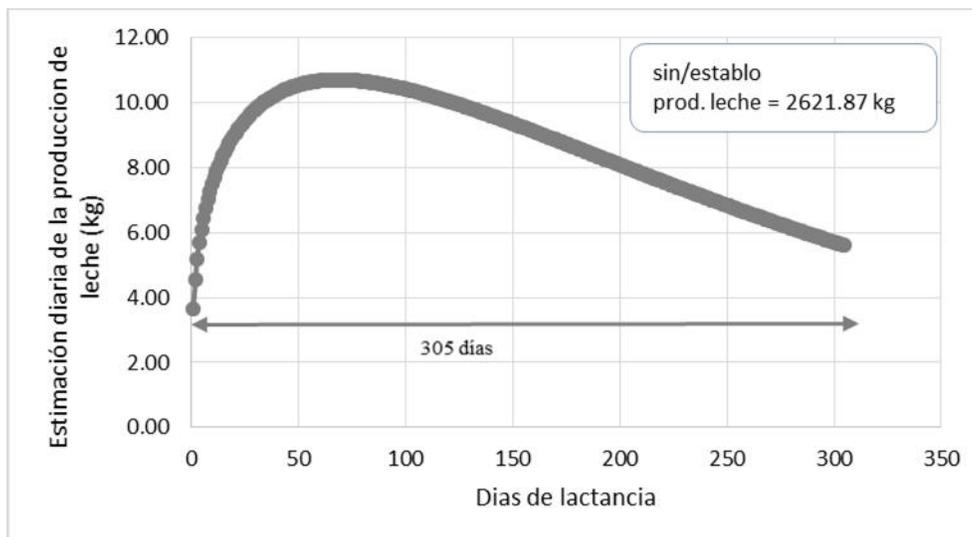
	Persistencia %	Tiempo al pico días	Rendimiento máximo Kg	Producción de leche Kg	Promedio/día Kg
Vacas	6.97	58.71	17.25	2743.03	9.0

**Tabla 5 Promedios de las variables de respuesta de la curva de lactancia de vacas con y sin establo**

Vaca	Persistencia %	Tiempo al pico días	Rendimiento máximo Kg	Producción de leche Kg	Promedio/día Kg
Con establo	6.91	55.49	18.22	2841.5	9.31
Sin establo	7.12	66.25	14.99	2513.3	8.25

**Figura 2 Curva de lactancia de vacas con establo**



**Figura 3** Días de lactancia en vacas sin establo

## Discusión

La producción lechera es un rasgo básico de la eficiencia de los sistemas de producción vacuno, para entenderla y manejar su contribución al productor agropecuario, es necesario describir de la curva de lactancia de las vacas (CLV), que resulta de gran utilidad para programar prácticas de manejo y mejoramiento genético en varios sistemas (Wood 1969, Wood 1976, Madalena *et al.* 1979, Garcia & Holmes 2001). En sistemas intensivos de producción de leche de zona templada los modelos de Wood 1969, Batra 1986, Grossman & Koops 1988, han sido útiles para describir la producción de leche durante la lactancia, sus ecuaciones difieren pero describen las curvas de lactancia (Tozer 1999). Grossman & Koops (1988) prefirieron el modelo de Wood & Batra por razones de estadística, simplicidad y ajustar mejor sus datos.

La distribución de razas en La Paz, muestra bastante presencia de ganado Criollo (41.8%) y predominancia según la apreciación del productor de ganado

Holstein, que como se mencionó anteriormente la mayoría es ganado mestizo (pero no existe forma de corroborarlo, por falta de registros).

La producción promedio de leche a 305 días de lactancia (DL-305) obtenida en municipio de Achacachi, provincia Omasuyos, fue de 2743.0 kg con una producción promedio por día de 10 kg, valores superiores a Ticona (2001), en las localidades de Achacachi-Provincia Omasuyos, Tiahuanacu-Provincia Ingávi y Patacamaya-Provincia Aroma, cuyos resultados fueron 1399.91 kg con una producción promedio por día de 4.59 kg y el promedio de DL 298.4 días.

Morales *et al.* 2009, en la gestión 2006 en la provincia Omasuyos tiene el parámetro productivo de vaca/día, con 8.1 kg/vaca/día, con el promedio de DL-282 días. Esto se comprueba en las ferias organizadas por el municipio de Achacachi, que, durante dos gestiones, la vaca campeona produjo más de 30 L de leche en un solo ordeño.

Los parámetros que describen la curva de lactancia en vacas Tabla 1, tienen un promedio de:  $a=4.248$ ,  $b=0.363$  y  $c=0.006$ , que difieren a los mencionados por Ticona (2001), que indica que las medias de mínimos cuadrados de DL 305, según efecto de ambas épocas (húmeda y seca) de parto son:  $a=2.723$ ,  $b=0.462$  y  $c=0.009$ , posiblemente debido a que los promedios de producción de leche actuales (10 kg/día) son superiores al reportado por Ticona 2001 (4.6 kg/día) y Morales, *et al.* 2009 (8.1 kg/día) efecto que influye en los mismos valores de los parámetros en estudio.

Las vacas con establo Tabla 2,  $a=4.840$ ,  $b=0.363$  y  $c=0.006$ , tienen promedios diferentes a los que indica Ticona (2001), en época húmeda, las medias de mínimos cuadrados de producción de leche a DL-305, parámetros que describen la (CL) curva de lactancia según efecto de época de parto son:  $a=2.49$ ,  $b=0.50$  y  $c=0.010$ , pero en la época seca, las medias de mínimos cuadrados de producción de leche a DL-305, CL según efecto de época de parto son:  $a=2.90$ ,  $b=0.42$  y  $c=0.009$ , parámetros que en el presente estudio, posiblemente debido a que los promedios de producción de leche actuales (9.31 kg/día) superiores a lo reportado por Ticona 2001 (4.6 kg/día) y Morales *et al.* 2009 (8.1 kg/día) efecto que influye en los mismos valores de los parámetros en estudio.

En la Tabla 3, en vacas sin establo los parámetros  $a=3.655$ ,  $b=0.333$  y  $c=0.005$  indica que los parámetros en vacas con establo son mayores a los parámetros de vacas sin establos, además estos parámetros tienen un promedio diferente a Ticona (2001), que menciona que en la época húmeda, las medias de mínimos cuadrados de producción de leche a DL-305, parámetros que describen la CL según efecto de época de parto son:  $a=2.49$ ,  $b=0.50$  y  $c=0.010$ , pero en la época seca, las medias de mínimos cua-

drados de producción de leche a DL-305, parámetros que describen CL según efecto de época de parto son:  $a=2.90$ ,  $b=0.42$  y  $c=0.009$ , parámetros que fueron encontrados en el presente estudio, posiblemente debido a que los promedios de producción de leche actuales (9.31 kg/día) son superiores al reportado por Ticona, 2001 (4.6 kg/día) y Morales *et al.* 2009 (8.1 Kg/día) efecto que influye en los mismos valores de los parámetros en estudio.

Producción de leche en vacas con y sin establo, producción promedio de leche a DL-305 obtenida en municipio de Achacachi, provincia Omasuyos, fue de 2743.03 kg con una producción promedio ponderada por día de 10.0 kg y el promedio de DL-305.

Los valores de producción de leche, fueron superiores a los estudios realizados por Ticona (2001), en las localidades de Achacachi - provincia Omasuyos, Tiahuanacu - provincia Ingávi y Patacamaya - provincia Aroma. Los resultados fueron de 1399.91 kg con una producción promedio por día de 4.59 kg y el promedio de DL-298.4.

Morales *et al.* 2009, en la gestión 2006 la provincia Omasuyos tiene el mejor parámetro productivo de vaca / día, con 8.1 kg/vaca/día, con el promedio DL-282 días. Esto se comprueba en las ferias organizadas por el municipio de Achacachi, en las que, durante dos gestiones, la vaca campeona produjo más de 30 kg de leche en un solo ordeño.

Tomando en cuenta que en vacas con establo, la producción promedio de leche a 305 días de lactancia (DL-305) fue de 3242.68 kg con una producción promedio por día de 10.6 kg y en vacas sin establos la producción promedio de leche a DL-305 fue de 2621.87 kg con una producción promedio por día de 8.6 kg obteniendo una diferencia de 620.80 kg (23.68%), entre ambos grupos (con y sin establo) Figura 1.

La tabla 4, se puede ver que la persistencia tiene un promedio de 6.97, el tiempo al pico es de 58.71, el rendimiento máximo es de 17.25, la producción de leche es de 2743.03 y la producción de leche por día es de un promedio de 9.0 kg, Ticona 2001, indica que las vacas de la zona de Achacachi, seguida de Tiahuanacu, llegan en mayor tiempo al pico de lactancia (58.0 y 50.0) respectivamente, datos que coinciden con los hallados en la presente investigación. Respecto al rendimiento máximo Ticona 2001, determino en la zona de Achacachi y Patacamaya los siguientes datos (8.2 y 8.5) respectivamente y una persistencia de 7.2 en la Zona de Achacachi, en cuanto a la producción de leche a DL-305, mismo autor obtuvo el resultado de 1673 litros con un promedio por día de 5.4 litros de leche en la zona de Achacachi.

Por su parte Colomo-Vera (1995), determino diferencias altamente significativas entre el ganado criollo y Mestizo sobre el tiempo al pico y rendimiento máximo, los resultados fueron a favor de los Mestizos de 35.8 días y 6.56 kg frente a criollos que tuvieron 24.3 días y 4.93 kg respectivamente. Estas variables probablemente sean afectadas principalmente por la alimentación y manejo adecuado del ganado lechero, a su vez la disponibilidad de infraestructura.

En la Tabla 5, se puede observar que los promedios de persistencia, tiempo al pico, rendimiento máximo, producción de leche y promedio por día de la producción de leche de vacas que cuentan con infraestructura, son diferentes a los promedios encontrados de vacas sin establo, esto probablemente a la disponibilidad o no de infraestructura. Por su parte Ticona 2001, indica que las vacas de la zona de Achacachi, seguido por Tiahuanacu, llegan en mayor tiempo al pico de lactancia (58.0 y 50.0) respectivamente, respecto al rendimiento máximo encon-

tró en la zona de Achacachi y Patacamaya los siguientes datos (8.2 y 8.5) respectivamente y una persistencia de 7.2 en la Zona de Achacachi, en cuanto a la producción de leche a 305 días mismo autor obtuvo el resultado de 1673 L con un promedio por día de 5.4 kg. Estos datos Ticona 2001, fueron obtenidos sin tomar en cuenta la disponibilidad de establo en las familias productoras de leche.

*Días de lactancia en vacas con establo y sin establo.* La duración de lactancia fue ajustada a 305 días para hallar la curva de lactancia, pero el promedio DL-308, según Ticona 2001, el promedio de días de lactancia en el municipio de Achacachi fue de 298.4 días. Con un promedio de 4.59 kg/día de leche, Morales *et al.* 2009, indica que en la gestión 2006 la provincia Omasuyos tiene el mejor parámetro productivo de vaca/día, con 8.1 kg/vaca/día, con el promedio de DL-282.

De acuerdo a la Figura 2, la producción de DL-305, pero en vacas con establo fue (DL-313), por su parte Ticona 2001, indica que las vacas de la zona de Achacachi presentan mayor periodo de lactancia de hasta DL-346, lo que también atribuye a la mayor persistencia láctea, estas variables son afectadas principalmente por el factor alimenticio y el manejo del ganado.

Respecto a vacas sin establo (Figura 3), es DL-305 días en promedio, lo que es lo ideal para el productor, esto se ajustó con el objetivo de hallar la curva de acuerdo a la fórmula utilizada, pero se encontró un promedio de DL-303.5, como se explicó en la Figura 1, estas variables pueden ser afectadas principalmente por el factor alimenticio y el manejo del ganado lechero.

Por lo tanto ya determinaron diferentes tiempos en la duración de lactancia, tanto en vacas con y sin establo, pero la cual ajustó a DL-305, lo que es ideal

para la producción de leche como para el ganado bovino.

En conclusión, el modelo de Wood 1976, aplicado como modelo explicó la determinación de los parámetros de definen la curva de lactancia en vacas mestizas del altiplano, del municipio de Achacachi, provincia Omasuyos, departamento de La Paz. La producción promedio de leche a 305 días de lactancia (DL-305) obtenida en municipio de Achacachi, fue de 2743.0 kg con una producción promedio ponderada por día de 10.0 kg. La duración de lactancia fue ajustada a 305 días que es lo ideal, con un promedio de 10 kg/día de leche. Pero existieron vacas que producían leche hasta los 322 días y vacas que producían leche hasta los 300 días de vacas con y sin establo.

### Conflictos de intereses

El presente trabajo fue financiado por los autores y no genera conflictos de interés.

### Agradecimientos

A los comunarios de (Jahir Laca, Tacamara, Tahari, Irama Belén, Arasaya, Chahuirá Chico, Huanacu y Humajalsu) municipio de Achacachi Provincia Omasuyos por apoyarnos en la realización de este trabajo de investigación con sus animales.

### Literatura citada

Batra TR. Comparison of two mathematical models in fitting lactation curves for pureline and crossline dairy cows. *Can J Anim Sci.* 1986; 66:405-14.

Colomo-Vera AF. Comportamiento productivo de leche en bovinos criollos y mestizos Provincia Los Andes-La Paz. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 1995. p. 46.

Fraga LM, Gutierrez M, Fernández L, Fundadora O, González ME. Estudio preliminar de las curvas de lactancia en las búfalas mestizas de Murrah. *Rev Cubana Cienc Agríc.* 2003; 37(2); 151-55.

France J, Thornley JHM. *Mathematical models in agriculture. A quantitative approach to problems in agriculture and related sciences.* Butterworths, London. 1984. p. 335.

García SC, Holmes CW. Lactation curves of autumn- and spring-calved cows in pasture-based dairy systems. *Livest Prod Sci* 2001; 68:189-203.

Gaskins TC, Anderson DC. Comparison of lactation curves in Angus-Hereford, Jersey-Angus and Simmental-Angus cows. *J Anim Sci* 1980; 50:828-32.

Grossman M, Koops WJ. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 1988; 71:1598-1608.

Madalena FE, Martínez ML, Freitas AF. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Anim Prod.* 1979; 29: 101-7.

Marquardt DW. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *J Soc Indust Appl Mathe.* 1963; 2: 431-41.

Morales M, Rojas A, Gallo J, Valdez G. Ganadería bovina de leche en el Altiplano de La Paz. Situación actual y proyecciones. CIPCA. Ayuda en Acción Bolivia. Ed. Garza Azul. La Paz, Bolivia. 2009. p 308.

- Nelder JA. Inverse polynomials, a useful group of multi factor response functions. *Biometrics*. 1966; 22: 128-41.
- PDM. Plan de desarrollo municipal. Municipio de Achacachi. 2015.
- Quintero-Vélez JC, Serna-Gallo J, Cerón-Muñoz M, Hurtado-Lugo N, Agudelo-Gómez DA. Estimación de la curva de lactancia mediante modelos matemáticos lineales y no lineales en búfalas colombianas. *Rev Colom Cienc Pecua*. 2007; 20(2): 149-56.
- Ramírez VR, García-Muñiz JG, Núñez DR, Ruiz FA, Meraz AMR. Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos Angus, Suizo y sus cruzas. *Vet Mex*. 2004; 35(3): 187-201.
- Ramírez VR, Ramírez VG, Núñez DR, Tewolde MA. Curvas de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas. II. Comparación de ecuaciones. *Agrociencia*. 1998; 32: 325-330.
- Rekaya R, Béjar F, Alenda R, Carabaño MJ. Extensión de la lactación a 305 d. Conferencia. Área de Mejora Genética Animal. Madrid, España. 1995.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C. 2004.
- Sikka LC. A study of lactation as affected by heredity and environment. *J Dairy Res*. 1950; 17: 231-52.
- Ticona DW. Comportamiento productivo y reproductivo del ganado bovino en tres zonas lecheras del departamento de La Paz. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés. 2001.
- Tozer PR, Huffaker RG. Mathematical equations to describe lactation curves for Holstein-Friesian cows in New South Wales. *Aust J Agric Res*. 1999; 50:431-40.
- Vargas B, Koops WJ, Herrero M, Van Arendonk JAM. Modeling extended lactations of dairy cows. *J Dairy Sci*. 2000; 83: 1371-80.
- White IM, Thompson R, Brotherstone S. Genetic and environmental smoothing of lactation curves with cubic splines. *J Dairy Sci*. 1999; 82:632-8.
- Wood PDP. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. 1967; 216:164-5.
- Wood PDP. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim Prod*. 1976; 22:35-40.
- Wood PDP. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim Prod* 1969; 11:307-16.