

**CURVAS DE LACTANCIA E INCIDENCIA DE MASTITIS SUBCLÍNICA
EN UN TAMBO UBICADO EN EL DEPARTAMENTO CAPITAL DE
LA PAMPA**

Autores:

Alvarez, María Lucila

Antin, Juan Ignacio

Director: Gigli, Isabel

Co- director: Buseti, Margarita

Ingeniería Agronómica

Facultad de Agronomía

UNLPam

Año 2014

CONTENIDO

Resumen	4
Palabras claves	4
Introducción	5
Materiales y métodos	7
Unidad productiva	7
Ubicación geográfica.....	7
Descripción climática	8
Trabajo experimental con animales	9
Trabajo de análisis en laboratorio.....	10
Análisis estadístico	11
Resultados y discusión	13
Análisis descriptivo	13
Análisis estadístico de curvas de lactancia	16
Incidencia de mastitis subclínica	31
Conclusiones	35
Bibliografía.....	38
Apéndice.....	40
Producción de leche individual.....	40
Identificación de mastitis subclínicas	41
Composición de la leche.....	42

GRÁFICOS Y TABLAS

Gráfico 1. Temperaturas medias mensuales, mínimas medias y máximas medias para el período Diciembre 2010 - Noviembre 2011.....	8
Gráfico 2. Precipitaciones mensuales en mm, período Diciembre 2010 a Noviembre 2011.....	9
Gráfico 3. Producción media diaria individual por mes.....	13
Gráfico 4. Producción media mensual discriminada por categoría.....	13
Gráfico 5. Valores medios mensuales de producción de proteína.....	14
Gráfico 6. Valores medios mensuales de producción de proteína.....	15
Gráfico 7. Valores medios mensuales de porcentaje de grasa.....	15
Gráfico 8. Valores medios mensuales de producción de grasa	16
Gráfico 9. Curvas de Legendre de grado 1-7 para volumen de producción de leche.....	17
Gráfico 10. Dispersión de puntos para producción individual y tendencia en función de los días en lactancia.....	17
Gráfico 11. Curvas de Legendre de grado 1-7 para porcentaje de grasa total.....	18
Gráfico 12. Dispersión de puntos para porcentaje de grasa total y tendencia en función de los días en lactancia.....	18
Gráfico 13. Curvas de Legendre de grado 1-7 para producción de grasa total	19
Gráfico 14. Dispersión de puntos para producción de grasa total y tendencia en función de los días en lactancia.....	19
Gráfico 15. Curvas de Legendre de grado 1-7 para porcentaje de proteína total.....	20
Gráfico 16. Dispersión de puntos para porcentaje de proteína total y tendencia en función de los días en lactancia	20
Gráfico 17. Curvas de Legendre de grado 1-7 para producción de proteína total.....	21
Gráfico 18. Dispersión de puntos para producción de proteína total y tendencia en función de los días en lactancia	21
Gráfico 19. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para volumen de producción de leche.....	23
Gráfico 20. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para producción de grasa total	23
Gráfico 21. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para producción de proteína total.....	24

Gráfico 22. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para porcentaje de grasa total	24
Gráfico 23. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para porcentaje de proteína total.....	25
Gráfico 24. Incidencia mensual de mastitis subclínica	31
Tabla 1. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1- 7 grados para producción de grasa total, porcentaje de grasa total, producción de proteína total, porcentaje de proteína total y volumen de producción	22
Tabla 2. Estimación del efecto de año y estación de parto, edad y secado en el volumen de producción de leche en l/animal/día debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios de la producción de leche (media) en cada grupo	26
Tabla 3. Estimación del efecto del año y estación de parto(AEP), edad y secado en el porcentaje de grasa total debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios (media) del porcentaje de grasa total en cada grupo	27
Tabla 4. Estimación del efecto del año y estación de parto, edad y secado en la producción de grasa total debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios (media) de la producción de grasa total en cada grupo.....	28
Tabla 5. Estimación del efecto año y estación de parto(AEP), edad y secado en el porcentaje de proteínas totales debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad total de controles y valores medios (media) del porcentaje de proteínas totales en cada grupo	29
Tabla 6. Estimación del efecto del año y estación de parto (AEP), edad y secado en la producción de proteínas totales debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad total de controles y valores medios (media) de la producción de proteínas totales en cada grupo...	30
Tabla 7. Incidencia mensual de mastitis subclínica	32
Tabla 8. Animales con controles positivos de mastitis subclínica (MTC).....	33
Tabla 9. Incidencia de mastitis subclínica por efecto.....	34

RESUMEN

La curva de lactancia representa la producción de leche de una vaca a lo largo de su lactancia, constituyendo una herramienta para la evaluación y la toma de decisiones de manejo. Los modelos matemáticos son una herramienta de investigación fundamental para explicar los patrones de producción de leche y variaciones en la composición, tales variables pueden verse afectadas por el principal problema sanitario de los bovinos de leche, como es la mastitis. Mediante la aplicación de pruebas como el mastitis test california (MTC), se pueden detectar animales padeciendo niveles subclínicos de la enfermedad. El objetivo del trabajo fue por un lado, componer la curva de lactancia en un tambo ubicado en la región semiárida, específicamente en el departamento Capital de la Provincia de La Pampa y, por el otro, estimar la incidencia de mastitis subclínica. Se trabajó sobre 86 animales cruza con predominio de raza Holando. Se realizaron controles lecheros mensuales, midiendo volumen individual de producción y composición, y realizando la prueba MTC. Para componer la evolución de la producción y composición láctea durante la lactancia, se utilizó como modelo matemático el polinomio de Legendre. Se consideraron como efectos fijos la edad del animal, el año-época de parto (AEP) y longitud del secado. La incidencia de mastitis subclínica a través de la lactancia fue 20,34% y su incidencia mensual osciló entre 3% y 8%. Las vacas fueron superiores en producción de proteína y grasa, pero menor en términos porcentuales, con respecto a vaquillonas. Los animales con período de secado entre 40 y 60 días registraron mayor producción de proteína y grasa, pero menor en términos porcentuales. Las diferencias entre los grupos por año y estación de parto capturaron la variación de factores no considerados en el modelo. La escasa información fue la principal limitación para ajustar los modelos y obtener resultados más contundentes.

Palabras claves: producción láctea, composición láctea, edad, secado, época de parto, polinomio de Legendre, test mastitis california.

INTRODUCCIÓN

La producción de una vaca lechera a través de su lactancia es variable y por lo tanto, contar con herramientas que permitan caracterizarla es de gran importancia para la evaluación y la toma de decisiones de manejo. Una de estas herramientas es la curva de lactancia, la cual representa la producción de leche de una vaca a lo largo de toda su lactancia. Muestra el pico máximo de producción, la persistencia y los efectos de eventos específicos sobre la producción. La curva teórica ajustada a una producción de 305 días, muestra un ascenso desde el inicio de la lactancia hasta aproximadamente los 60 días, cuando alcanza su pico máximo, para descender posteriormente hasta el momento del secado. La producción de leche en la primera parte de la curva puede ser usada para predecir la producción de leche en todo el período de lactancia (Silvestre y col. 2006).

La evolución de la producción de leche, durante una lactancia, se puede describir mediante modelos matemáticos, que son funciones regulares $y = f(t)$ definidas para valores positivos de producción diaria de leche (y), en función del tiempo desde el parto (t). Estos representan una herramienta de investigación fundamental para el desarrollo de modelos que permitan explicar los patrones de producción de leche. Varios modelos matemáticos han sido propuestos para representar la producción de una vaca, dentro de los cuales se encuentran los polinomios de Legendre, empleados con distinto número de parámetros. En general, todos los modelos corrigen por raza, número de partos y nivel de nutrición. Los modelos son usualmente elegidos por su capacidad para describir una curva específica, caracterizada por una fase de ascenso hasta un pico, seguido por una fase de descenso. Sin embargo, existen modelos capaces de describir analíticamente otras formas de curvas de lactancia (Macciotta y col. 2005).

Las concentraciones lácteas de proteínas totales y grasa se modifican a medida que la lactancia progresa (Akers, 2002). Diversos factores además del genético, como nivel de nutrición, estado fisiológico y momento en que se inicia la lactación influyen en la composición de la leche. Por ejemplo, las pariciones en primavera están asociadas con lactaciones de mayor producción (Viglizzo y Wilberger, 1977) y mayor concentración de proteínas que las que se inician en otoño (Pérez y col. 2007).

El principal problema sanitario de los bovinos de leche es la mastitis (Bray y Broaddus, 2006), el cual afecta tanto la producción como la composición láctea. Realizar un control de recuento de células somáticas (RCS), en forma periódica, ayuda al productor a detectar los animales con mastitis subclínica. El contenido celular somático está compuesto principalmente por glóbulos blancos. Las células somáticas tienen dos funciones principales en la ubre, la primera es la de combatir a los microorganismos infectantes mediante fagocitosis, y la segunda, es la de intervenir en la reparación del tejido secretor que ha sido dañado por una infección o lesión. Es por esto que el RCS es una medida para evaluar la salud de la ubre.

La mastitis afecta la curva de lactancia. Una alta incidencia de dicha infección, se asocia con una rápida declinación en la producción después del pico máximo (Andersen y col. 2011). Además, la leche proveniente de vacas con mastitis tendrá una menor calidad. Para la industria, es importante mantener niveles bajos de RCS porque los neutrófilos liberan enzimas lipolíticas que alteran las características organolépticas del producto final (Salih y Anderson, 1979).

Las descripciones de curvas de lactancia en rodeos argentinos que se encuentran en la bibliografía pertenecen a la zona de Santa Fe, Rafaela, donde las condiciones de manejo y climáticas son diferentes a la de nuestra región. En el año 1977 se analizaron los datos de producción del tambo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, y se estudió la producción

individual bajo distintas condiciones nutricionales. Desde entonces no se han realizados seguimientos de composición individual a lo largo del año calendario. Si bien la empresa a la que se entrega la leche cruda informa sobre la composición de una muestra colectiva tomada del tanque de frío, el presente es el primer trabajo que analiza la composición láctea individual de las vacas del Tambo de la Facultad de Agronomía.

El objetivo del trabajo fue por un lado componer la curva de lactancia en un tambo ubicado en la región semiárida, específicamente en el departamento Capital de la provincia de La Pampa y, por otro lado, estimar la incidencia de mastitis subclínica en animales en producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

UNIDAD PRODUCTIVA

El tambo objeto del presente trabajo pertenece a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El establecimiento se ubica en el kilómetro 334 de la Ruta Nacional N° 35 al Norte de la ciudad de Santa Rosa, Provincia de La Pampa.

Se encuentra dentro de la zona semiárida, comprendida entre las isohietas de 400 y 600 mm de la región pampeana. Pertenece, según sus características fisiográficas, a la Región Oriental, Subregión de planicies con tosca.

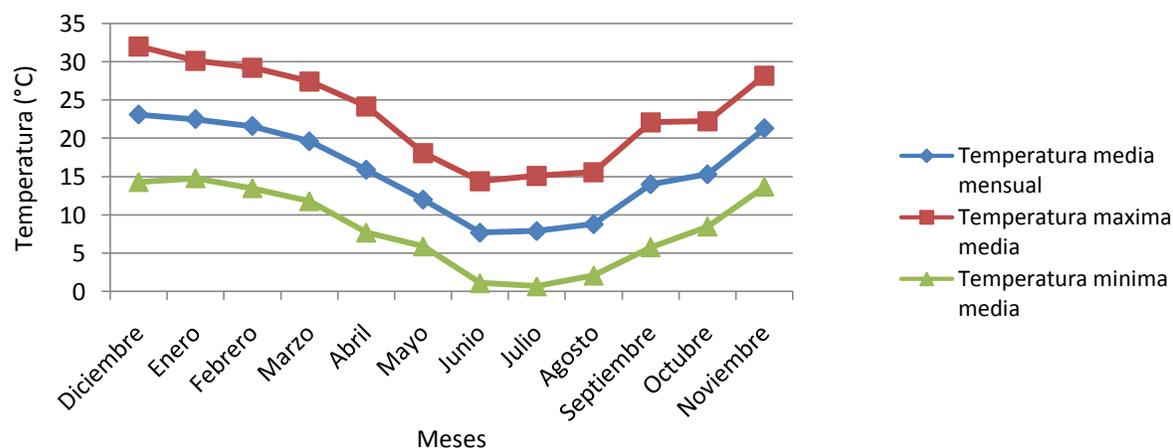
DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA

Los datos correspondientes al período que va desde el mes de Diciembre de 2010 al mes de Noviembre de 2011 fueron brindados por la Cátedra de Climatología de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, tomados en el campo perteneciente a la misma.¹

La temperatura media mensual más baja se registró en el mes de Junio y fue de 7,7 °C, mientras que en el mes de Julio se registró la temperatura mínima media más baja, la cual fue de 0,7 °C, con una mínima absoluta de -5,8°C.

La temperatura media mensual más alta se registró en el mes de Diciembre de 2010 y fue de 23,1 °C; en el mismo mes se registró la temperatura máxima media más alta, la cual fue de 32°C, con una temperatura máxima absoluta de 41,2 °C (Gráfico 1).

Gráfico 1. Temperaturas medias mensuales, mínimas medias y máximas medias para el período Diciembre 2010 - Noviembre 2011.

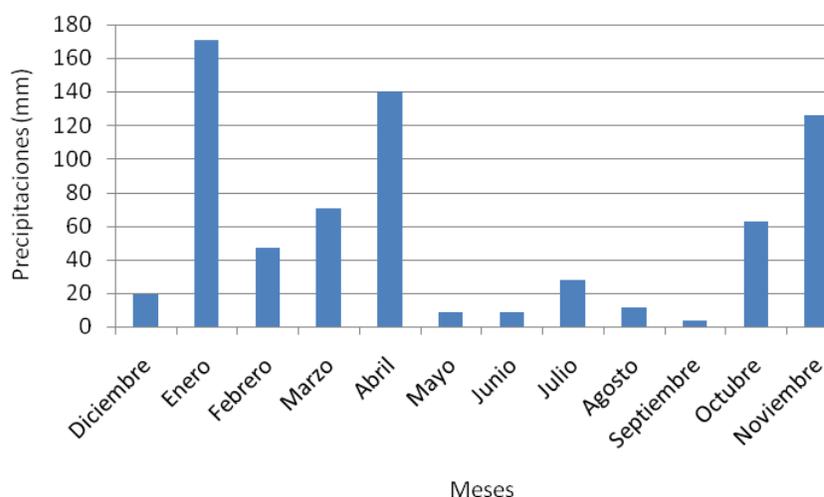


¹ Datos climáticos 2010- 2011. Cátedra de climatología y fenología agrícola. Facultad de Agronomía. UNLPam.

La fecha de primera helada se registró el día 9 de Mayo con $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la fecha de última helada el día 6 de Septiembre con $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En cuanto a precipitaciones (Gráfico 2) se registró un total acumulado de 719,4 mm, con tres picos: Enero, 170,8 mm, Abril 140,2 y Noviembre, 126,1 mm.

Gráfico 2. Precipitaciones mensuales en mm, período Diciembre 2010 a Noviembre 2011.



TRABAJO EXPERIMENTAL CON ANIMALES

Instalaciones: Las instalaciones del tambo presentan un diseño de sala de ordeño conocido como “espina de pescado” con 8 bajadas.

Animales: El control lechero se realizó sobre un total de 86 animales cruza con predominio de raza Holando Argentino.

Controles lecheros: Se realizaron controles lecheros individuales mensuales (mañana y tarde). Para el estudio de la producción total individual se utilizó un lactómetro marca Waikato

(Figura 1, Apéndice). Se tomó una muestra de leche que fue inmediatamente refrigerada y posteriormente conservada a -20°C hasta su análisis en el laboratorio.

TRABAJO DE ANÁLISIS EN LABORATORIO

Luego de cada análisis volumétrico en el tambo, las muestras fueron llevadas al laboratorio para realizar el mastitis test California (MTC) (Figura 2, Apéndice) a cada muestra del conjunto de los cuatro cuartos mamarios, registrando los animales que daban positivos en la mañana, para repetir en el ordeño de la tarde el test pero en esta oportunidad analizando los animales individualmente cada cuarto mamario. Se obtuvo una muestra de leche del cuarto mamario positivo para su posterior análisis de recuento de células somáticas (RCS). Para el análisis, se consideró presencia o ausencia de mastitis.

Dentro de las dos semanas posteriores a cada control, se procedió a llevar las muestras congeladas (para su adecuada preservación) a la EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas” de INTA, con el fin de realizar los análisis de laboratorio correspondientes a composición y RCS.

Las muestras fueron entibiadas en baño María (37°C) y luego se procedió a cuantificar los componentes mediante un analizador automático (marca Ekomilk) (Figura 3 Apéndice).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis, se consideraron los controles dentro de los 305 días post parto y las lactancias con tres controles o más. Se analizaron 59 lactancias de un rodeo de 51 animales (8 animales registraron dos lactancias en el período de estudio). En promedio se realizaron 9 controles por animal (DE=2,3).

Se consideraron como efectos fijos la edad del animal, el año-época de parto (AEP) y el efecto secado.

La edad de los animales se determinó para el 48,4%, a partir de datos existentes de fecha de nacimiento, mientras que para el 51,6% restante se aproximó la edad por el número de Registro Particular (RP). Se consideró vaquillonas o vacas jóvenes hasta los 3 años de edad (N=15), y vacas adultas desde los 4 años (N=44).

Para el efecto “AEP“, en primer término se consideró el año de parto, 2010 y 2011, y dentro de cada uno la época de parto, siendo la época “1” correspondiente a partos de primavera-verano y la época “2” a partos de otoño- invierno.

Para el efecto “secado“, se clasificaron los animales en tres grupos: los animales que no tuvieron fase de secado o el mismo fue menor a 40 días, los que tuvieron un período de secado mayor o igual a 40 días y el tercer grupo, los animales que no tenían información.

Para modelar la trayectoria de las variables respuesta se emplearon los polinomios de Legendre, pues se ha demostrado que son flexibles y útiles para ajustar las curvas de producción. Según el grado de los mismos permiten hacer mejor uso de la información cuando hay datos

faltantes (Pool, 2000). Para el análisis se empleó el programa WOMBAT (Meyer, 2007).

Para la selección del modelo se utilizó el criterio de información bayesiano (BIC) y el criterio de información de Akaike (AIC). Ambos son criterios para la selección de modelos entre un conjunto finito de modelos, anidados o no. Los dos hacen uso del logaritmo de máxima verosimilitud, y sustraen un término proporcional al número de parámetros en el modelo, que generalmente se llama factor de penalización. En este último sentido, BIC es más exigente que AIC favoreciendo modelos con menor cantidad de parámetros. En ambos se opta por el modelo que toma el menor valor de BIC o de AIC (Burnham y Anderson, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La producción media diaria individual (Gráfico 3) fue de 27,5 lts ($\pm 4,3$ lts). La producción media mensual de 841,3 lts ($\pm 270,5$ lts), correspondiendo el 31,4% a la categoría “vaquillonas” y el 68,6% a la categoría “vacas” (Gráfico 4).

Gráfico 3. Producción media diaria individual por mes.

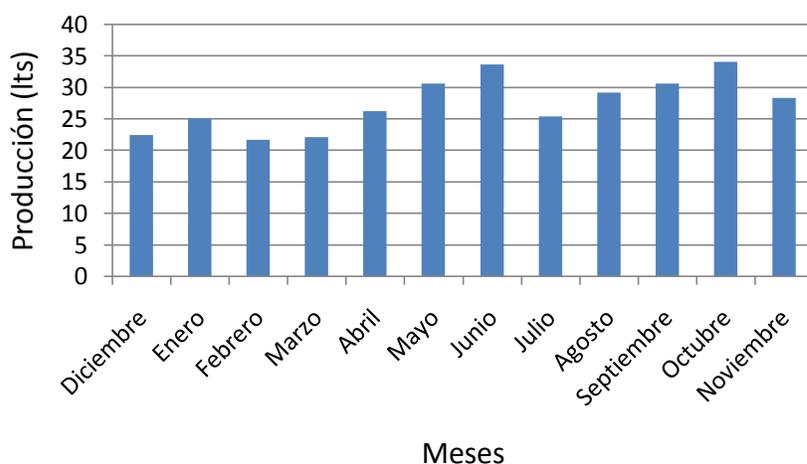
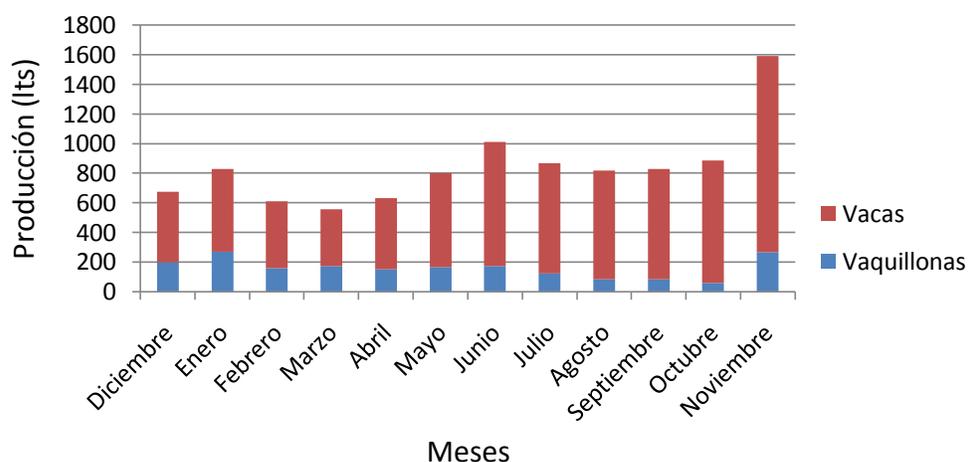


Gráfico 4. Producción media mensual discriminada por categoría.



El porcentaje medio de proteína fue de 3,42%, la media para vaquillonas fue de 3,43% y para vacas de 3,40%. La producción media de proteína fue de 897,96 gr/animal/d, la media para vaquillonas fue de 857,20 gr/animal/d, y para vacas de 938,73 gr/animal/d. En el Gráfico 5 se muestran los porcentajes mensuales de proteínas total y en el Gráfico 6 las producciones de proteínas en el grupo de vaquillonas, vacas y la media de la producción.

Gráfico 5. Valores medios mensuales de porcentaje de proteína.

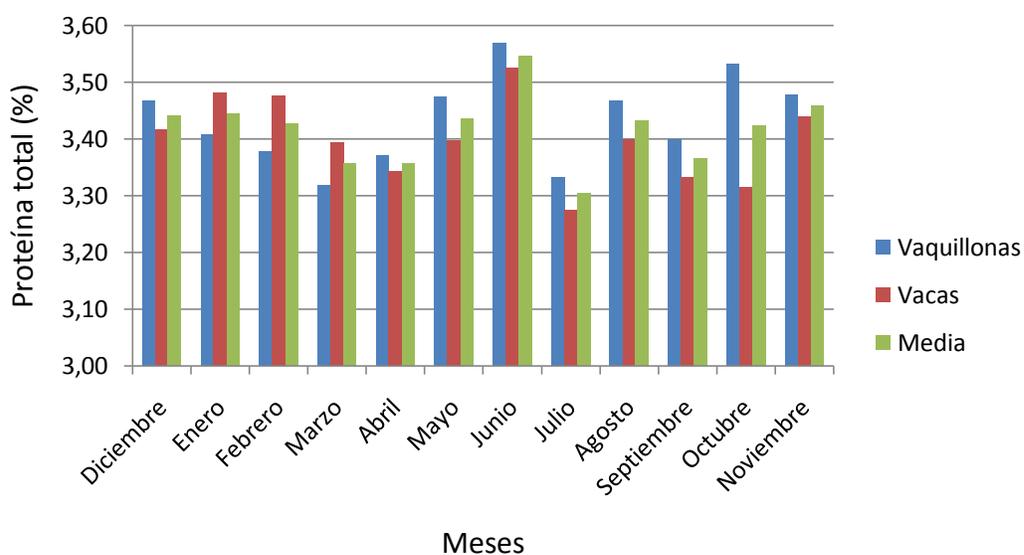
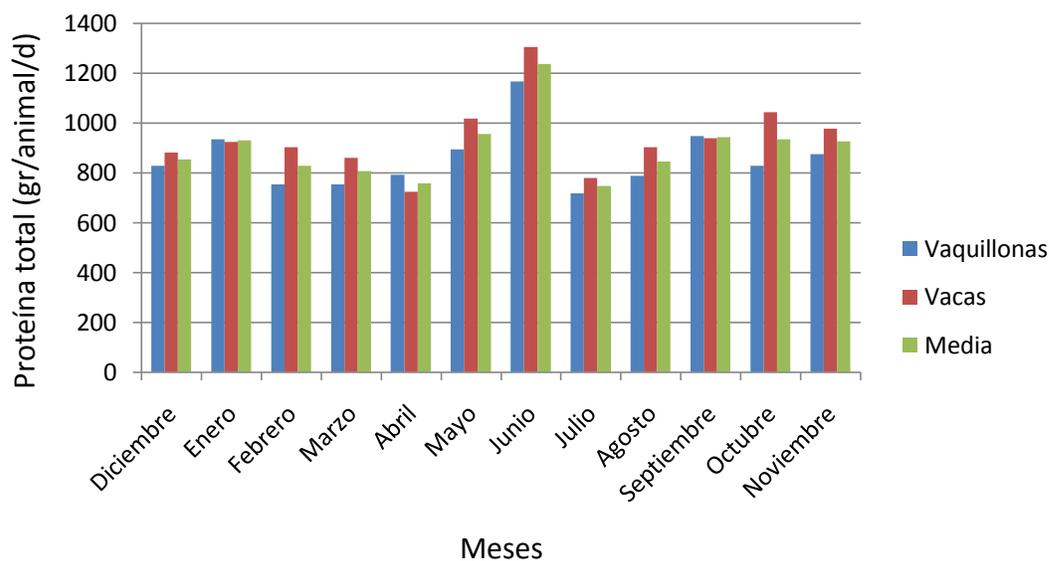


Gráfico 6. Valores medios mensuales de producción de proteína.

El porcentaje medio de grasa (Gráfico 7) fue de 3,56%, la media para vaquillonas fue de 3,73% y para vacas de 3,38%. La producción media de grasa (Gráfico 8) fue de 857,01 gr/animal/d, la media para vaquillonas fue de 780,83 gr/animal/d, y para vacas 933,20 gr/animal/d.

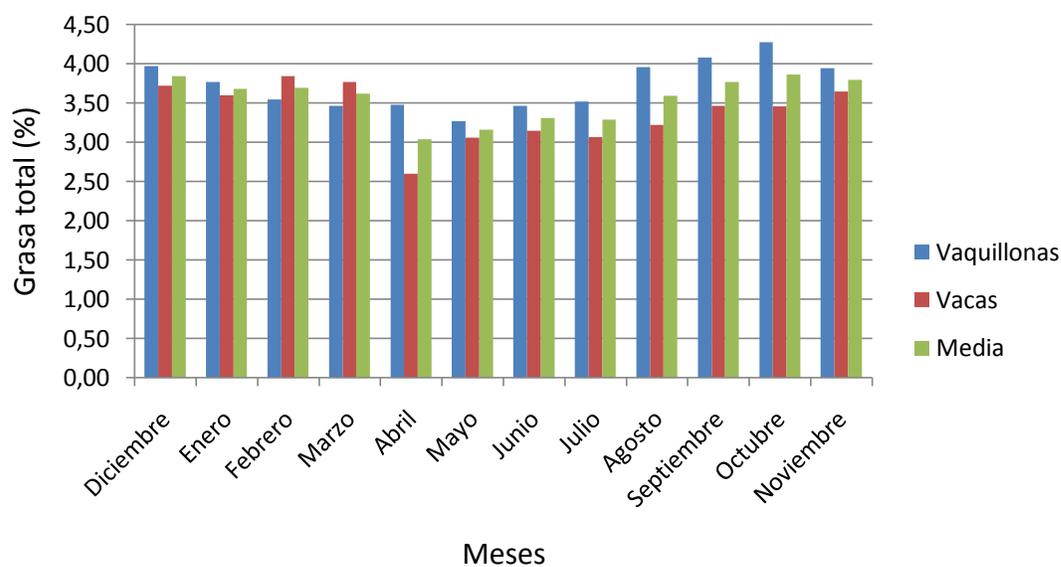
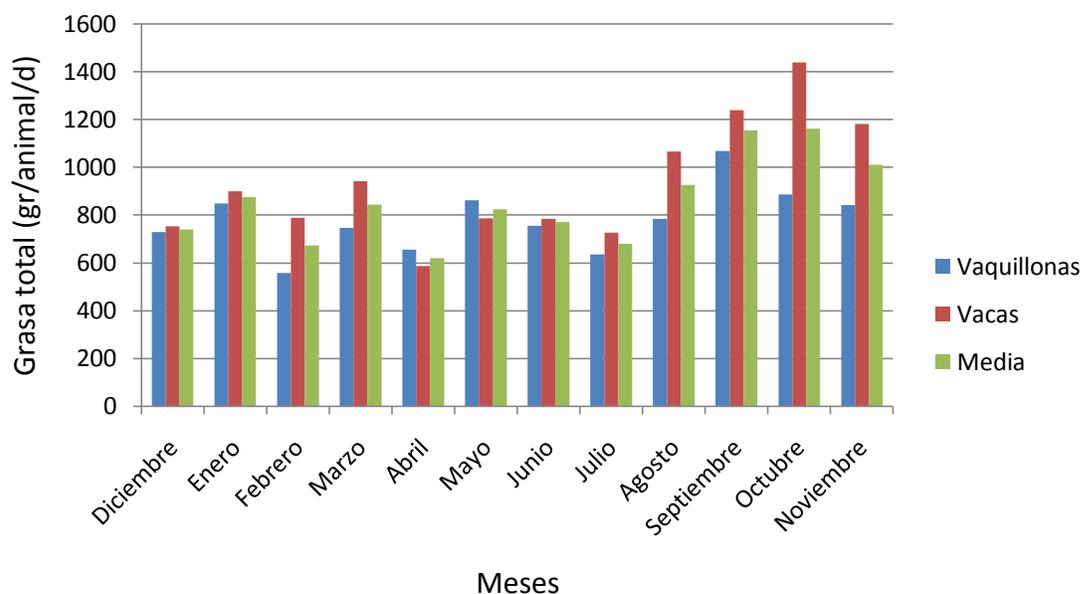
Gráfico 7. Valores medios mensuales de porcentaje de grasa.

Gráfico 8. Valores medios mensuales de producción de grasa.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CURVAS DE LACTANCIA

A continuación se observan las curvas de Legendre para volumen (Gráfico 9), porcentaje de grasa (Gráfico 11), producción de grasa (Gráfico 13), porcentaje de proteína (Gráfico 15) y producción de proteína (Gráfico 17) para lactancias de 305 días. Las curvas corresponden a polinomios de Legendre de grado 1 a 7. A partir de las mismas y a través de criterios de selección de información como el de Akaike y el Bayesiano, se seleccionó para cada parámetro la curva que mejor se ajustó. Además se presentan gráficos de dispersión de datos en crudo correspondientes a cada parámetro, con sus correspondientes líneas de tendencia. El Gráfico 10 muestra la dispersión para producción individual y tendencia en función de los días en lactancia; el Gráfico 12 para porcentaje de grasa total; el Gráfico 14 para producción de grasa total; el Gráfico 16 para porcentaje de proteínas total, y finalmente el Gráfico 18 muestra la dispersión para producción de proteína total.

Gráfico 9. Curvas de Legendre de grado 1-7 para volumen de producción de leche.

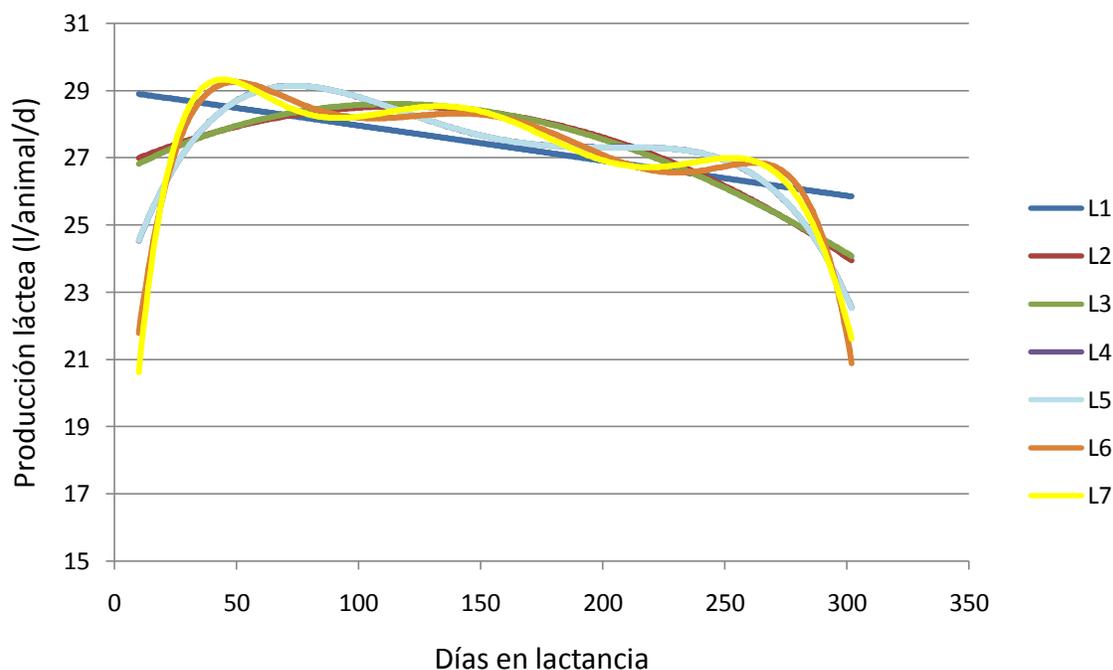
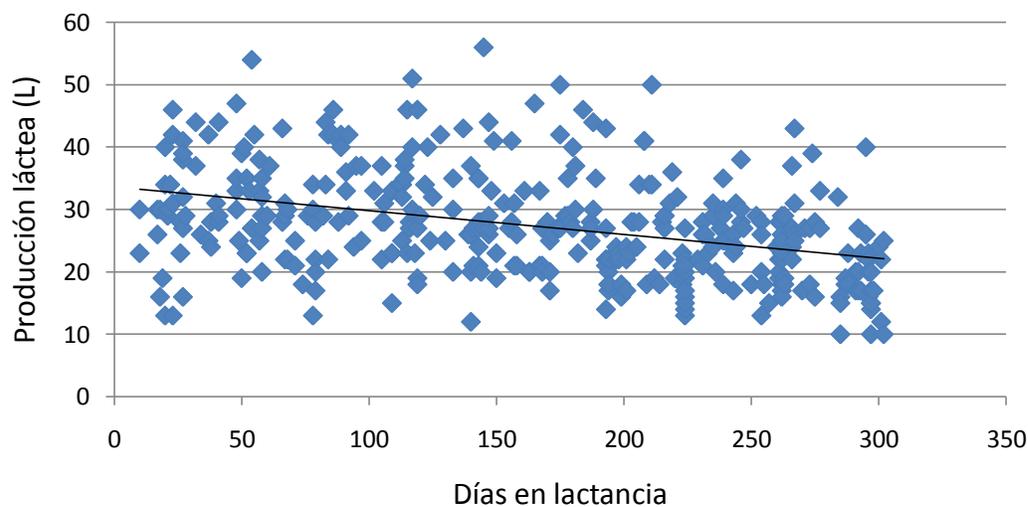


Gráfico 10. Dispersión de puntos para producción individual y tendencia en función de los días en lactancia.



Para producción de leche, con los datos en crudo se observó una tendencia decreciente de la producción a medida que avanza la lactancia hasta los 305 días. La curva obtenida del polinomio de Legendre de grado 1 presenta una forma similar a la línea de tendencia en el gráfico

de dispersión ya que la misma es una recta. Para polinomios de Legendre de mayor grado las curvas presentan, en general, un incremento, seguido por un descenso, con mayor grado de modelación a mayor orden de polinomio.

Gráfico 11. Curvas de Legendre de grado 1-7 para porcentaje de grasa total.

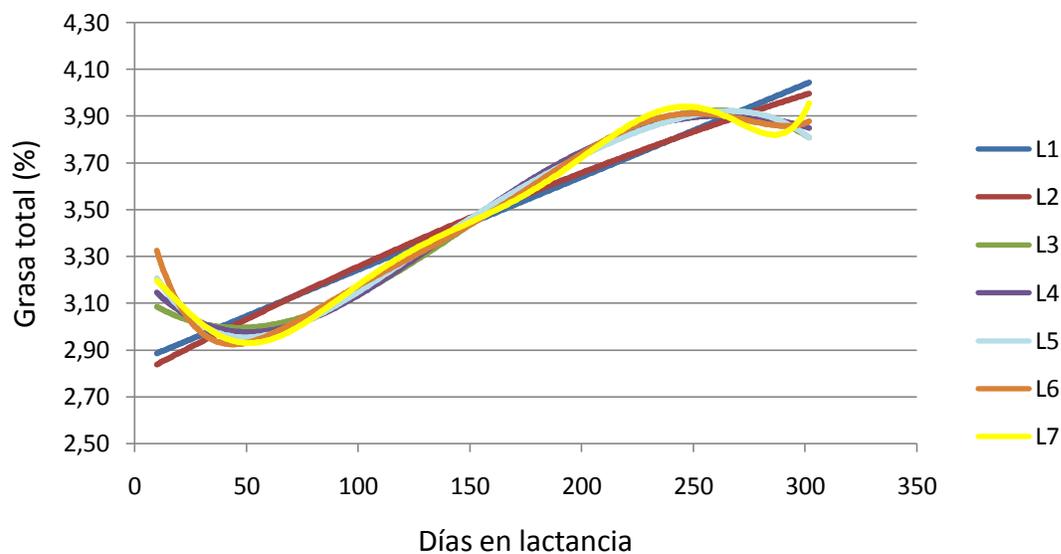
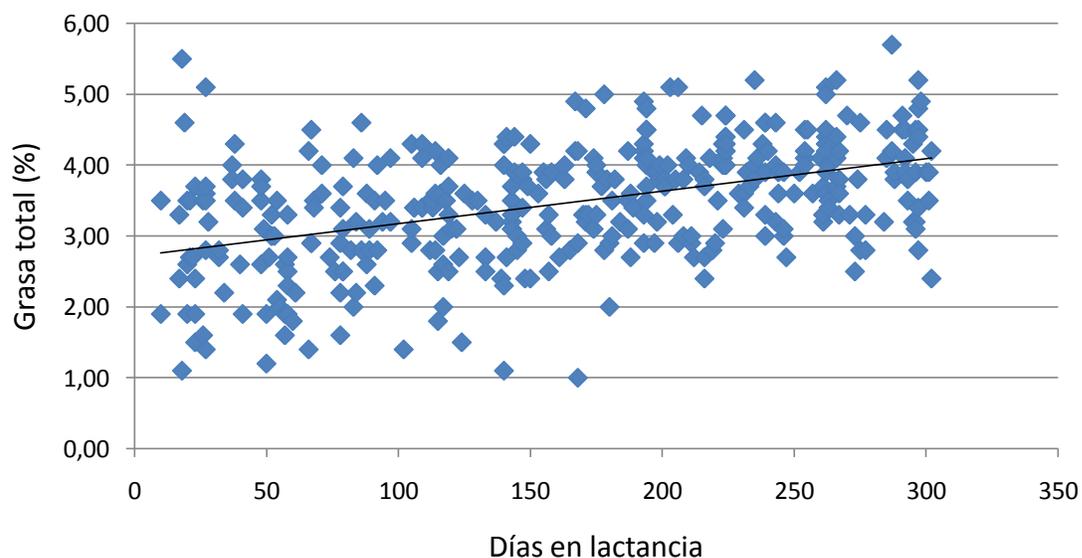


Gráfico 12. Dispersión de puntos para porcentaje de grasa total y tendencia en función de los días en lactancia.



Para porcentaje de grasa total, el gráfico de dispersión de datos en crudo muestra una tendencia creciente, con una forma similar a las curvas que representan polinomios de Legendre de grado 1 y 2. Para polinomios de Legendre de grado superior, en general las curvas presentan primero un descenso seguido de un incremento, variando en su forma según el grado.

Gráfico 13. Curvas de Legendre de grado 1-7 para producción de grasa total.

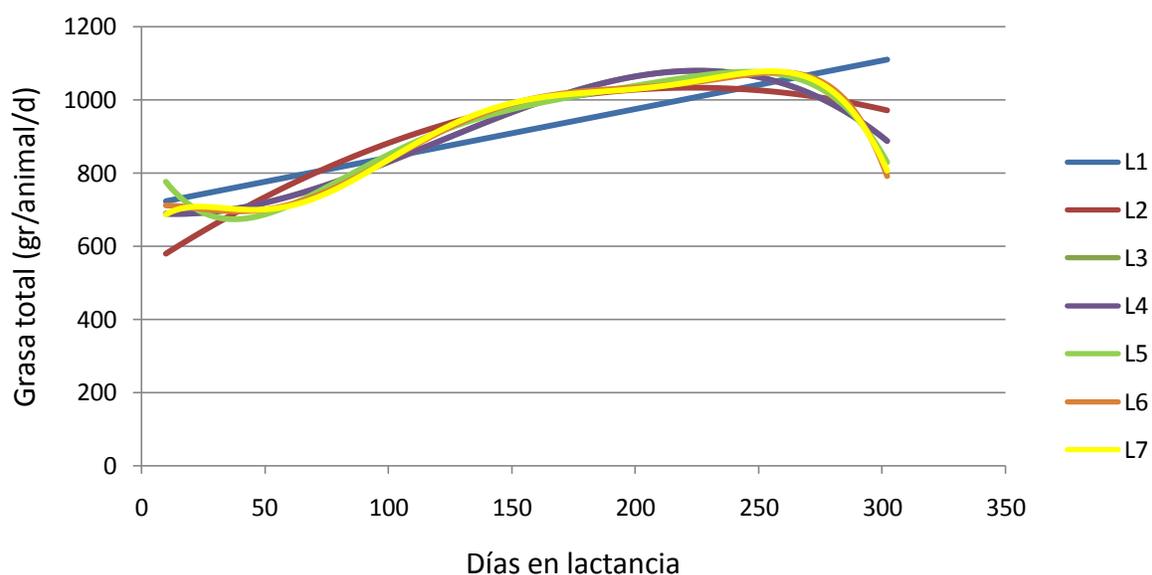
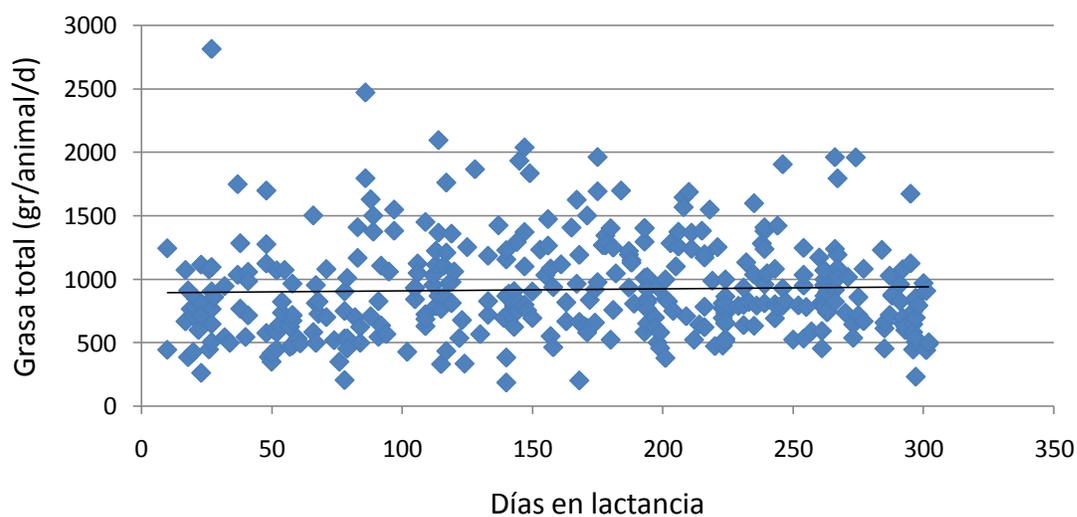


Gráfico 14. Dispersión de puntos para producción de grasa total y tendencia en función de los días en lactancia.



Para producción de grasa total, el gráfico de dispersión de datos en crudo muestra una tendencia creciente lo cual coincide con la curva del polinomio de Legendre de grado 1. Para las demás curvas también se presenta una tendencia creciente, si bien en el último tramo muestran un descenso.

Gráfico 15. Curvas de Legendre de grado 1-7 para porcentaje de proteína total.

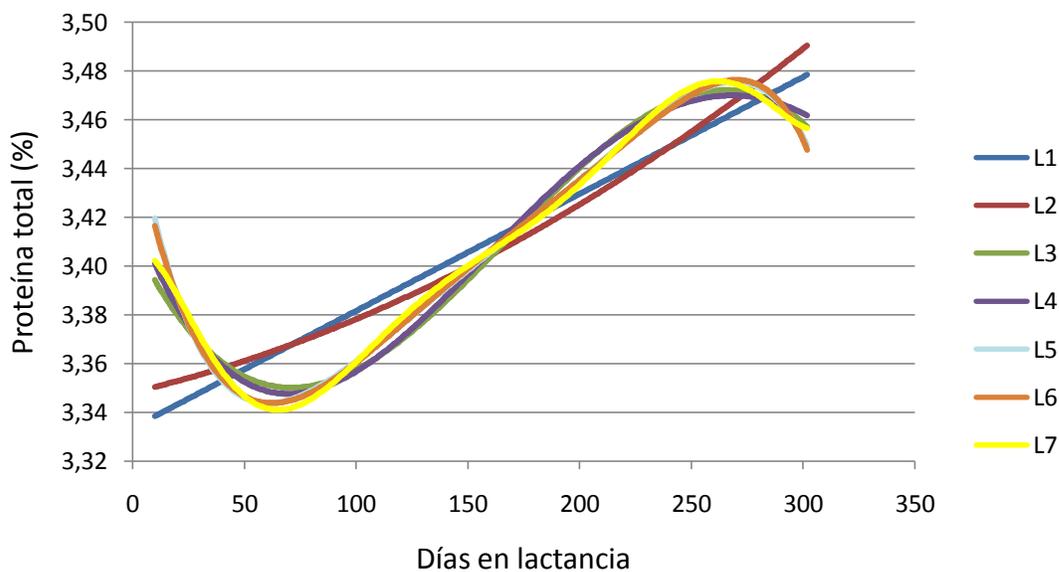
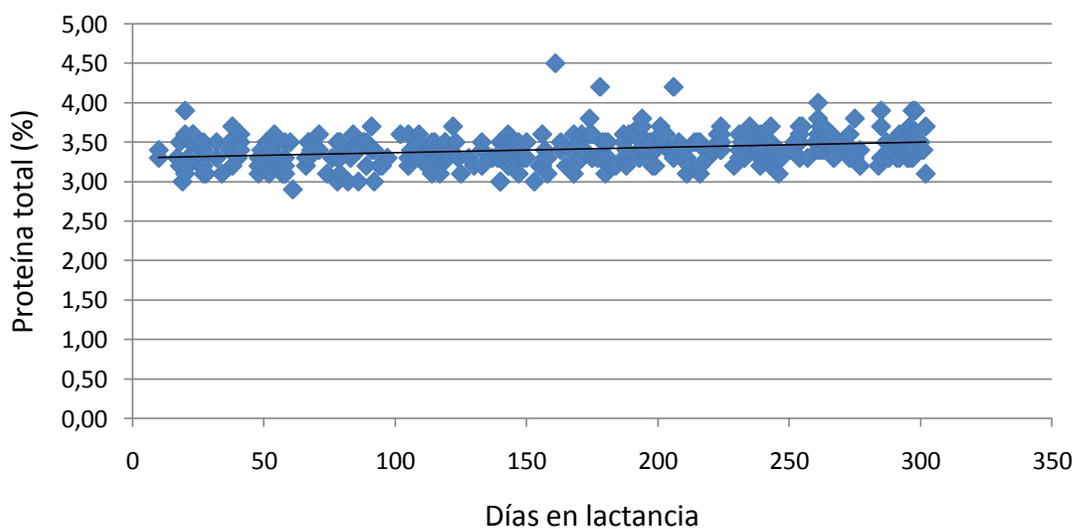


Gráfico 16. Dispersión de puntos para porcentaje de proteína total y tendencia en función de los días en lactancia.



Para porcentaje de proteína total el gráfico de dispersión muestra una tendencia creciente, en coincidencia con las curvas de polinomios de Legendre de grado 1 y 2. Para polinomios de mayor grado las curvas presentan un descenso, seguido por un ascenso y después vuelven a decrecer.

Gráfico 17. Curvas de Legendre de grado 1-7 para producción de proteína total.

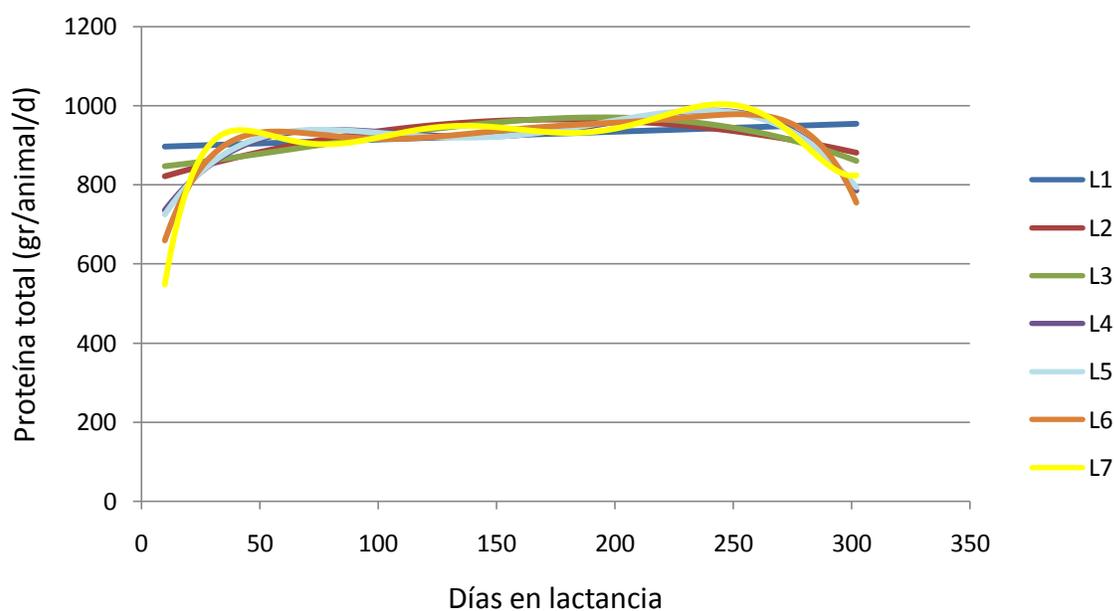
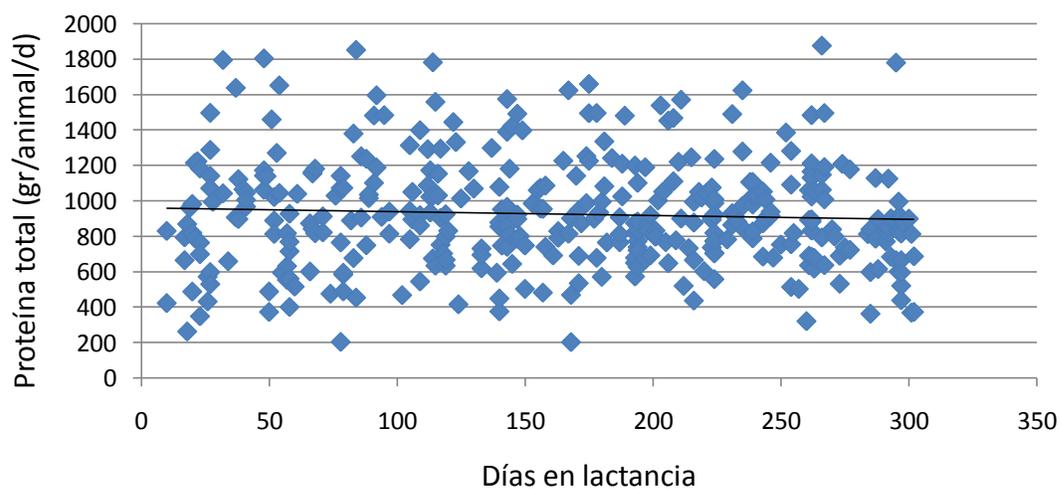


Gráfico 18. Dispersión de puntos para producción de proteína total y tendencia en función de los días en lactancia.



Para producción de proteína total, el gráfico de dispersión muestra una tendencia levemente decreciente, lo cual no coincide con la tendencia creciente de la curva del polinomio de Legendre de grado 1. Las demás curvas presentan en su primera parte un incremento para decrecer en la última parte de las curvas.

Macciotta y col. (2005), estudiaron las diferentes formas de curvas de lactancia obtenidas por distintos modelos empíricos, considerando que hay modelos capaces de describir analíticamente curvas de lactancia que siguen una forma distinta a la curva típica, tal como se da el caso de las obtenidas en el presente trabajo, si bien se seleccionan las curvas con mejor ajuste.

Tabla 1. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1- 7 grados para producción de grasa total, porcentaje de grasa total, producción de proteína total, porcentaje de proteína total y volumen de producción.

LEG	GRASA TOTAL		% GRASA		PROTEÍNA TOTAL		% PROTEÍNA		VOLÚMEN	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
1	-2319,81	-2323,70	-62,23	-66,12	-2260,68	-2264,57	439,98	436,09	-885,56	-889,45
2	-2310,00	-2313,89	-65,08	-68,97	-2255,10	-2258,99	435,73	431,84	-882,79	-886,68
3	-2304,21	-2308,10	-64,53	-68,41	-2251,87	-2255,75	433,18	429,30	-883,58	-887,46
4	-2301,02	-2304,90	-67,45	-71,34	-2246,52	-2250,41	428,74	424,86	-882,26	-886,14
5	-2297,02	-2300,91	-70,39	-74,27	-2243,45	-2247,33	424,45	420,57	-883,04	-886,92
6	-2293,47	-2297,35	-73,14	-77,02	-2239,95	-2243,82	420,05	416,17	-882,25	-886,12
7	-2290,21	-2294,08	-75,91	-79,78	-2235,89	-2239,77	415,68	411,80	-882,78	-886,66

En la tabla 1 se presentan los valores de AIC y BIC para cada polinomio de Legendre de grado 1 a 7 para producción de grasa total, porcentaje de grasa total, producción de proteína total, porcentaje de proteína total y volumen de producción.

Como indican ambos criterios de selección de modelos, se optó, para cada parámetro, por el polinomio de Legendre que mostró el mínimo valor para AIC y para BIC.

Para volumen de producción de leche, producción de grasa total y producción de proteína total, el polinomio de grado 1 fue el que mejor se ajustó al modelo.

Gráfico 19. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para volumen de producción de leche.

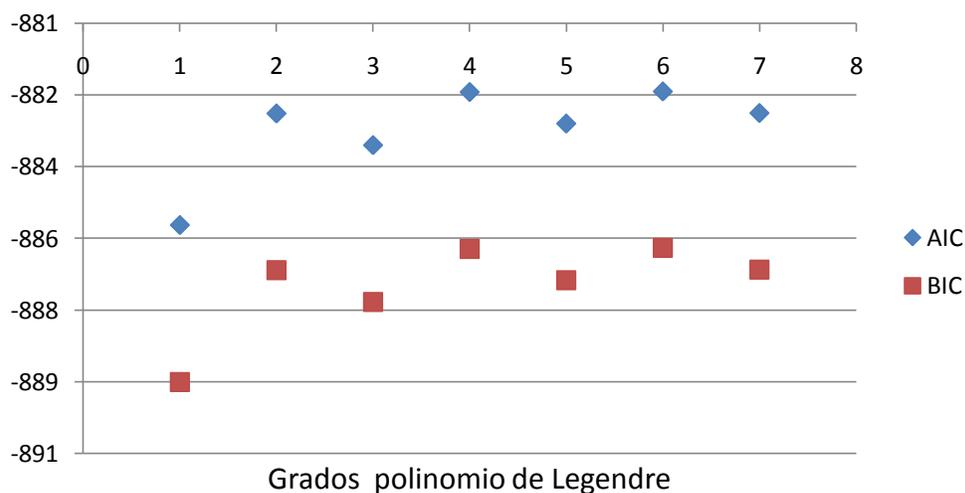


Gráfico 20. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para producción de grasa total.

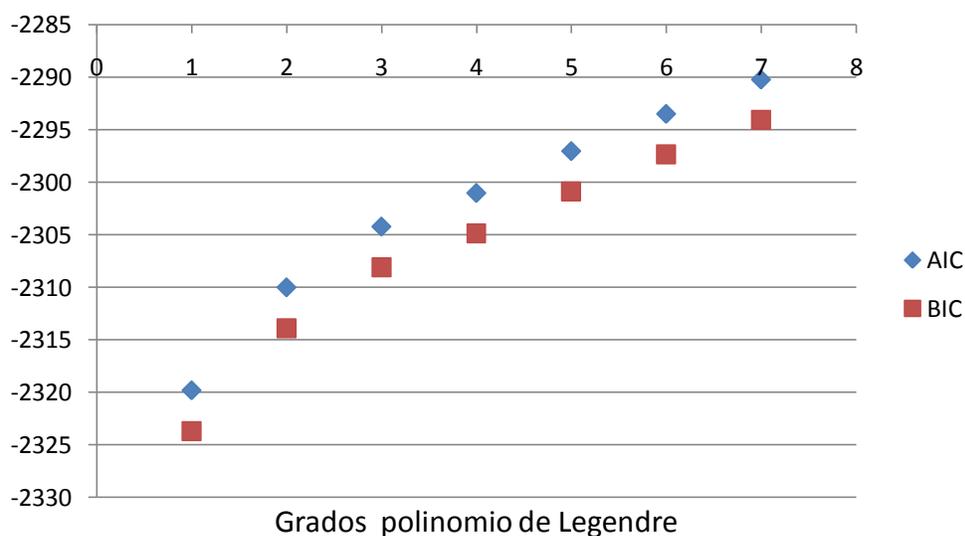
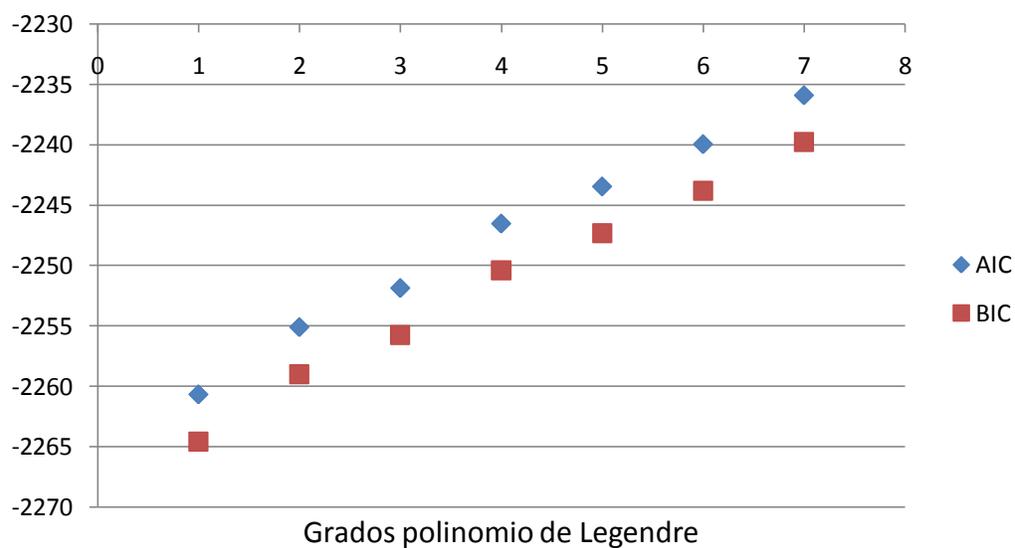


Gráfico 21. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para producción de proteína total.



Para porcentaje de grasa total y porcentaje de proteína el polinomio de grado 7 fue el que mejor se ajustó.

Gráfico 22. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para porcentaje de grasa total.

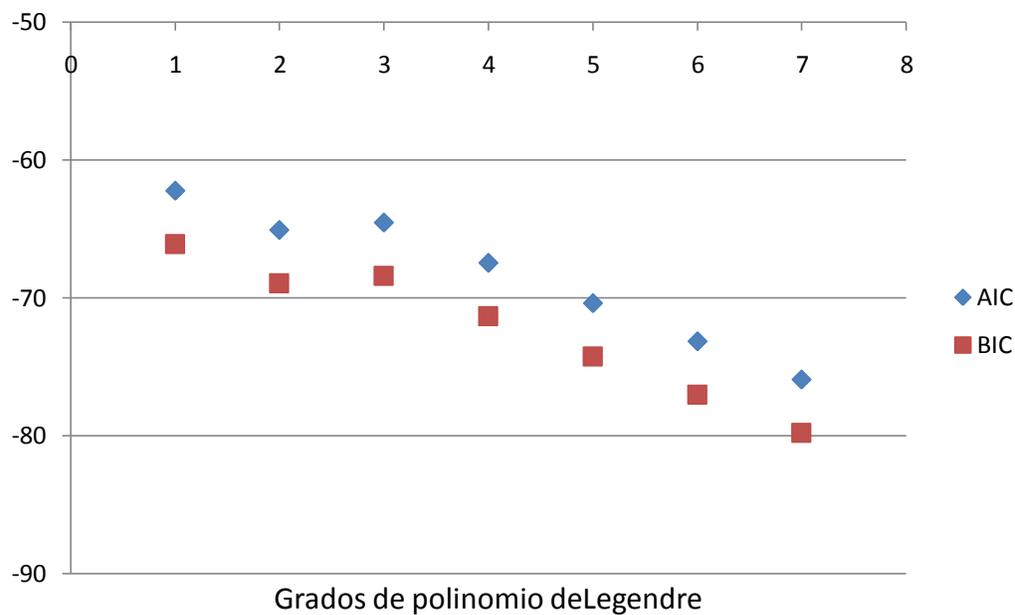
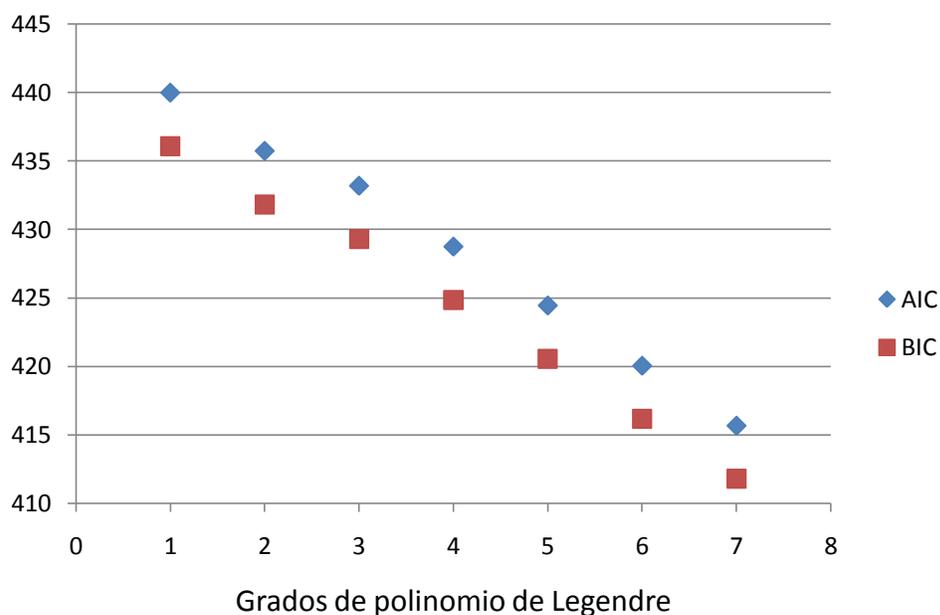


Gráfico 23. AIC y BIC para polinomios de Legendre de 1-7 grados para porcentaje de proteína total.



Tomando las producciones del grupo de animales con partos en la época primavera-estival 2010 como referencia, se observó que el grupo otoño-invernal 2010 disminuyó su producción en 2,56 l/animal/d. El grupo primavera-estival 2011 registró un aumento de 5,90 l/animal/d. Finalmente, el grupo otoño-invernal 2011 presentó un aumento de 8,59 l/animal/d (Tabla 3).

El grupo vacas mostró un aumento de 2,72 l/animal/d con respecto a vaquillonas. Para los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días la producción aumentó en 3,78 l/animal/d con respecto a los animales que no tuvieron fase de secado. Para los animales de los que no se tuvo información al respecto, se encontró un valor de 4,85 l/animal/d superior a las que no fueron secadas (Tabla 2).

Tabla 2. Estimación del efecto de año y estación de parto, edad y secado en el volumen de producción de leche en l/animal/día debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios de la producción de leche (media) en cada grupo.

Efecto	Grupo	Estimación (l/ animal/ día)	EE	N° controles	Media
AEP	20101	0,00	0,00	78	25,09
	20102	-2,56	1,78	101	21,89
	20111	5,90	4,41	107	29,15
	20112	8,59	4,35	84	33,83
EDAD	1	0,00	0,00	84	22,55
	2	2,72	1,48	286	28,79
	s/secar	0,00	0,00	32	26,34
SECADO	>6 = 40 días	3,78	2,44	168	31,80
	s/información	4,85	5,04	170	23,20

Considerando el porcentaje de grasa total y tomando nuevamente como referencia el grupo primavera- estival de 2010, los animales con partos en la época otoño- invernal 2010, disminuyeron en 0,26%. El grupo con partos en la época primavera- estival 2011 disminuyó en 0,19% y el grupo con partos en la época otoño- invernal 2011 aumentó en 0,06%. Para vacas existió una disminución de 0,11% con respecto a vaquillonas. Los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días el porcentaje de grasa total disminuyó en 0,33 % con respecto a los animales que no tuvieron fase de secado. Para los animales de los que no se tuvo información al respecto, se encontró un valor de 0,08 % superior a las que no fueron secadas (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación del efecto del año y estación de parto(AEP), edad y secado en el porcentaje de grasa total debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios (media) del porcentaje de grasa total en cada grupo.

Efecto	Grupo	Estimación (%)	EE	Cantidad controles	Media
AEP	20101	0,00	0,00	78	3,78
	20102	-0,26	0,18	101	3,78
	20111	-0,19	0,44	107	3,21
	20112	0,06	0,43	84	3,13
EDAD	1	0,00	0,00	84	3,69
	2	-0,11	0,15	286	3,40
	s/secar	0,00	0,00	32	3,47
SECADO	>ó = 40 días	-0,33	0,24	168	3,12
	s/información	0,08	0,50	170	3,80

Con relación al grupo con partos en la época primavera- estival de 2010, el grupo otoño-invernal de 2010 la producción de grasa total disminuyó en 192,28 gr/animal/d, para el grupo con partos en la época primavera- estival de 2011 aumentó en 261,91 gr/animal/d y para el grupo otoño- invernal de 2011 aumentó en 529,66 gr/animal/d. Para vacas existió un aumento en la producción de grasa total de 108,66 gr/animal/d con respecto a vaquillonas. Para los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días la producción de grasa total aumentó en 259,60 gr/animal/d con respecto a los animales que no tuvieron fase de secado. Para los animales de los que no se tuvo información al respecto, se encontró un valor de 272,09 gr/animal/d superior a las que no fueron secadas (Tabla 4).

Tabla 4. Estimación del efecto del año y estación de parto, edad y secado en la producción de grasa total debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad de controles y valores medios (media) de la producción de grasa total en cada grupo.

Efecto	Grupo	Estimación (gr/animal/d)	EE	Cantidad controles	Media
AEP	20101	0,00	0,00	78	903,41
	20102	-192,28	70,64	101	790,56
	20111	261,91	162,41	107	888,43
	20112	529,66	161,46	84	1117,3
EDAD	1	0,00	0,00	84	774,43
	2	108,66	58,85	286	958,66
	s/secar	0,00	0,00	32	878,59
SECADO	>ó = 40 días	259,60	91,87	168	993,58
	s/información	272,09	186,76	170	848,19

Analizando el porcentaje de proteínas totales en leche y tomando nuevamente como referencia al grupo con partos en la época primavera- estival de 2010, el grupo otoño- invernal 2010 aumentó en 0,01%. En cambio, los grupos con partos en 2011 disminuyeron el porcentaje de proteínas totales (primavera- estival 2011 en 0,12% y otoño- invernal 2011 en 0,07%). Comparando los valores por edad, se observó un aumento en el porcentaje de proteína total de 0,02% en vacas con respecto a vaquillonas. Para los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días el porcentaje de proteína total disminuyó en 0,12 % con respecto a los animales que no tuvieron fase de secado. Para los animales de los que no se tuvo información al respecto, se encontró un valor de 0,14 % menor a las que no fueron secadas (Tabla 5).

Tabla 5. Estimación del efecto año y estación de parto(AEP), edad y secado en el porcentaje de proteínas totales debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad total de controles y valores medios (media) del porcentaje de proteínas totales en cada grupo.

Efecto	Grupo	Estimación (%)	EE	Cantidad controles	Media
AEP	20101	0,00	0,00	78	3,46
	20102	0,01	0,05	101	3,46
	20111	-0,12	0,13	107	3,36
	20112	-0,07	0,13	84	3,37
EDAD	1	0,00	0,00	84	3,43
	2	0,02	0,04	286	3,40
	s/secar	0,00	0,00	32	3,44
SECADO	>ó = 40 días	-0,12	0,07	168	3,35
	s/información	-0,14	0,15	170	3,45

Con respecto a la producción de proteínas totales, el grupo otoño- invernal de 2010 disminuyó en 147,30 gr/animal/d, comparando con animales con parto en primavera-verano 2010. Esta variable respuesta en los grupos 2011aumentó con respecto al grupo referencia (primavera- estival de 2011 en 93,83 gr/animal/d y 92,88 gr/animal/d para el grupo con partos en la época otoño- invernal 2011). En vacas se observó un aumento en la producción de proteína total de 56,48 gr/animal/d con respecto a vaquillonas. Para los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días la producción de proteína total aumentó en 147,51 gr/animal/d con respecto a los animales que no tuvieron fase de secado. Por último, en el grupo de animales de los

que no se tuvo información al respecto, se encontró un valor de 109,27 gr/animal/d superior a las que no fueron secadas (Tabla 6).

Tabla 6. Estimación del efecto del año y estación de parto (AEP), edad y secado en la producción de proteínas totales debida a efectos fijos, EE (error estándar), cantidad total de controles y valores medios (media) de la producción de proteínas totales en cada grupo.

Efecto	Grupo	Estimación (gr/animal/d)	EE	Cantidad controles	Media
AEP	20101	0,00	0,00	78	968,55
	20102	-147,30	62,90	101	825,01
	20111	93,83	146,62	107	956,18
	20112	92,88	145,52	84	967,81
EDAD	1	0,00	0,00	84	856,83
	2	56,48	52,38	286	945,83
	s/secar	0,00	0,00	32	926,25
SECADO	>6 = 40 días	147,51	82,55	168	963,82
	s/información	109,27	168,39	170	887,75

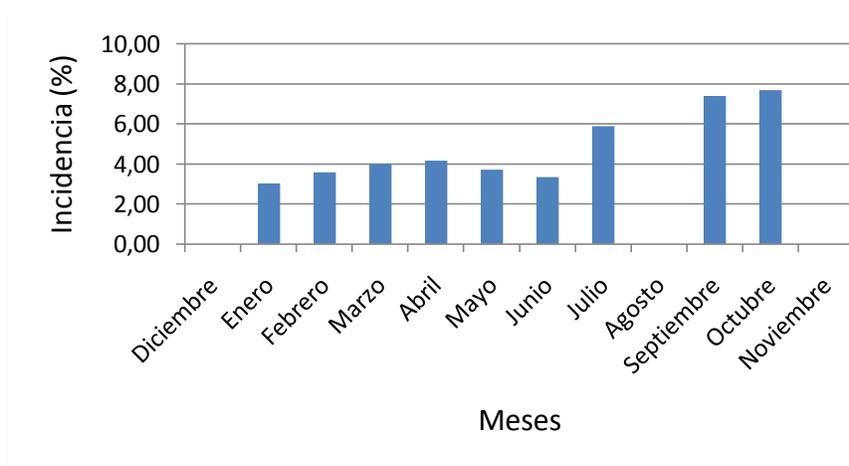
Concluyendo, en el grupo de vacas se observó mayor producción de leche en términos de volumen y mayor producción de grasa, si bien el porcentaje fue menor dado que el volumen se vio incrementado en mayor medida que la producción de grasa; mayor producción de proteína y un porcentaje de la misma levemente mayor; con respecto a vaquillonas. En coincidencia, Rivas y col. (2008) encontraron mayor producción y concentración de grasa en vacas Holstein de 3 o más lactancias. Por otro lado, Ray y col. (1992) encontraron incrementos en la producción hasta la cuarta o quinta lactancia.

El grupo de animales con período de secado igual o mayor a 40 días presentó mayor producción de leche en términos de volumen; mayor producción de grasa. Si bien el porcentaje de la misma fue menor, dado que el volumen se incrementó en mayor medida que la producción de grasa; mayor producción de proteína y menor porcentaje de la misma, también dado por el mayor incremento en volumen que en la producción de proteína; con respecto al grupo de animales que no atravesaron un período de secado. A partir de estos resultados se observa la importancia de que las vacas en el tambo atravesen un período de involución mamaria de por lo menos 40 días, como figura en la bibliografía donde se recomienda un período de secado de entre 40 y 60 días, lo cual se ve reflejado posteriormente en la producción de leche.

INCIDENCIA DE MASTITIS SUBCLÍNICA

En el período que abarcó el ensayo, se registraron 12 casos de mastitis subclínica en 59 lactancias analizadas, implicando una incidencia de 20,34%. Los casos fueron observados en 6 animales (Gráfico 24).

Gráfico 24. Incidencia mensual de mastitis subclínica.



La incidencia mensual se calculó como el número de casos presentados en cada control. En los controles correspondientes a Diciembre, Agosto y Noviembre no se registraron casos de mastitis subclínica, mientras que para los demás meses la incidencia superó en todos los casos el 3 %, llegando a valores superiores al 7 % (Tabla 7).

Tabla 7. Incidencia mensual de mastitis subclínica.

Mes	Mastitis subclínica (%)
Diciembre	0,00
Enero	3,03
Febrero	3,57
Marzo	4,00
Abril	4,17
Mayo	3,70
Junio	3,33
Julio	5,88
Agosto	0,00
Septiembre	7,41
Octubre	7,69
Noviembre	0,00

En la Tabla 8 se muestran el porcentaje de controles positivo en los animales que mostraron al menos un caso de mastitis subclínica. En la Tabla 10, el porcentaje de mastitis subclínica por efecto estudiado.

Tabla 8. Animales con controles positivos de mastitis subclínica (MTC).

RP	Controles positivos	Controles positivos (%)	Total de controles
70	3	30,00	10
81	3	50,00	6
150	2	22,22	9
154	2	28,57	7
202	1	16,67	6
231	1	20,00	5

Tabla 9. Incidencia de mastitis subclínica por efecto.

Efecto	Grupo	Cantidad casos	Incidencia (%)
AEP	20101	0	0,00
	20102	4	17,39
	20111	5	41,67
	20112	3	20,00
EDAD	1	1	2,22
	2	11	73,33
SECADO	s/secar	0	0,00
	> ó = 40 días	8	33,33
	s/información	4	12,50

No se observaron animales con mastitis subclínica en el grupo de animales con partos primavera- estivales en el año 2010. En el grupo otoño- invernales 2010, la incidencia de mastitis subclínica fue de 17,39% (4 casos), para el grupo con partos primavera- estivales 2011 fue de 41,67% (5 casos) y finalmente para el grupo con partos otoño- invernales 2011 fue de 20,00% (3 casos).

Considerando los grupos por edad, en vaquillonas la incidencia fue de 2,22% (1 caso), mientras que para vacas fue de 73,33% (11 casos).

Para el grupo de animales que no atravesaron un período de secado la incidencia fue de 0,00%, para el grupo de animales con período de secado mayor o igual a 40 días la incidencia fue

de 33,33% (8 casos), y por último para el grupo sin información fue de 12,50% (4 casos) (Tabla 9).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo tienen una aplicación práctica directa con decisiones de manejo del tambo, y además permiten determinar el modelo matemático que mejor ajusta en nuestra región y condiciones de trabajo como primer paso para futuras investigaciones sobre la producción lechera en la zona semiárida. Tomando los criterios de selección de información bayesiano y de Akaike, el polinomio de Legendre de grado 1 fue el que mejor ajustó el modelo para producción de leche y concentraciones de proteína y grasa, lo cual se puede asociar con la baja cantidad de datos; mientras que para los porcentajes de proteína y grasa el que mejor ajustó fue el de grado 7.

La categoría “vacas” presentó mayor producción de leche, mayor producción de grasa y proteína en términos absolutos, pero menor en términos relativos, comparado con la categoría “vaquillonas”.

La variación observada entre los grupos por año y estación de parto capturaron la variación de factores no considerados en el modelo como por ejemplo el manejo, la alimentación, factores climáticos, entre otros.

Los animales con un período de secado igual o mayor a 40 días previos a la lactancia presentaron mayor producción, mayor producción de grasa y proteína en términos absolutos, pero menor en términos relativos. Estos resultados resaltan la importancia de un secado de entre 40 y 60 días para obtener mayores producciones posteriormente.

Teniendo en cuenta las diferencias en producción, proteína y grasa, del grupo del que no se contó con información previa al inicio de toma de datos para el efecto secado, con respecto a los otros dos grupos, se observa la importancia de llevar correctamente todos los registros pertinentes a la actividad del tambo.

Se registró una incidencia de mastitis a través de la lactancia de 20,34%, mientras que la incidencia mensual osciló entre un 3% y un 8%, presentándose controles sin incidencia de mastitis. Por último, observamos mayor incidencia de mastitis en animales con partos en el año 2011.

Como síntesis general, en primer lugar, se considera que la cantidad de datos es estadísticamente insuficiente por el estrecho período de tiempo utilizado, el bajo número de animales analizados, y la inexistencia de información previa al inicio del trabajo, siendo esta la principal limitación a la hora de obtener conclusiones y poder lograr un buen ajuste al modelo para determinar curvas de lactancia.

En segundo lugar, se obtuvieron conclusiones que están en concordancia con trabajos realizados previamente por otros autores sobre el tema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos particularmente al Médico Veterinario (PhD) Daniel O. Maizon por su predisposición incondicional y colaboración con el análisis estadístico del presente trabajo, así como también a Diego Hirtz, encargado del tambo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam en el periodo que duró la toma de muestras.

Finalmente un agradecimiento especial a nuestras familias y amigos, quienes nos acompañaron durante la carrera y este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Akers, M.R. (2002). Lactation and the mammary gland. Ed. Iowa State Press, pp. 165-198.

Andersen, F., Østerås, O., Reksen, O., Gröhn, Y.T. (2011) Mastitis and the shape of the lactation curve in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Res.* N° 78, pp. 23–31.

Bray, D., Broadus, B. (2006) How to Reduce Mastitis and Somatic Cell Counts in Your Dairy Herd. *Proceedings 3rd Florida & Georgia Dairy Road Show*, pp. 51-58.

Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: Practical Information-Theoretic Approach* 2nd ed. Ed. Springer 2nd ed. 488 pp.

Macciotta, N.P.P., Vicario, D., Cappio-Borlino, A. (2005). Detection of Different Shapes of Lactation Curve for Milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *J. Dairy Sci.* Vol. 88, pp. 1178–1191.

Meyer, K. (2007). WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). *J Zhejiang Univ. Sci. B.* 8:815–821.

Pérez, L., Anrique, R., González, H. (2007). Factores no genéticos que afectan la producción y composición de la leche en un rebaño de pariciones biestacionales en la décima región de los lagos, Chile. *Agricultura Técnica.* Vol. 67, N° 1, pp 39-48.

Pool, M. H. (2000). Breeding value estimation based on individual test-day records. Ph.D. thesis, department of Genetics and Reproduction, Institute for Animal Science and Health (ID-Lelystad BV), The Netherlands. 125pp.

Ray, D.E., Halbach, T.J., Armstrong, D.V. (1992). Season and Lactation Number Effects on Milk Production and Reproduction of Dairy Cattle In Arizona. *J. Dairy Sci.* Vol. 75. N°. 11, pp. 2976- 2983.

Rivas, J., Días T., Hahn, M., Bastidas P. (2008). Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zootecnia Trop.* Vol. 26, pp. 421-428.

Salih, A.M., Anderson, M. (1979). Observations on the influence of high cell count on lipolysis in bovine milk. *J. Dairy Res.* N° 46(3) pp. 453-62.

Silvestre, A.M., Petim- Batista, F., Colaco, J. (2006). The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test- day records from varying sample schemes. *J. Dairy Sci.* Vol. 89, pp. 1813-1821.

Viglizzo y Wilberger. (1977). Análisis de sistemas de producción lechera en la región semiárida pampeana. Efecto de variables ambientales sobre la performance productiva. *Producción Animal.* Vol. 7, pp. 477-483.

APÉNDICE

PRODUCCIÓN DE LECHE INDIVIDUAL

El lactómetro es un medidor individual de flujo de leche, por cada litro de leche que pasa desde el animal hacia el tanque, el lactómetro retiene un mililitro de leche, permitiendo efectuar la lectura en una escala graduada en la superficie del mismo.

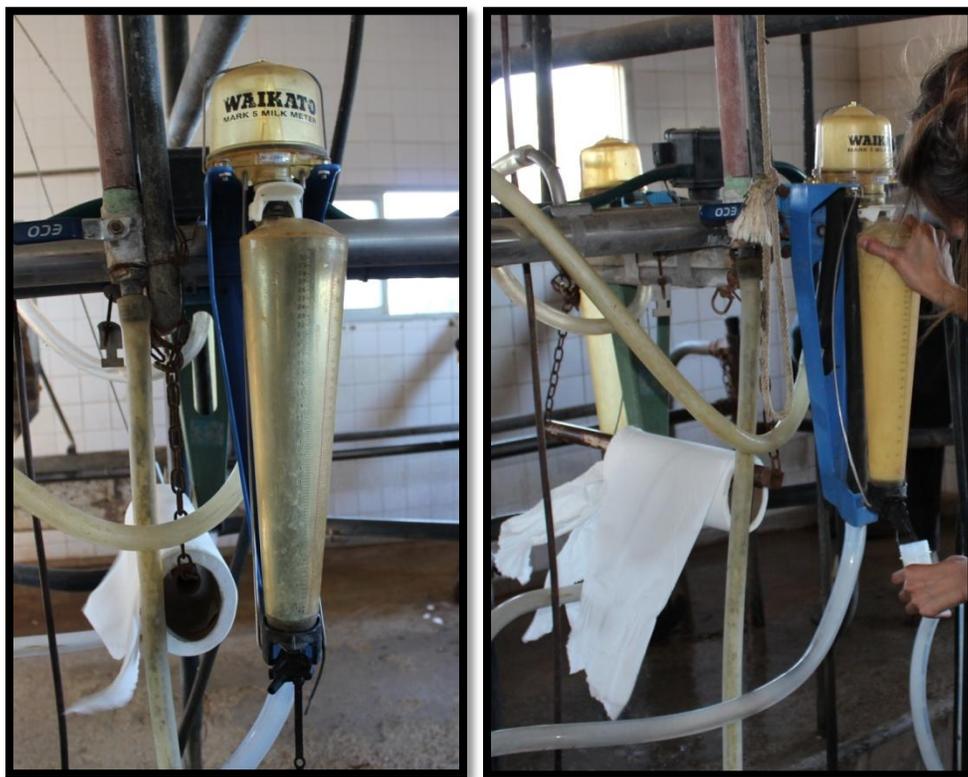


Figura 1. Lactómetro Waikato

IDENTIFICACIÓN DE MASTITIS SUBCLÍNICAS

El Test Mastitis California es un procedimiento en el cual se realiza el agregado de un detergente a la leche, cuyo principio activo es el alquilaurilsulfonato de sodio, que actúa destruyendo las membranas plasmáticas de leucocitos llevando a la liberación de su ADN, que al combinarse con el principio activo cambia sus propiedades transformándose en un gel cada vez más consistente al ser mayor el número de células. Se realiza depositando una pequeña cantidad de leche en un pocillo de la paleta (Figura 2) y vertiendo aproximadamente la misma cantidad de reactivo, posteriormente se realizan movimientos giratorios y se hace la lectura de los resultados. Se considera presencia de mastitis cuando se produce la formación de gel, y ausencia de la misma cuando la mezcla permanece en estado líquido.



Figura 2. Procedimiento Test Mastitis California

COMPOSICIÓN DE LA LECHE

El analizador de leche EKOMILK funciona succionando una pequeña muestra de leche y sometiéndola al paso de una onda de ultrasonido, durando este proceso 90 segundos. Un microprocesador traduce los resultados midiendo los siguientes parámetros: materia grasa, sólidos no grasos, proteína, densidad, punto de congelamiento y agua agregada.



Figura 3. Analizador de leche Ekomilk