



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FCA

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Metodos cuantitativos para la investigación agropecuaria

Estimación de curvas de lactancia en rodeos lecheros afectados por metritis basada en modelos no lineales.

Autores: Hayes Nicolás

Páez Gerardo David

Zorrilla Matías Gabriel

Tutores: Ing. Agr. Mónica Balzarini

Ing. Agr. Mónica Piccardi



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
MARCO TEORICO.....	8
Modelos Matemáticos.....	8
Modelo no lineal.....	8
Modelo de Wood.....	8
Modelo Milkbot (Ehrlich).....	9
Modelos fijos y aleatorios.....	10
Criterios de comparación.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Datos.....	11
Diseño de análisis estadístico.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIÓN.....	14
CONSIDERACIONES FINALES.....	15
BIBLIOGRAFÍA.....	16

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Estimación de parámetros de curvas de lactancia para los modelos Wood fijo y aleatorio, y de Ehrlich aleatorio en vaquillonas con diferentes tratamientos.

Figura 1. Curvas ajustadas del modelo Wood de efectos fijos para los distintos tratamientos.

Figura 2. Curvas ajustadas del modelo Wood de efectos aleatorio para los distintos tratamientos.

Figura 3. Curvas ajustadas del modelo Ehrlich de efectos aleatorio para los distintos tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos dar las gracias a nuestras tutoras la Ing. Agr. Mónica Balzarini y la Ing. Ag. Mónica Piccardi por acompañarnos y ponerse a nuestra disposición para realizar el trabajo y a nuestras familias por apoyarnos en todo momento.

TÍTULO

Estimación de curvas de lactancia en rodeos lecheros afectados por metritis basada en modelos no lineales.

RESUMEN

El conocimiento del comportamiento de las curvas de lactancia es crucial en la toma de decisiones en un tambo tanto a nivel individual como poblacional. La estimación de la curva de lactancia provee parámetros que son fundamentales para el manejo del mismo. Existen modelos matemáticos no lineales que permiten modelar la producción de leche. En este trabajo se proponen dos modelos: Wood con 3 parámetros y Ehrlich con 4, para estimar las curvas de producción en vaquillonas con metritis, observando el impacto negativo de la enfermedad sobre la producción. A su vez se incorporó un efecto aleatorio para cada animal con la finalidad de modelar convenientemente la falta de independencia entre observaciones de controles lecheros realizados sobre una misma vaquillona.

PALABRAS CLAVES

Control lechero, curvas de lactancia, metritis, modelos no lineales.

INTRODUCCIÓN

Los establecimientos dedicados a la actividad ganadera necesitan información de indicadores productivos y reproductivos que impactan directamente o indirectamente sobre la sostenibilidad de la actividad. Tales indicadores, deben monitorearse¹ de manera precisa para reflejar lo que ocurre en la población de referencia y orientar acciones certeras. Nuestra intención es mostrar aplicaciones de la Bioestadística para generar este tipo de indicadores.

¹Indicador social: El monitoreo de estos indicadores es realizado por los empleados del establecimiento; esta tarea es básica para el análisis de los resultados, por ende la importancia que tiene el personal. Indicador 24 (Relación con los empleados), Indicador 29 (Salud y seguridad de los empleados), Indicador 27 (Compromiso con el desarrollo profesional), Indicador 30 (Condiciones de trabajo, calidad de vida y jornada laboral).

En el postparto normal, la involución uterina requiere 25 a 50 días para completarse y comprende una reducción del tamaño uterino, necrosis y contracción de las carúnculas, y reepitelización del endometrio (Studer E, Morrow DA, 1978). La reducción del tamaño comienza inmediatamente después del parto, y durante los primeros 10 días es relativamente lenta comparado con lo que ocurre entre los días 10-14 postparto (Smith BI, Risco CA, 2002). Esta reducción inicial es debida en gran parte a las contracciones uterinas generadas por la oxitocina (Leslie KE, 1983). La endometritis es una enfermedad uterina severa que afecta negativamente la producción de leche y la reproducción y pone a la vaca en riesgo de desarrollar numerosos desórdenes metabólicos que potencialmente comprometen su vida (Overton MW, et al., 2003). La metritis es definida como la inflamación de las paredes musculares del útero y endometrio usualmente debido a la persistencia de una infección moderada o al retraso en la involución uterina (Okker H, Schmitt EJ, 2002).

Durante la involución uterina postpartal (pp) el útero es sitio de una considerable recomposición de tejidos, acompañada de una actividad fagocítica no menos importante. La infección del contenido a cargo de bacterias oportunistas es normal, casi sistemática, pero estas bacterias son eliminadas progresivamente gracias a mecanismos naturales del organismo (De Luca L, 2002). Normalmente las defensas inmunitarias del útero le permiten controlar y eliminar esa flora bacteriana desde la tercera hasta la sexta semana postparto. Cuando los mecanismos inmunitarios fallan, fundamentalmente en el período de transición (20 días preparto y post parto) por inmunosupresión o inmunodepresión, la contaminación bacteriana persiste durante un tiempo mayor.

En la actualidad, la mayoría coincide en que el diagnóstico positivo debe basarse en la presencia de uno o más de los siguientes signos clínicos: 1) descargas uterinas anormales visibles en la vulva, o 2) por examen con vaginoscopio dentro de las 3 a 6 semanas posteriores al parto, 3) ciclos estrales irregulares y 4) fallas para quedar preñada en un período determinado (Sheldon MI, et al., 2006). Las vacas afectadas pueden tener tanto olor que pueden ser detectadas cuando uno entra al lugar donde están. Otros signos clínicos incluyen depresión, menor apetito o anorexia, deshidratación y menor producción de leche (Smith BI, Risco CA, 2002). Todos estos síntomas fácilmente entran dentro de un sistema nuevo de subclasificación bajo el nombre de endometritis clínica y/o subclínica. La endometritis clínica es aquella en la que pueden ser detectados signos visibles de enfermedad, mientras que la endometritis subclínica ha sido definida como la presencia de neutrófilos en el lumen uterino sin descargas. Como todas las vacas postparto tienen algún grado de inflamación uterina hasta el día 30 a 35, muchos investigadores ahora toman en cuenta parámetros de eficiencia reproductiva para evaluar protocolos de diagnóstico y tratamientos.

La metritis postparto usualmente es tratada con antibióticos, estos son aplicados directamente dentro del lumen uterino (Pugh DH, et al., 1994). Como indicador directo de la eficiencia productiva² de un tambo, e indirecto de la eficiencia reproductiva, se tienen los parámetros de las curvas de lactancia. Para obtener los datos para ajustar estas curvas se realizan controles lecheros. Estos son mediciones de los litros producidos por animal por día y se repiten a lo largo de cada lactancia. El monitoreo de la producción a partir de indicadores tales como los litros al pico de producción y los días al pico de lactancia, permiten analizar el desempeño productivo de un establecimiento, esto es básico para la administración y gestión del tambo, a su vez nos permite ver el posicionamiento de este a nivel regional³. La curva de lactancia representa la producción de leche a lo largo del ciclo productivo, el cual dura aproximadamente 305 días. El pico de lactancia es definido como el nivel más alto de producción de leche, este se produce en el primer tercio de la lactancia y define los días de lactancia a los cuales se produce ese pico de lactancia. Además del factor genético, estos indicadores productivos son influenciados por factores asociados al manejo nutricional, al ambiente de producción del rodeo⁴ (ej. estrés asociado al manejo y a instalaciones inadecuadas) y/o al status sanitario (ej. metritis) (Bretschneider G. et al., 2015).

OBJETIVOS

- Analizar qué modelo estadístico se ajusta mejor a la producción real de los rodeos en estudio.
- Describir las diferencias existentes entre las curvas de lactancia en los diferentes tratamientos.
- Evaluar el impacto de la aplicación del antibiótico en la producción de leche sobre las curvas de lactancia.

²Visión y estrategia: La curva de lactancia nos permite ver la eficiencia productiva de un tambo, permitiéndonos tener una idea de los litros de leche a vender. Indicador 3 (Modelo de Negocio)

³Gobierno corporativo y Gestión: Indicador 18 (Mapeo de los impactos de la operación y Gestión de riesgos), Indicador 17 (sistema de gestión de proveedores), Indicador 15 (Gestión participativa), Indicador 16 (sistema de Gestión integrado).

⁴Indicador ambiental: El ambiente de producción debe ser adecuado (buenas instalaciones y manejo de efluentes) Indicador 39 (Sistema de Gestión Ambiental), Indicador 42 (Uso Sustentable de Recursos: Agua), Indicador 44 (Uso Sustentable de la Biodiversidad-Restauración Hábitats Naturales), Indicador 45 (Educación y Concientización Ambiental)

MARCO TEORICO

Modelos matemáticos

El análisis de regresión involucra un conjunto de técnicas estadísticas cuyo propósito es la construcción de un modelo para la estimación de la media de una variable dependiente a partir de una variable o varias variables independientes o también llamadas regresoras. Por ejemplo, si el propósito fuera establecer la forma en que el rendimiento del maíz es afectado por la densidad de siembra, el rendimiento correspondería a la variable dependiente y la densidad de siembra a la variable regresora. La variable dependiente se simboliza, usualmente, con la letra “Y” y las variables independientes con la “x” (si hay más de una se enumera x1, x2, ...). Genéricamente diremos que las observaciones de la variable dependiente varían según una función f. que dependen de la/s variable/s. Esta función está caracterizada por un conjunto de parámetros (desconocidos) representados por el vector de parámetros β .

Dependiendo de la forma de la función f. se tiene un modelo de regresión lineal o un modelo de regresión simple (una regresora) o un modelo de regresión múltiple (más de una regresora).

Modelo no lineal

La regresión lineal no siempre da buenos resultados, porque a veces la relación entre “y” y “x” no es lineal, sino que exhibe algún grado de curvatura que no puede modelarse con un polinomio, por ende se utilizan modelos no lineales que darán una mejor respuesta a la problemática planteada.

Modelo Wood

Es el modelo más conocido y utilizado comúnmente para describir las curvas de lactancia. Se describe mediante la siguiente fórmula:

$$Y = ax^b e^{-cx}$$

Donde **Y** es la producción de leche dado el tiempo **x**, **x** el tiempo expresado en días o semanas, **e** es la base del logaritmo natural; **a**, **b** y **c** son los parámetros que caracterizan la forma de la curva de lactancia. El parámetro **a** es la producción de leche inicial justo después del parto, **b** es la pendiente inclinada del parámetro hasta el rendimiento máximo, y **c** es el parámetro de la pendiente en declive. El modelo estima un pico de la producción de leche **Y_{max}** y los días en lactancia al pico **DELpico** mediante las siguientes fórmulas:

$$Y_{max} = a \frac{b^b}{c} \exp^{-b}$$

$$DEL_{pico} = \frac{b}{c}$$

Modelo MilkBot (Ehrlich)

Predice la producción de leche diaria, $Y(t)$ como una función de tiempo (t). Posee 4 parámetros que controlan la forma de la curva: a (escala), b (rampa), c (offset) y d (decaimiento). La constante "e" es el número de Euler (es decir, la raíz de los logaritmos naturales, aproximadamente 2.718).

$$Y(t) = a \left(1 - \frac{e^{-\frac{c-t}{b}}}{2} \right) e^{-dt}$$

Cada uno de los parámetros (a , b , c , d) en la ecuación anterior denomina un aspecto particular de la forma de la curva de lactancia y tiene un nombre descriptivo relacionado a tal efecto. El parámetro "**a**" es el parámetro de **escala**. Es un simple multiplicador, que determina la magnitud global de la producción de leche. Se puede expresar como libras/día, kilómetros/día, o de manera similar. Este es el máximo teórico de la producción de leche al día, que se acerca al pico real de producción como una **rampa** (b), y los valores **offset** (c) se acercan a cero, (es decir, una lactancia que culmina en el día del parto), o como **decaimiento** (d) que se aproxima a cero (persistencia infinita). Este número debe ser positivo.

El parámetro "**b**" es el parámetro de **rampa**, controlando la tasa de aumento de la producción de leche en la lactancia temprana. Los valores de **rampa** (b) son expresados en tiempo, normalmente en días. Valores de **rampa** menor implican más rápida creación de capacidad productiva y una subida más pronunciada en la lactancia temprano. Este número también debe ser positivo.

El parámetro "**c**" es el parámetro **offset**, y tiene influencia relativamente menor en el modelo. Representa el desfase en el tiempo entre el parto y el máximo crecimiento de la tasa de capacidad productiva. Su efecto es leve, salvo en los primeros días de una lactancia. El valor

se expresa en tiempo (días) e indica el momento de la creación máxima de capacidad productiva. Pueden ser valores positivos, negativos, o cero.

El parámetro “**d**” es el parámetro de **decaimiento**, el control de la pérdida de capacidad productiva. Decaimiento se expresa en tiempo inverso (día-1). Asume valores positivos en circunstancias normales, aunque se puede argumentar que puede haber situaciones en las que **decaimiento** negativo podría ser biológicamente factible.

Con la manipulación matemática de la ecuación anterior se logra el cálculo de algunos resultados útiles

$$t_{peak} = -b \ln\left(\frac{2db}{bd + 1}\right) + c$$

Mediante el establecimiento de la derivada igual a cero, podemos calcular el día **Tpico** (tiempo al pico) cuando el pico de producción de leche, y luego **ypico = Y (Tpico)** de la producción de leche pico por sustitución en la ecuación 1. La producción acumulada entre dos fechas t1 y t2 puede ser calculada mediante la integración de Y (t), sustituyendo los valores para t1 y t2 en la integral, y la búsqueda de la diferencia. **M305** es la producción de leche acumulada entre parto y día 305 de la lactancia, calculado de esta manera.

$$M_{305} = \frac{a}{d} e^{-305d} + \frac{a}{2} \frac{b}{db + 1} e^{\frac{c - 305}{b}} e^{-305d} + \frac{a}{d} - \frac{a}{2} \frac{b}{db + 1} e^{\frac{c}{b}}$$

Por último se puede calcular los litros al pico mediante la siguiente fórmula:

$$Y_{max} = a \left(1 - \exp\left(\frac{c - \left(c - b \log\left(\frac{2bd}{1+bd}\right)\right)}{b}\right) \exp\left(-d \left(c - b \log\left(\frac{2bd}{1+bd}\right)\right)\right) \right)$$

Modelos Fijos y Aleatorios

Un modelo de efecto fijo es un modelo estadístico que representa los valores observados en variables consideradas como no aleatorias, el efecto específico individual está correlacionado con las variables independientes. Estos modelos sirven para controlar la heterogeneidad inobservable (error que se produce al no poner alguna o algunas variables en el estudio dado su carácter de inobservabilidad) pero que están correlacionadas con las variables observables: en particular cuando ésta es constante en el tiempo y está correlacionada con las variables independientes.

Los modelos de efectos aleatorios o mixtos se caracterizan en que todos o algunas de las variables derivan de causas aleatorio a uno de los parámetros de los modelos es para modelar convenientemente la falta de independencia entre observaciones.

Criterios de comparación

Los índices **AIC** y **BIC** (Criterios de información de Akaike y criterios de información bayesiano, respectivamente) son los dos criterios de uso frecuente para la selección de modelos. El AIC fue propuesto por Akaike (1974) como un estimador insesgado asintótico de la información de Kullback-Leibler esperada, entre un modelo candidato ajustado y el verdadero modelo. El BIC fue derivado por Schwarz en 1978 como una aproximación a una transformación de la probabilidad posterior de un modelo candidato (Abelardo ML, 2011).

$$AIC = -2 * \log lik + 2k$$
$$BIC = -2 * \log lik + \log(N) * k$$

Donde $\log lik$: Logaritmo de máxima verosimilitud k : Número de parámetros y N : Número total de datos. Tanto para AIC como para BIC los valores menores indican cual es el mejor modelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Se trabajó con una base de datos conformada por 6340 registros y 6 variables. Los datos se obtuvieron mediante un control lechero realizado mensualmente a un total de 627 vacas y vaquillonas. Los tambos involucrados son 9, de la zona del Fortín, Provincia de Córdoba, Argentina. Se revisó el flujo vaginal de todas las vacas entre los días 3 a 14 posparto y se las clasificó en tres tipos: 1) flujo normal (Control); 2) descarga vaginal purulenta sin olor (FPSO) y 3) descarga vaginal purulenta con olor (FPCO). Las vacas del primer y segundo grupo no fueron tratadas y las del tercer grupo (FPCO) fueron subdivididas en dos sub-grupos al azar. Uno de ellos, recibió 1 un antibiótico (FPCO T) y el otro sub-grupo no se los trató (FPCO NO T). Además, se midió los litros por vaca y los días en lactancia en los cuales se realizó el control lechero.

Diseño de análisis estadístico

En primera instancia se utilizó el programa estadístico **SAS UniversityEdition** el cual nos permitió calcular los parámetros que se obtienen al utilizar las fórmulas de los modelos no lineales de Wood y Ehrlich. Luego de ajustar estos modelos se recaudó información sobre los valores predichos de producción que sirvieron para la graficación de las curvas de lactancia ajustadas a través del programa **Infostat** y para calcular litros al pico y días al pico de la curva de lactancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1. Se puede observar las estimaciones de los parámetros obtenidos para los ajustes de curvas de lactancia realizado con los modelos de Wood (Wood, 1967) con y sin efecto aleatorio y el modelo Milkbot (Ehrlich, 2011) con efecto aleatorio a partir de los cuatro tratamientos (control, flujo purulento con olor no tratado, flujo purulento con olor tratado y flujo purulento sin olor) en vaquillonas. También se incluyó litros al pico y días al pico.

Tabla 1. Estimación de parámetros de curvas de lactancia para los modelos Wood fijo y aleatorio, y de Ehrlich aleatorio en vaquillonas con diferentes tratamientos.

Parámetros	CONTROL			FPCO NO T			FPCO T			FPSO		
	Modelos de efectos fijos Wood	Modelos de efectos aleatorios Wood	Modelos de efectos fijos Ehrlich	Modelos de efectos fijos Wood	Modelos de efectos aleatorios Wood	Modelos de efectos aleatorios Ehrlich	Modelos de efectos fijos Wood	Modelos de efectos aleatorios Wood	Modelos de efectos aleatorios Ehrlich	Modelos de efectos fijos Wood	Modelos de efectos aleatorios Wood	Modelos de efectos aleatorios Ehrlich
A	20	21,73	29,3	22	26	27,04	23	16,51	29,35	23	19,23	28,82
B	0,09	0,07	9,94	0,03	-0,013	10,61	0,04	0,14	15,24	0,05	0,10	11,63
C	-0,0023	-0,002	3,25	-0,0010	-0,00062	3,25	-0,0016	-0,0026	3,25	-0,0017	-0,0023	3,25
D			0,0014			0,0011			0,0016			0,0017
Litros al pico	26,33	26,38	27,31	24,11	SD	25,34	25,71	25,79	26,56	25,7	25,47	26,33
Días al pico	46,11	38,59	38,34	34,28	-21,71	42,91	29,9	56,87	49,39	26,22	43,2	40,83
AIC	14315	13987	13875	14315	13987	13875	14315	13987	13875	14315	13987	13875
BIC	14390	14035	13927	14390	14035	13927	14390	14035	13927	14390	14035	13927

Los siguientes gráficos muestran la producción de leche en litros en función de los días de lactancia, comparando el comportamiento de las vaquillonas con distintos tratamientos.

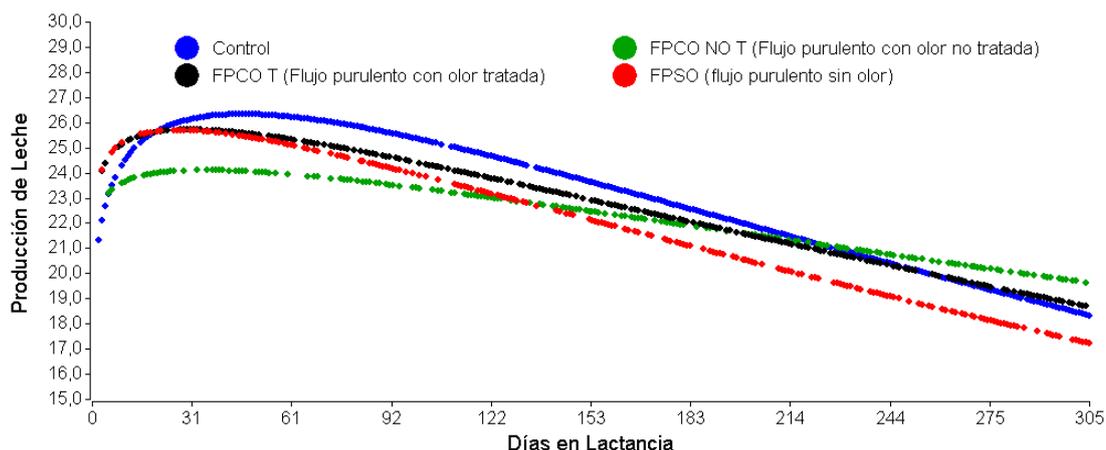


Figura1. Curvas ajustadas del modelo Wood de efectos fijos para los distintos tratamientos.

Como es de esperar las vaquillonas que presentan el mayor pico de producción son las vaquillonas control con 26,33 litros al pico en el día 46, estas son vacas sanas, que muestran valores normales dentro de la curva de producción, mientras que para las vacas enfermas se puede observar distintas situaciones dentro de la curva, las con FPCO T son vacas que tienen menor producción que las de control con 25,71 litros al pico a los 30 días pero se recupera en el último tercio de la lactancia; las con FPCO NO T son vacas que no muestran un pico pronunciado con 24,11 litros al pico en el día 34 pero tienen una leve caída de la producción hacia el último tercio de la lactancia, las con FPSO producen 25,70 litros al pico al día 26, estas son vaquillonas enfermas que tienen una caída abrupta de la producción en el segundo y tercer tercio de la producción .

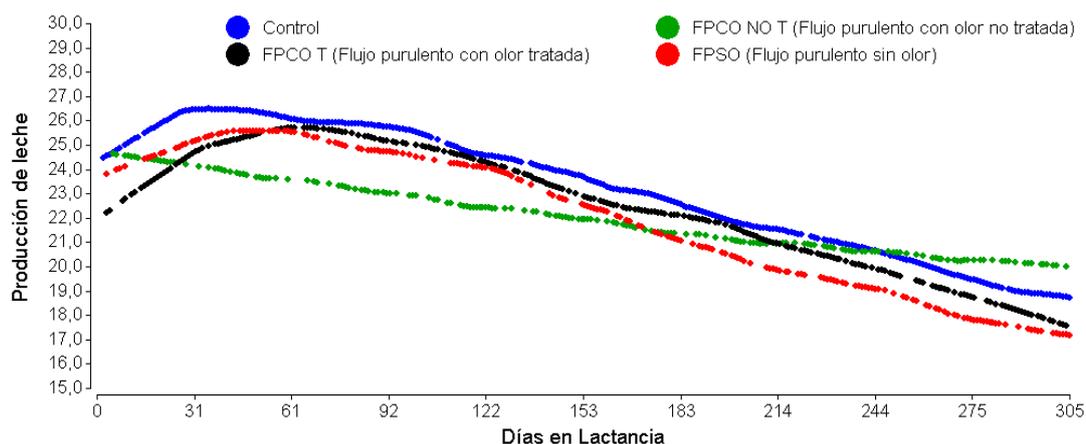


Figura 2. Curvas ajustadas del modelo Wood de efectos aleatorio para los distintos tratamientos.

De la misma manera que el gráfico anterior vemos que las vaquillonas control son las que más producen en el primer tercio de lactancia con 26,38 litros al pico en el día 38, las con

FPCO T registraron una producción de 25,79 litros al pico, 18 días después que las vaquillonas control; las vaquillonas con FPSO produjeron 25,47 litros al pico en el día 43, mostrado un marcado descenso de la producción en el último tercio de la lactancia y las vaquillonas de menor producción, son las de FPCO NO T en el cual no presenta un pico de producción sino más bien un descenso de producción constante.

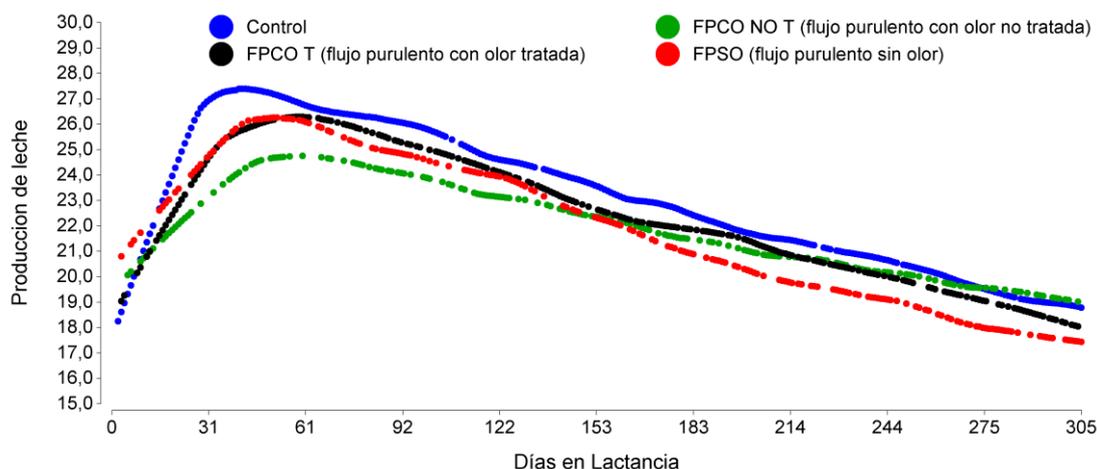


Figura 3. Curvas ajustadas del modelo Ehrlich de efectos aleatorio para los distintos tratamientos.

A diferencia del modelo aleatorio anterior, este gráfico nos presenta un comienzo de lactancia de menor producción en las vaquillonas control, pero siempre con el mayor pico, produciendo 27,31 litros al día 38, las vaquillonas con FPCO T muestran una grafica similar a las de control pero siempre con una menor producción, llegando al día 49 con un pico de 26,56 litros de leche, también se puede observar que las con FPSO llegan al pico 9 días antes que las hembras con FPCO T, con una producción de 26,33 litros y las vaquillonas con FPCO N T tienen el menor pico, produciendo 25,34 litros a los 42 días del parto.

CONCLUSIÓN

La estimación de curvas de lactancia, desde datos del control lechero, permite obtener información fundamental para un buen manejo del tambo, como por ejemplo días al pico de producción, litros al pico y producción total entre otros.

Con las curvas derivadas de los controles lecheros periódicos se podrá ver como varia la producción de leche a lo largo de la lactancia y así, realizar cambios para mejorar la eficiencia del sistema, de esta forma se puede ver si existe una baja en la producción del rodeo, ésta podría ser un problema de alimentación o manejo que sin el control lechero no lo podríamos detectar.

Mediante la aplicación de los criterios de comparación, de bondad de ajuste de modelos estadísticos alternativos para un conjunto de datos, se concluye que el modelo Ehrlich con efecto aleatorio de animal, es el que mejor se ajusta a la curva de lactancia tipo de rodeos estudiados.

Se puede concluir también en la importancia que tiene realizar un tratamiento antibacterial a las vaquillonas con metritis ya sea a las con FPCO o las con FPSO, ya que vemos una marcada caída de la producción de leche en toda la lactancia, con respecto a las vaquillonas control.

CONSIDERACIONES FINALES

Con este trabajo intentamos transmitir información de indicadores productivos que impactan directamente o indirectamente sobre la sostenibilidad de la actividad, cuidando los recursos naturales.

En donde los diferentes actores involucrados e interesados en la misma son: productores lecheros, consumidores, comunidad cercana, municipio, ingenieros agrónomos, veterinarios, proveedores de insumos de la tecnología e industria láctea.

Es de fundamental importancia, alinear los Indicadores Ethos de Responsabilidad Social a la utilización de esta información brindada para que se incorpore en la gestión de la producción lechera, los conceptos y sus compromisos con el desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

Balzarini M, Di Renzo J, Tablada M, Gonzalez L, Bruno C, Córdoba M, Robledo W y Casanoves F. 2012. Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de Infostat en problemas de Agronomía. Ed. Brujas. 402 pp.

Piccardi M. 2014. Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros. 141 pp.

Di Renzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. (2008). Infostat, versión 2008, Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

De Luca LJ. 2002. Uso de una antibioterapia combinada en el tratamiento de la endometritis bovina. Publicado en internet, disponible en www.producción-animal.com.

Palmer C. 2008. Endometritis en vacas lecheras. Publicado en internet, disponible en www.producción-animal.com.

Palmer C. 2007. Metritis postparto en vacas lecheras. Publicado en internet, disponible en www.producción-animal.com.

Uso de Software SAS UNIVERSITY EDITION

Indicadores Ethos. 20011. Indicadores Ethos de Responsabilidad Social Empresarial. 78 pp.