

IMPACTO ECONÓMICO DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS SEGÚN SU NIVEL DE PRODUCCIÓN

Exponemos los resultados del estudio llevado a cabo con el fin de procesar datos de una muestra de control lechero recogida de granjas de Galicia durante cuatro años, para detectar las diferencias económicas existentes entre las curvas de lactación de animales sanos, la población y animales enfermos con test correspondiente a la mastitis clínica-subclínica.

¹Manuel Fernández, ²Ana María Benítez Sánchez ¹Webmaster de www.cowsulting.com

²TPM Consultant, Angestellt Düsseldorf, Alemania

El objetivo de esta investigación fue procesar datos de una muestra de control lechero en Galicia en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2019 y el 12 de febrero del 2023, sobre 307.274 controles, que corresponden a 482 granjas y 40.549 vacas diferentes para detectar las diferencias económicas existentes entre las curvas de lactación con base en los siguientes parámetros:

- Animales sanos (<200 x células somáticas)
- La población (todos los datos)
- Animales enfermos con test correspondiente a mastitis clínica-subclínica (>200 x células somáticas)

Atendiendo como factor de variación al nivel de producción de esa lactación a 305 días según datos de Control Lechero y contemplando los grupos que se observan en la tabla 1 (pág. sig.).

PLANTEAMIENTO MATEMÁTICO

La representación matemática de la producción láctea en el tiempo representa una de las aplicaciones de más éxito en el modelado de datos. En el subcampo matemático del análisis numérico, se denomina ‘interpolación’ a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto de puntos.

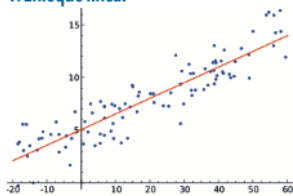
LA REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN EL TIEMPO REPRESENTA UNA DE LAS APLICACIONES DE MÁS ÉXITO EN EL MODELADO DE DATOS

Tabla 1

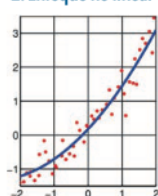
Grupo	Media a 305 días	N.º de controles	%	Granjas	Vacas
<9.000	7.739	68.180	22,19 %	428	9.770
9-10.000	9.512	46.525	15,14 %	407	6.971
10-11.000	10.418	51.390	16,72 %	400	7.360
11-12.000	11.359	48.325	15,73 %	379	6.561
>12.000	13.380	92.854	30,22 %	365	9.887
	Total de controles	307.274		482	40.549

En todo caso, se trata de, a partir de n parejas de puntos (x_k, y_k) , obtener una función f que verifique $f(x_k) = y_k$, $k = 1, \dots, n$, a la que se denomina ‘función interpolante de dichos puntos’. A los puntos x_k se les llama ‘nodos’. Algunas formas de interpolación que se utilizan con frecuencia son la interpolación lineal, la interpolación polinómica (de la cual la anterior es un caso particular) y otras funciones no lineales.

1. Enfoque lineal



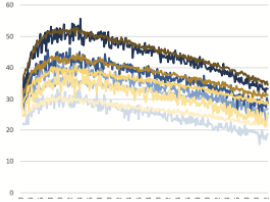
2. Enfoque no lineal



El primer paso en el análisis de datos es su **visualización**. La más sencilla sería para cada grupo graficar su media por días en leche, lo cual nos da idea

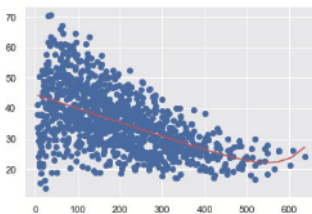
de la variabilidad de los datos por grupos, tal y como se ve en el gráfico de nuestros propios datos, agrupados en grupos de producción y células somáticas.

Datos agrupados en grupos de producción y células somáticas

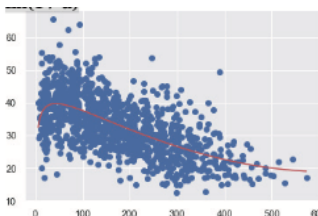


Con todo, nuestro enfoque es mucho más ambicioso, ya que pretendemos una verdadera **modelización de las curvas de lactación** para cada grupo y subgrupo. Para ello, lo que pretendemos es ajustar los datos a las funciones no lineales que más se han usado tradicionalmente en la modelización de curvas de lactación.

Wilmink : $y_n = a + b e^{-kn} + c n$

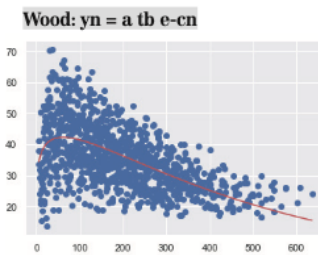


Las describimos y vemos cómo se ajustan al mismo set de datos: **exponenciales de primer orden (lineal), segundo, tercero, cuarto o quinto (no lineal)...** $f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} \dots + a_n$, m

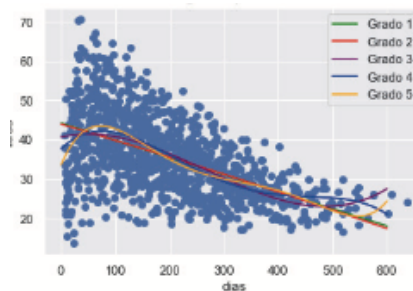


AliySchaeffer: $y_n = a + b_0 u + b_1 u^2 + c_0 v + c_1 v^2; u = n/305, v = \ln(1/u)$

Wilmink : $y_n = a + b e^{-kn} + c n$



Wood: $y_n = a t b e^{-cn}$



Solo nos falta elegir un criterio para saber qué función se ajusta mejor a nuestros datos (expresar de forma matemática lo que vemos a ojo en el ajuste de la curva a los datos de la propia gráfica):

- Suma de cuadrados del error (SCE): es la suma de las al

cuadrado

- Error absoluto medio (MAE): es la medida de las diferencias
- Error cuadrático medio (RMSE): raíz cuadrada de la media de las diferencias
- R-cuadrado (y R-cuadrado ajustado): Escala es intuitiva, va de 0 a 1
- Otros posibles criterios:
- Akaike info crit (AIC)
- Bayesian Info crit (BIC)

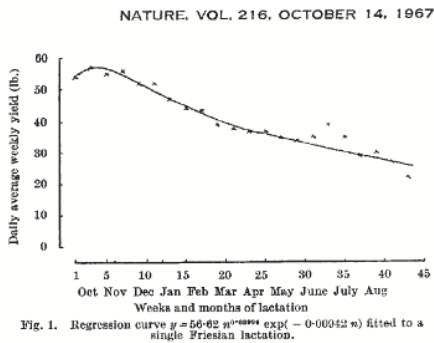
EL PRIMER PASO EN EL ANÁLISIS DE DATOS ES SU VISUALIZACIÓN. LA MÁS SENCILLA SERÍA PARA CADA GRUPO GRAFICAR SU MEDIA POR DÍAS EN LECHE, LO CUAL NOS DA IDEA DE LA VARIABILIDAD DE LOS DATOS POR GRUPOS

Nosotros elegimos como criterios AIC y BIC y, en función de eso, decidimos que la función que mejor se ajusta a nuestro set de datos es la de Wood. Este ha sido el modelo paramétrico de mayor uso desde 1967 (gráfica inf. dcha.; Wood, *Nature*, vol 216, octubre 14, 1967).

La función de Wood describe la curva de lactación en función del tiempo a través de tres parámetros que caracterizan la curva de forma muy práctica:

- Producción al pico de lactación
- Días al pico de lactación
- Persistencia: mide cuánto tiempo la

vaca mantiene el nivel más alto de producción después de alcanzar el pico.



Cómo comparamos estadísticamente las diferencias

Vamos a comparar y graficar las curvas de lactación de los diferentes grupos (células altas y población total según su grupo de producción), pero ¿cuál es el planteamiento matemático que nos puede validar que esas diferencias son significativas?

La función de Wood se expresa matemáticamente a través de tres parámetros:

$$Y_t = a \cdot t^b \cdot e^{-ct}$$

donde:

Y_t = producción de leche el día t ; t = día de lactación;

Y los tres parámetros son:

- a = parámetro para el nivel de producción;
- b = parámetro para el ritmo de aumento;
- c = tasa de descenso después del pico de producción.

Los tres conceptos que se derivan de los tres parámetros estimados (a , b y c) son:

- Producción en el pico de producción = $a(b/c)^b e^{-b}$
- Tiempo para alcanzar el pico de producción = b/c
- Persistencia = $-(b + 1) \log n^{-c}$

GRUPO >12000 litros (>200 x células)

[[Variables]]

a: 26.4729503 +/- 0.41244133 (1.56%) (init = 25.75623)

b: 0.19944193 +/- 0.00407643 (2.04%) (init = 0.09278202)

c: 0.00296027 +/- 2.9921e-05 (1.01%) (init = -0.01267712)

R-squared = 0.544 (explica el 54,4%)

GRUPO >12000 litros (todos los animales)

[[Variables]]

a: 30.1606338 +/- 0.18957089 (0.63%) (init = 25.75623)

b: 0.16401763 +/- 0.00166664 (1.02%) (init = 0.09278202)

c: 0.00253363 +/- 1.2668e-05 (0.50%) (init = -0.01267712)

R-squared = 0.492 (explica el 49,2%)

Lo que hacemos es comprobar estadísticamente que los parámetros de la función de Wood entre los diferentes grupos y subgrupos tienen un P value altamente significativo y nunca se solapan, teniendo en consideración los límites superiores e inferiores y límites del 95 % de intervalo de confianza, lo que quiere decir que las distribuciones son claramente diferentes.

Para entenderlo, pongamos un ejemplo para el grupo de >12.000 litros a 305 días comparando los parámetros calculados para el grupo con más de 200 x células y la población total (imágenes superiores).

Primero quiero hacer notar que el R cuadrado explica sobre el 50 % de la variación, así que el ajuste que hemos hecho es muy razonable (una regresión lineal solo explicaría un 20 % más o menos).

Si seguimos el ejemplo del parámetro “a” en el grupo de >200 x células, el valor es de 26,47, pero



está calculado (para un 95 % de fiabilidad) entre 25,06 y 26,88 (26,47 +- 0,41) y, si hacemos lo mismo para el parámetro “a” del grupo de todos los

animales, su valor es 30,1, pero está calculado (para un 95 % de fiabilidad) entre 29,91 y 30,289 (30,1 +- 0,189), de forma que constatamos que “nunca se solapan” y ese es el criterio matemático que tomamos para decir que las curvas de vacas enfermas y de vacas sanas en el grupo de <12.000 litros a 305 días son diferentes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Aunque al graficarlas ya se ve que son claramente diferentes, fijándonos que la curva de color azul corresponde a “todos los animales”, la de color negro a los “animales sanos” y la de color verde a la de los “animales enfermos”, siendo la negra una mejor gráfica que la de todos los animales (y mucho mejor que la de los enfermos), y esta mejor que la de los animales enfermos (imagen resultados 1).

Para cuantificar cuánto de diferentes son, aprovechamos el seguimiento de la gráfica y, por ejemplo,

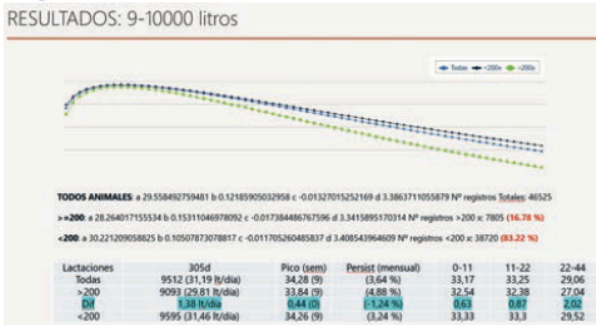
para el grupo de <9.000 litros vemos que las vacas enfermas producen 1,76 l/v/d menos de media haciendo un pico 0,91 litros menor y con una peor persistencia (1,4 % mayor descenso de la curva desde el pico), así como también vemos que las sanas (<200 x) tienen una mejor curva en cuanto a producción, pico y persistencia. Con este planteamiento, hacemos el seguimiento al resto de los grupos planteados (imágenes de resultados 2, 3, 4 y 5; pág. sig.).

Imagen de resultados 1



PARA TODOS LOS GRUPOS ESTUDIADOS EL NIVEL DE PRODUCCIÓN ES MENOR Y LA PERSISTENCIA PEOR PARA LAS VACAS CON >200 X CÉLULAS Y AL CONTRARIO PARA LAS SANAS

Imagen de resultados 2



Vemos en todos ellos una tendencia similar, que se resume en la tabla 2.

También lo visualizamos en las siguientes gráficas para su mejor comprensión.

Imagen de resultados 3

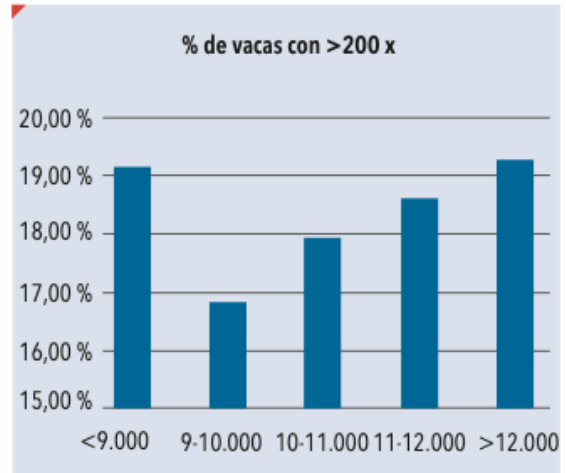
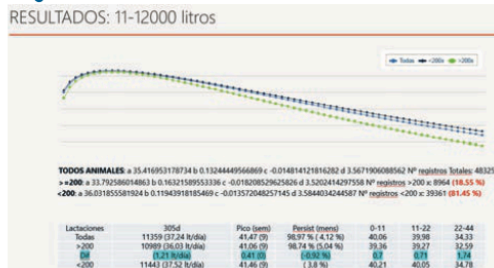


Imagen de resultados 4



El porcentaje de vacas enfermas está entre el 15-19 % para cada grupo (bastante estable).

Imagen de resultados 5

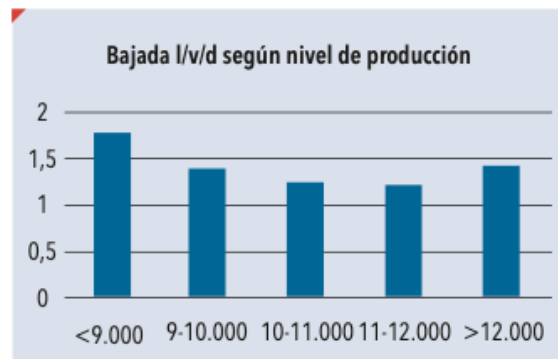
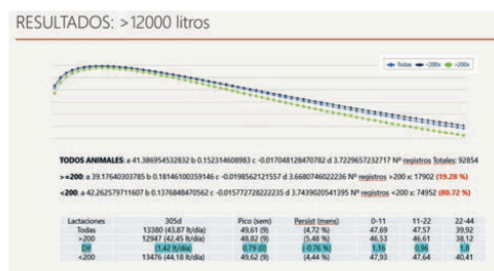


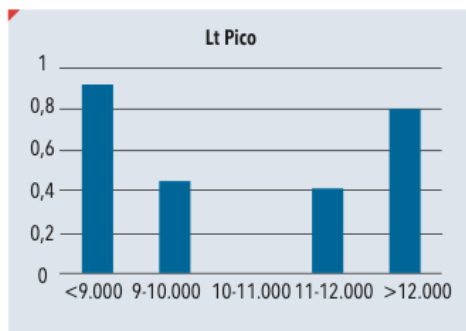
Tabla 2

Grupo	305 d	Todas	<200	Dif.	>200	Dif.	% persist.	Controles	%	>200	%	<200	%	Lt. pico
<9.000	7.739	25,37	25,81	0,44	23,61	1,76	1,4	68.180	22,19 %	13.035	19,12 %	55.145	80,88 %	0,91
9-10.000	9.512	31,19	31,46	0,27	29,81	1,38	1,24	46.525	15,14 %	7.805	16,78 %	38.720	83,22 %	0,44
10-11.000	10.418	34,16	34,43	0,27	32,93	1,23	1,4	51.390	16,72 %	9.209	17,92 %	42.181	82,08 %	0
11-12.000	11.359	37,24	37,52	0,28	36,03	1,21	0,92	48.325	15,73 %	8.964	18,55 %	39.361	81,45 %	0,41
>12.000	13.380	43,87	44,18	0,31	42,45	1,42	0,76	92.854	30,22 %	17.902	19,28 %	74.952	80,72 %	0,79

La bajada diaria en litros/vaca/día varía según el grupo de producción, aunque parece que hay una cierta tendencia a que a mayor producción menos impacto tiene en la

bajada o, visto de otra forma, tiene más impacto en las vacas de menos producción.

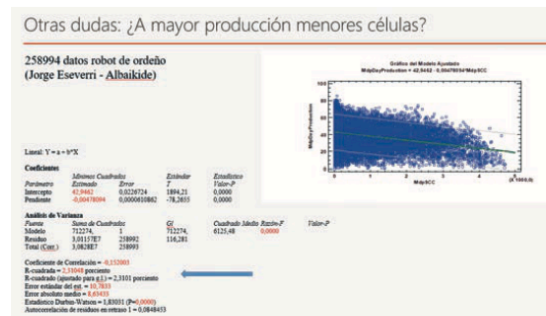
LA BAJADA AL PICO DE LACTACIÓN VARÍA ENTRE GRUPOS Y PARECE QUE TIENE MAYOR INCIDENCIA EN EL GRUPO DE BAJA PRODUCCIÓN



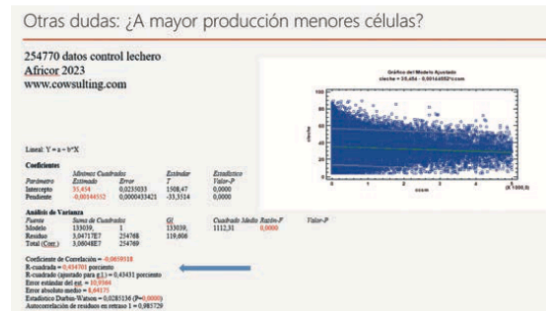
La bajada al pico de lactación varía entre grupos y parece que tiene mayor incidencia en el grupo de baja producción; repunta algo en el grupo de muy alta producción, de forma que parece que podríamos plantearnos si a mayor producción hay menor impacto en la producción de las vacas enfermas.

Para intentar aportar algún dato más, hacemos una

regresión lineal entre producción y células somáticas sobre unos 260.000 datos de robot de ordeño con medición diaria (datos aportados por Albakide-Jorge Eseverri).



En la imagen de Eseverri-Albakide observamos que aparece una cierta relación negativa entre producción y células (correlación -0,15), pero su R cuadrado es bajísima (2,3 %), con lo cual no nos sirve para explicar nada.



Si analizamos el mismo procedimiento sobre datos mensuales de control lechero sobre unos 255.000 datos (www.cowsulting.com 2023), la conclusión aún es peor. Como se detecta en la imagen de los datos de Control Lechero (Africor Lugo), la recta de regresión es casi plana, con una correlación de -0,06 y con un R cuadrado de 0,4 %; por tanto, con los datos estudiados no podemos concluir nada en este sentido.

CONCLUSIONES

- La comparación de curvas de lactación es una herramienta muy práctica para evaluar diferencias entre grupos y cuantificar su impacto económico.
- Para todos los grupos estudiados el nivel de producción es menor y la persistencia peor para las vacas con >200 x células y al contrario para las sanas.
- El porcentaje de vacas con >200 x células va aumentando con el nivel de producción, salvo que el grupo de <9.000 litros presenta mayor porcentaje de afectadas y mayor variabilidad.
- Cuando el nivel de producción de la lactación es mayor de 12.000 litros a 305 desaparece un mayor porcentaje de vacas con >200x células somáticas y la incidencia en la curva de lactación es de menor producción y peor persistencia comparado con el resto de los grupos.

- De esta forma, el efecto “nivel de producción” tiene incidencia tanto en el impacto económico (menor producción: entre 1,2 y 1,76 l/v/d), como en el pico de leche (la persistencia de la curva de lactación (entre 0,76 y 1,4 % menos).

Proponemos esta metodología de trabajo para calcular el impacto económico en forma de descenso de producción de forma personalizada para cada ganadero, teniendo en cuenta su curva de lactación calculada también de forma personalizada por métodos paramétricos. Este procedimiento matemático está integrado de forma automatizada en el grupo de trabajo www.cowsulting.com

Fuente.

<https://vacapinta.com/es/articulos/impacto-economico-de-las-celulas-somaticas-segun-s.html>

Clic Fuente



MÁS ARTÍCULOS