

Longitud del período de adaptación en experimentos de cambio con vacas en pastoreo

Length of the adaptation period in change-over experiments with grazing cows

Dr. Andrés Venereo Bravo, PhD.

Licenciado en Matemática
Doctor en Ciencias Agrícolas
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
avenereo1945@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la longitud requerida del período de adaptación en experimentos de cambio con vacas en pastoreo para tratamientos sólo con base en pasto y con un determinado nivel de suplementación mediante el ajuste de un modelo de regresión exponencial, para lo cual fueron utilizados datos de producción de leche provenientes de un diseño reversible con tres períodos experimentales de 21 días de duración cada uno. Los resultados indican que un período de adaptación a la dieta de siete días es suficiente para lograr una estabilización en producción de leche en los casos estudiados.

Palabras clave: Longitud, Período de adaptación, Diseño Reversible.

ABSTRACT

We determined the required length of the adaptation period in change-over experiments with cows grazing on pasture-based treatments alone and with a certain level of supplementation by adjusting an exponential regression model, which were used for milk production data from a reversible design with three experimental periods of 21 days of duration each. The results indicate that a period of adaptation to the diet of seven days is sufficient to achieve stabilization in milk production in the cases studied.

Key words: Length, Adaptation period, Switchback design.



Recibido: 25 de noviembre, 2013
Aceptado: 24 de abril, 2014

1. INTRODUCCIÓN

En experimentos con vacas lecheras en los cuales son aplicados diseños de cambio para el estudio de los efectos de tratamientos, se producen desestabilizaciones en la producción de leche a causa de los cambios en la secuencia de los mismos, prolongándose este efecto durante un período de tiempo determinado.

En experimentos de cambio con vacas en pastoreo, en los cuales existen secuencias de tratamientos con algún nivel de suplementación, se suelen producir serios cambios en la microflora del rumen de los animales (Hungate, 1966), provocado por períodos de desestabilización mayores en los casos de tratamientos con base a pasto únicamente.

Cualquiera sea la situación, durante este lapso los resultados en la producción de leche de los animales no resultan una indicación real del efecto de tratamiento, y por tanto, no pueden ser usados para sacar conclusiones partiendo de los mismos.

Este período durante el cual las producciones de los animales son despreciadas, se conoce como período de adaptación. En trabajos reportados en la literatura, se han utilizado longitudes que oscilan entre los 3 y los 14 días de duración (Bustamante, J. 2013; Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1987, y Lucas, H.L. 1974). En opinión del autor de este trabajo se requiere precisar con una mayor exactitud estas longitudes del periodo de adaptación.

Los reportes de Jeffery (1970), Stobbs (1971), y Stobbs y Sandland (1972) han servido de premisas y fundamentación para el desarrollo del presente trabajo, en el cual se aplica el criterio utilizado por el primero de estos autores para la determinación de la longitud del período de adaptación.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la longitud requerida del período de adaptación en experimentos de cambio con vacas

en pastoreo, en los que se apliquen tratamientos extremos, es decir, sólo con base en pasto o con un determinado nivel de suplementación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la longitud requerida del período de adaptación, fueron utilizados datos de producción de leche provenientes de un experimento reversible con tres períodos experimentales de 21 días de duración cada uno, desarrollado en el Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba, el cual había sido originalmente diseñado con el objetivo de encontrar respuestas en la comparación de los siguientes tratamientos:

A: Pangola sola (*Digitaria Decumbens*)

B: Pangola + Glycine (*Glycine Wightii*)

C: Pangola + Glycine + 0.5 Kg de concentrado/litro de leche producido a partir del 5to litro.

Para el desarrollo del experimento fueron utilizadas 12 vacas adultas de mediano potencial, las cuales fueron ordeñadas dos veces al día. Tenían un periodo de lactancia de 90 ± 30 días y un peso corporal de 450 ± 35 kg. las cuales fueron distribuidas en la siguiente aleatorización:

VACAS											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C
B	C	A	C	A	B	B	C	A	C	A	B
A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C

Para el desarrollo del análisis estadístico se consideró que una vaca había estabilizado su producción de leche al aplicársele un nuevo tratamiento, cuando la diferencia entre la producción alcanzada en ese período con relación al promedio obtenido en el período anterior fuera constante.

Partiendo de este criterio y considerando que tales diferencias deben tender un valor asintótico determinado, se seleccionó el siguiente modelo para la representación del comportamiento de las mismas:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 e^{-t} + E \text{ donde;}$$

Y = diferencia obtenida entre la producción de leche del día t-ésimo de aplicación del nuevo tratamiento y la producción promedio del período anterior.

t = número de días transcurridos desde la aplicación del nuevo tratamiento (t=1, 2,....., 14)

β_0, β_1 = parámetros desconocidos

e = constante de Euler

E = error aleatorio normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2 .

Las diferencias fueron calculadas para los casos de cambios de tratamiento en los que era de esperarse prolongados efectos en la microflora del rumen de los animales y, en consecuencia, una mayor longitud requerida del período de adaptación de los mismos.

Para el ajuste del modelo a las diferencias obtenidas se aplicó la transformación:

$$X = e^{-t} \quad t = 1,2,\dots, 14$$

con lo cual éste se redujo a la expresión:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + E$$

Esta representa un caso clásico de regresión lineal simple que puede ser ajustado por el método de los mínimos cuadrados (Draper y Smith, 1966).

Las secuencias de tratamientos estudiadas fueron las siguientes:

Pangola ----- Pangola + Glycine (P ----- P + G)

Pangola ----- Pangola + Glycine + Concentrado (P ----- P + G + C)

Pangola + Glycine ----- Pangola (P + G ----- P)

Pangola + Glycine + Concentrado ----- Pangola (P + G + C ----- P)

No fueron estudiadas las secuencias:

Pangola + Glycine + Concentrado ----- Pangola + Glycine

Pangola + Glycine ----- Pangola + Glycine + Concentrado

Estas secuencias solo medirían el efecto del concentrado lo cual no forma parte del objetivo de la investigación.

Por esa razón, en el análisis de los resultados no se incluyeron los comportamientos de los animales 4, 6, 10 y 12.

Partiendo de que el modelo que describe el comportamiento de las diferencias en producción de leche para una vaca está dada por la expresión $Y = a + b e^{-t}$ donde $a = \hat{\beta}_0$ y $b = \hat{\beta}_1$ = coeficiente de regresión, y que el mismo alcanza su valor asintótico ($Y = a$) cuando t es igual a infinito, se consideró que una vaca había alcanzado una estabilización adecuada cuando:

$$|Y - a| = 0.01$$

Este valor representa la precisión con que fue medida la producción de leche del animal. De aquí que la longitud del período de adaptación (t) pueda ser estimada por:

$$|Y - a| = |b e^{-t}| \quad 0.01 = |b| |e^{-t}|$$

$$y \text{ entonces } t = -\ln \left| \frac{0.01}{b} \right|$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ajuste del modelo planteado, para cada una de las vacas que intervienen en las secuencias estudiadas, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de ajuste del modelo que describe las diferencias en producción de leche.

VACA	SECUENCIA	a	b	E.S. (b)	SIGN.	R ² (%)
1	P----P+G	3.82	-9.34	±1.65	P<0.001	72.76
3	P----P+G	3.79	-8.29	±1.90	P<0.001	61.31
7	P----P+G	3.04	-6.94	±1.69	P<0.01	58.52
9	P----P+G	3.34	-6.98	±1.66	P<0.01	59.60
1	P+G----P	-4.38	9.09	±1.77	P<0.001	68.72
3	P+G----P	-4.60	6.22	±1.69	P<0.01	53.00
7	P+G----P	-4.71	10.78	±1.05	P<0.001	89.68
9	P+G----P	-4.69	6.65	±1.36	P<0.001	66.42
2	P----P+G+C	4.36	-10.78	±2.12	P<0.001	68.22
5	P----P+G+C	4.05	-8.37	±2.45	P<0.01	49.28
8	P----P+G+C	3.97	-6.41	±1.77	P<0.01	52.27
11	P----P+G+C	3.72	-9.83	±2.61	P<0.01	54.17
2	P+G+C----P	-4.44	6.22	±1.81	P<0.01	49.42
5	P+G+C----P	-4.28	9.48	±1.17	P<0.001	84.46
8	P+G+C----P	-4.16	9.02	±1.05	P<0.001	85.93
11	P+G+C----P	-4.34	9.27	±1.47	P<0.001	76.91

El modelo que describe el comportamiento de las diferencias en producción de leche, a través de los días subsiguientes a la aplicación del tratamiento, mostró un ajuste satisfactorio ya que 9 de los 16 ajustes efectuados, resultaron significativos a un nivel de significación $p < 0.001$, mientras que los 7 casos restantes, tuvieron un valor $p < 0.01$.

En las secuencias P ---- P + G y P ---- P + G + C, las diferencias mostraron un comportamiento creciente a partir del primer día de aplicación del tratamiento hasta encontrar una estabilización alrededor de un valor constante, dado por la

siguiente ecuación de regresión $Y = 3.79 - 8.28 \cdot 9 e^{-t}$, $ES(b) = \pm 1.90$, $p < 0.001$ Vaca 3.

Mientras, en las secuencias P + G ---- P y P + G + C ---- P, las diferencias indicaron un desarrollo decreciente hasta alcanzar un punto de estabilización, el cual viene dado por la ecuación de regresión $Y = -4.69 + 6.65 e^{-t}$, $ES(b) = \pm 1.36$, $p < 0.001$ Vaca 9

Una estimación de los intervalos de confianza a niveles de significación del 5, 1 y 0.1 %, para los coeficientes de regresión (b) obtenidos, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2. Intervalos de confianza para b. Secuencia P----P+G

VACA	b	Intervalo de confianza 5 %	Intervalo de confianza 1 %	Intervalo de confianza 0.1 %
1	-9.34	-12.94 , -3.74	-14.34 , -4.34	-16.44 , -2.24
3	-8.29	-12.39 , -4.19	-14.09 , -2.49	-16.49 , -0.09
7	-6.94	-10.64 , -3.24	-12.14 , -1.74	-14.24 , 0.36
9	-6.98	-10.58 , -3.38	-12.08 , -1.88	-14.18 , 0.22

Tabla 3. Intervalos de confianza para b. Secuencia P+G----P

VACA	b	Intervalo de confianza 5 %	Intervalo de confianza 1 %	Intervalo de confianza 0.1 %
1	9.09	5.29 , 12.89	3.69 , 14.49	1.49 , 16.69
3	6.22	2.52 , 9.92	1.02 , 11.42	-1.08 , 13.52
7	10.75	8.48 , 13.08	7.58 , 13.98	6.28 , 15.28
9	6.65	3.15 , 10.15	2.45 , 10.85	0.75 , 12.55

Tabla 4. Intervalos de confianza para b. Secuencia P----P+G+C

VACA	b	Intervalo de confianza 5 %	Intervalo de confianza 1 %	Intervalo de confianza 0.1 %
1	-10.78	-13.38 , -6.18	-17.28 , -4.28	-19.78 , -1.78
3	-8.37	-13.67 , -3.07	-15.87 , -0.87	-18.97 , 2.23
7	-6.41	-10.21 , -2.61	-11.81 , -1.01	-18.43 , 1.24
9	-9.83	-15.53 , -4.13	-17.83 , -1.83	-21.22 , 1.45

Tabla 5. Intervalos de confianza para b. Secuencia P+G+C----P

VACA	b	Intervalo de confianza 5 %	Intervalo de confianza 1 %	Intervalo de confianza 0.1 %
1	6.22	2.28 , 10.16	0.68 , 11.76	-1.60 , 14.04
3	9.48	6.93 , 12.03	5.90 , 13.06	4.43 , 14.53
7	9.02	6.73 , 11.31	5.81 , 12.23	4.48 , 13.56
9	9.27	6.07 , 12.47	4.77 , 13.77	2.92 , 15.62

Las estimaciones de la longitud requerida del período de adaptación para los valores puntuales de los coeficientes de regresión (b), y sus intervalos de confianza se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Estimación puntual y por intervalos de la longitud requerida del período de adaptación.

VACA	Secuencia	Estimación puntual	Estimación por intervalos		
			5%	1%	0.1%
			5%	1%	0.1%
1	P----P+G	6.8	7.2	7.2	7.4
3	P----P+G	6.7	7.1	7.2	7.4
7	P----P+G	6.5	7.0	7.1	7.2
9	P----P+G	6.5	7.0	7.1	7.2
1	P+G----P	6.8	7.2	7.3	7.4
3	P+G----P	6.4	6.8	7.0	7.2
7	P+G----P	7.0	7.2	7.2	7.3
9	P+G----P	6.5	6.9	7.0	7.1
2	P----P+G+C	7.0	7.3	7.4	7.6
5	P----P+G+C	6.7	7.2	7.4	7.5
8	P----P+G+C	6.5	6.9	7.1	7.5
11	P----P+G+C	6.9	7.3	7.4	7.6
2	P+G+C----P	6.4	6.9	7.1	7.2
5	P+G+C----P	6.8	7.1	7.2	7.3
8	P+G+C----P	6.8	7.0	7.1	7.2
11	P+G+C----P	6.8	7.1	7.2	7.4

4. CONCLUSIONES

Los resultados de las estimaciones puntuales de la longitud del período de adaptación indican que 7 días son suficientes para lograr una estabilización en producción de leche en todos los casos estudiados.

El cálculo de esta longitud para los extremos de los intervalos de confianza (inferiores y superiores, según el caso) reportados en las

tablas 2, 4 y 3, 5 respectivamente, evidencian que conservadoramente se requieren 7.3, 7.4 y 7.6 días como longitud del período de adaptación para niveles de confianza del 95 %, 99 % y 99.9 %, respectivamente.

Sin embargo, la escasa diferencia entre estas estimaciones y la puntual (0.3, 0.4 y 0.6 días), nos hace concluir que un período de adaptación de una semana de longitud es adecuado para experimentos de Cambio con vacas en pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bustamante, J. 2013. Producción de leche en pastoreo suplementado con leucaena en áreas compactas. www.engormix.com

Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1987. Diseños Experimentales. 10ª Reimpresión. Editorial Trillas. México, D.F. 661 p.

Draper, N.R. and Smith, H. 1966. Applied Regression Analysis. *Biometrika* 56:283.

Hungate, R.E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press: New York.

Jeffery, H.J. 1970. The length of change-over periods in change-over designs with grazing cattle. *Aust. J. Exp.*

Agric. and Anim. Husb., 10:691.

Lucas, H.L. 1974. Designs and analysis of feeding experiments with milking dairy Cattle. North Carolina State. Univ. Raleigh. North Carolina. Mimeo. Series No. 18.

Stobbs, T.H. 1971. Production and composition of milk from cows grazing Siratro (*Phascolos atropurpureus*) and greenleaf *Desmodium* (*Desmodium intortus*). *Aust. J. Agric. and Anim. Husb.*, 11:268

Stobbs, T.H. and Sandland; R.L. 1972. The use of Latin square change-over design with dairy cows to detect differences in the quality of tropical pastures. *Aust. J. Agric. and Anim. Husb.*, 12:463.