

ANÁLISIS COMPUTARIZADO DEL DISEÑO DE REVERSIÓN SIMPLE

Roberto Quiroz*
Manuel H. Ruiloba*

Se presenta un modelo para analizar datos de experimentos donde se utiliza el diseño de reversión simple usando el procedimiento de modelos lineales generales del paquete estadístico computarizado Statistical Analysis System, IncTM. El modelo contiene las variables: grupo secuencial, vaca dentro de grupo secuencial, período y la interacción grupo secuencial-período, la cual estima el efecto del tratamiento. El uso de esta técnica facilita grandemente el análisis de este diseño de gran utilidad en estudios nutricionales.

El diseño de reversión simple fue propuesto por Lucas (1950) para estudios de nutrición de vacas lecheras. En este diseño se estudian dos tratamientos y cada vaca recibe ambos tratamientos en una de las dos secuencias: 1, 2 ó 2,1.

Una de las limitantes de este diseño es que solo permite comparar dos tratamientos; sin embargo, se pueden estudiar diferentes aspectos de alimentación y utilizar un número menor de animales que otros diseños convencionales, manteniendo un bajo coeficiente de variación.

La metodología de reversión simple fue desarrollada en una época donde el recurso de computación era limitado. Con

* Ph.D., Nutrición Animal, Sub-centro de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Artículo recibido para edición el 16 de enero de 1989.

el incremento de la disponibilidad de computadoras y paquetes estadísticos, se hace necesario agilizar el análisis de este tipo de diseño, ya que es de gran utilidad en la investigación en nutrición de vacas lecheras. El propósito de este trabajo es el de mostrar el análisis del diseño de reversión simple utilizando el procedimiento GLM de SAS (1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de un experimento donde se estudió el efecto de la suplementación energética en una pastura tropical mejorada sobre la producción de leche (Cuadro 1). El modelo matemático propuesto por Lucas (1983) para este diseño es el siguiente:

donde:
$$Y_{ijk} = \xi_{ij} + \pi_k + \tau_\ell + \Sigma_{ijk}$$

Y_{ijk} = respuesta observada durante el k ésimo período de la j ésima vaca dentro del i ésimo grupo secuencial ($i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2$).

ξ_{ij} = efecto real de la j ésima vaca, en el i ésimo grupo secuencial.

π_k = efecto real del k ésimo período.

τ_ℓ = efecto real del ℓ ésimo tratamiento ($\ell = 1, 2$; siendo τ_ℓ una función de i y k).

Σ_{ijk} = error aleatorio.

El modelo matemático utilizado para el análisis computarizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + V(G)_ij + P_k + GP_{ik} + \Sigma_{ijk}$$

donde: Y_{ijk} = respuesta observada durante el k ésimo período de la j ésima vaca dentro del i ésimo grupo secuencial ($i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2$).

Cuadro 1. Datos y cálculos preliminares para ilustrar el análisis del diseño de reversión simple^{1/}.

GRUPO SECUENCIAL 1 (G1)							
Período	Tratamiento	V ₁ ^{2/}	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	Suma
litros/día							
1	A	14.6	12.6	13.1	8.1	15.1	63.5
2	B	13.5	12.9	11.7	6.7	12.6	57.8
Diferencia (A - B)		0.7	-0.3	1.4	1.4	2.5	5.7
GRUPO SECUENCIAL 2 (G2)							
Período	Tratamiento	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	Suma
1	B	12.5	11.3	12.3	13.2	7.9	57.2
2	A	13.7	12.4	12.9	12.1	9.0	60.1
Diferencia (B - A)		-1.2	-1.1	-0.6	1.1	-1.1	-2.9

^{1/} Tomado de Ruiloba M.H.; R. De La Lastra y E. Nielsen. 1989. Efecto de la suplementación energética en invierno sobre la producción de leche a base de *Brachiaria decumbens* y un banco de Kudzú. Revista Ciencia Agropecuaria No.6 (en prensa).

^{2/} V= Vaca

G_i = efecto del i ésimo grupo secuencial.

$V(G)_{ij}$ = efecto de la j otaésima vaca dentro del i ésimo grupo secuencial.

P_k = efecto del k ésimo período.

GPK = efecto del tratamiento, estimado por la interacción del i ésimo grupo secuencial y el k ésimo período.

Σ_{ijk} = error aleatorio.

La presentación gráfica del modelo matemático y distribución de las fuentes de variación (Figura 1) muestra con mayor claridad que el efecto de los tratamientos es función del grupo secuencial y del período.

El Cuadro 2 muestra el programa utilizado para obtener el análisis del diseño de reversión simple en el lenguaje SAS, el cual puede ser usado en los paquetes estadísticos para macro y microcomputadoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza manual y usando PROC GLM se presentan en los Cuadros 3 y 4, respectivamente. Los estimados de las sumas de cuadrados para tratamiento y error, el coeficiente de variación y las medias fueron iguales en ambos casos, mostrando un efecto significativo del tratamiento ($P < .05$) para ambos casos. Las variables grupo secuencial y vaca dentro de grupo remueven las fuentes de variación en forma similar al cálculo manual.

La comparación realizada entre los dos métodos demuestra que el análisis del diseño de reversión simple puede ser totalmente computarizado, lo cual ofrece varias ventajas como el manejo de archivos grandes, rapidez y facilidad de cálculo, entre otras.

a. Esquema Global

	Grupo secuencial 1					Grupo secuencial 2				
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀
P ₁	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B
P ₂	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A

b. Grupo secuencial

c. Vaca dentro de grupo secuencial

d. Período

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

e. Tratamiento o interacción grupo secuencial-período

--	--	--	--	--

Figural. Interpretación gráfica de los componentes de varianza del modelo de reversión simple.

Cuadro 2. Programa para análisis de datos de un diseño de reversión simple en lenguaje SAS (1985).

```
DATA A; INPUT G V P Y;
```

```
CARDS;
```

```
(introducir datos aquí)
```

```
PROC GLM; CLASS G V P;
```

```
MODEL Y = G V(G) P G*P;
```

```
LSMEANS G*P/STDERR
```

- COMENTARIO: El comando LSMEANS produce los promedios de los tratamientos por el método de cuadrados mínimos y los valores de errores estándares de las medias correspondientes.

Cuadro 3. Análisis de varianza usando el método manual de Lucas (1950).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamiento	1	3.698	3.698	7.40*
Error	8	4.000	0.500	
Total	9	7.698		

Coefficiente de Variación= 5.93%

Tratamiento	\bar{Y}
A	12.36
B	11.50

* $P \leq 0.05$

Cuadro 4. Análisis de varianza usando el procedimiento GLM de SAS (1985).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Grupo Secuencial, G	1	0.800	0.800	1.60
Vaca (Grupo secuencial), V(G)	8	89.072	11.134	22.27
Período, P	1	0.392	0.392	0.78
G*P= Tratamiento	1	3.698	3.698	7.40*
Error	8	4.000	0.500	
Total	19	97.962		

Coefficiente de variación = 5.93%

Tratamiento	\bar{Y}
A	12.36
B	11.50

*P < 0.05)

ABSTRACT

A model is presented to analyze data from crossover simple - reversal design trials using the general linear models procedure of the Statistical Analysis System, IncTM software. The model contains the variables sequence group, cow within sequence group, period, and the interaction sequence group-period which estimates the effect treatment. This approach facilitates the analysis of this design which is commonly used in nutritional studies.

REFERENCIAS

- LUCAS, H.L. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Department of Statistics, North Carolina State University, Raleigh, N.C. Mimeo. Series #18, Chapter 12. 1983. 12 p.
- SAS Institute Inc. SAS/STATTM Guide for personal computers, Version 6. Cary, N.C., 1985. 378 p.