

Enfoque multivariado de los principales factores que influyen en el comportamiento reproductivo post parto de la vaca lechera en las condiciones de Camagüey, Cuba

José A. Bertot Valdés, Roberto Vázquez Montes de Oca, Angel Vázquez Gil, Rafael G. Avilés Balmaseda y Magaly Garay Durba

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey

RESUMEN

Para mejorar la interpretación de la relación entre alimentación, manejo y comportamiento reproductivo post parto de la vaca, se utilizaron 15 variables relacionadas con la condición corporal, pérdidas de reservas corporales, época del año, edad, paridad, rebaño, intervalo parto-primer servicio (IPPS), período de servicio (PS) e intervalo entre partos (IPP) de 152 hembras bovinas mestizas ubicadas en cinco rebaños lecheros en la provincia de Camagüey, Cuba. Mediante un análisis por componentes principales fueron obtenidos tres factores que se incluyeron en análisis de covarianza univariado y multivariado. El univariado evidenció que la duración del IPP estuvo influida por el rebaño y el factor 1 ($P < 0,001$), la del IPPS por el factor 1 ($P < 0,05$) y la del PS por los factores 1 y 2 ($P < 0,001$). El análisis de covarianza multivariado en su interpretación univariada confirmó el resultado inicial; todas las pruebas multivariadas coincidieron en señalar la dependencia del comportamiento reproductivo post parto, de los efectos del rebaño, factor 1 y factor 2 y la independencia con respecto al factor 3. La metodología analítica utilizada permitió reducir la dimensionalidad a tres factores que explicaron el 75,6 por ciento de la varianza y mejorar la significación estadística de los efectos. La condición corporal fue el factor que explicó mejor el comportamiento reproductivo post parto, representado por el PS y el IPP por sí solos o dentro de un constructo multivariado. Se recomienda extender la metodología utilizada incluyendo variables relacionadas con la salud y el nivel de producción.

ABSTRACT

As a way to improve the understanding of the relationship among feeding, handling and reproductive behavior in dairy cows after calving, fifteen variants related to body condition, body reserve losses, season, age, calving rate, herd, calving-first service interval, service time, and calving interval were used to study 152 creole dairy cows distributed into five dairy herds in Camagüey province, Cuba. Through a principal component analysis three factors were obtained. These factors were included in univariate and multivariate covariance analyses. The first analysis showed that calving interval was influenced by herd and factor 1 ($P < 0,001$), calving-first service interval by factor 1 ($P < 0,05$), and service time by factors 1 and 2 ($P < 0,001$). Multivariate covariance analysis, through its univariate interpretation, ratified the initial outcome, i.e., every multivariate test pointed out postpartum reproductive behavior dependence on herd and factors 1 and 2 effects, but its independence regarding factor 3. The analytical methodology applied made possible to decrease dimension to only 3 factors which supported a 75,6% of variance and improved the statistical significance of the effects. Body condition was the factor that best explained postpartum reproductive behavior, represented by service time and calving time *per se* or within a multivariate set. The methodology applied should be widened up to include other variants related to animal health and production level.

PALABRAS CLAVES: *Reproducción, comportamiento reproductivo, componentes principales, condición corporal*

INTRODUCCIÓN

En Cuba, la alimentación del ganado lechero se basa en pastos naturales, por lo que la reproducción, y por tanto la producción, están influidas por la época del año (Morales *et al.*, 1990; Buxadera y Dempfle, 1997) debido a una tendencia a la estacionalidad en la disponibilidad de alimentos.

Tomando de conjunto los resultados de las investigaciones realizadas en el país durante las décadas del 70 al 80 (Morales *et al.*, 1976; Iglesias, 1977; 1978; Méndez, 1983; Vázquez, 1984; Rodríguez, 1985), se concluye que en el clima cálido-húmedo de Cuba la época del año influye en la reproducción de la vaca, pues se producen cambios hormonales (González, 1981 y Morales *et al.*, 1990) y metabólicos (González, Noelia *et al.*, 1980) que se relacionan con el retardo puberal en las novillas y la prolongación del anestro post parto de la vaca, conducentes al acortamiento de la vida reproductiva útil más allá de los límites económicamente aceptables.

miento de la vida reproductiva útil más allá de los límites económicamente aceptables.

Por lo anterior puede considerarse, de acuerdo con Hanzen *et al.* (1996), que la etiología de los factores que están generalmente involucrados en problemas reproductivos, es multifactorial, y como la mayoría de las respuestas del animal a un escenario complejo de factores causales interrelacionados parecen ser multivariadas (Enevoldsen y Gröhn, 1996a), se requiere, en nuestras condiciones, para obtener una interpretación más cercana a la realidad y diseñar estrategias que permitan mejorar la eficiencia reproductiva, el análisis de variables relacionadas con la alimentación, el estado nutricional, el manejo, la época del año y la edad de la hembra con el empleo de herramientas apropiadas para tales fines.

Los objetivos de este trabajo fueron:

Definir el orden de prioridad de las variables relacionadas con los principales indicadores del comportamiento reproductivo post parto de la vaca, consolidando las

variables relacionadas en una estructura más sencilla de nuevos factores.

Evaluar la influencia y significación de los nuevos factores sobre un constructo multivariado, de los principales indicadores del comportamiento reproductivo post parto de la vaca.

Ajustar el modelo de pronóstico para otras variables independientes no incluidas en el análisis de componentes principales.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de los datos obtenidos de 152 hembras bovinas mestizas (Holstein x Cebú) ubicadas en cinco rebaños de la Empresa Pecuaria Triángulo 3, en la provincia de Camagüey, Cuba, con alimentación basada en pastizales nativos mejorados con cierta degradación y suplementos de miel (sin urea) y sales minerales, durante el período comprendido entre enero de 1997 y abril de 1998, se obtuvieron 15 variables relacionadas con el animal, el rebaño, el comportamiento reproductivo y la alimentación (Tabla 1).

De las 15 variables obtenidas, se excluyeron el rebaño, intervalo parto-primero servicio (IPPS), período de servicio (PS) e intervalo entre partos (IPP). A las restantes, a partir de la matriz de correlación de Pearson, se les aplicó un análisis de componentes principales utilizando una rotación ortogonal (varimax) y la determinación de las puntuaciones factoriales.

Se realizó un análisis de covarianza con interpretación univariada y multivariada en el que fueron designadas como variables dependientes, a los principales indicadores del comportamiento reproductivo (IPPS, PS, IPP) y como dependientes, al rebaño y a la regresión ortogonalizada por pasos de los tres factores obtenidos. Para el ANACOVA multivariado se tomó como variable dependiente a un constructo formado por los indicadores reproductivos y como variable independiente al rebaño y a los tres factores, según el modelo:

$$(IPPS, PS, IPP)_{ijk} = K + R_i + b_j F_j + e_{ijk}$$

Donde:

K = Constante del modelo.

R_i = Rebaño (i = 5).

B_j = Coeficientes de regresión para los factores.

F_j = Factores (j = 3)

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico Systat, versión 7.0 (Wilkinson, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han utilizado técnicas multivariadas para analizar diferentes relaciones de aspectos reproductivos con la producción láctea (Hamudikuwanda *et al.*, 1987), e indicadores de salud (Gearhart *et al.*, 1990) pero la dificultad para su aplicación era, según Lin y Smith (1990) el número incrementado de ecuaciones

Tabla 1. Descripción de las variables en estudio	
Variable	Descripción
CC _{gest}	Condición corporal en el último mes de la gestación
CC ₃₀	Condición corporal a los 30 post parto
CC ₆₀	Condición corporal a los 60 post parto
CC ₉₀	Condición corporal a los 90 post parto
PP ₁	Pérdidas de reservas en el primer mes post parto.
PP ₂	Pérdidas de reservas en el segundo mes post parto.
PP ₃	Pérdidas de reservas en el tercer mes post parto.
PP _{Totales}	Pérdidas de reservas desde la gestación hasta los 90 días post parto.
Epoca del parto anterior	Epoca 1= Lluvia (mayo-octubre). Epoca 2= Seca (noviembre-abril).
Edad de la vaca	Desde el nacimiento hasta la fecha del parto.
Paridad.	Total de partos en la vida de la vaca.
Rebaño.	Rebaños 1, 2, 3, 4 y 5.
IPPS	Intervalo desde el parto hasta la primera inseminación.
PS	Intervalo desde el parto hasta la inseminación fecundante.
IPP	Intervalo entre el parto anterior y el actual.

a resolver. En la actualidad ese inconveniente lo ha solucionado el desarrollo de la computación y de paquetes estadísticos. En el presente estudio, como resultado del análisis de componentes principales a partir de las 15 variables iniciales, se obtuvieron tres factores que se nombraron de acuerdo con el aporte de cada una de las variables iniciales (ver figura en p. 67).

La duración de los índices reproductivos fue excesiva en todos los rebaños y se correspondió con otros reportes realizados en la provincia de Camagüey (Vázquez *et al.*, 1986a; 1986b; Estévez, María *et al.*, 1993; Avilés *et al.*, 1999; Bertot *et al.*, 2000¹).

Los resultados del análisis univariado fueron confusos, pues además de inducir a una interpretación individual de los tres índices reproductivos, son contradictorios, puesto que es conocido que el PS determina al IPP y en este caso, ambos no fueron influidos por el rebaño ni por el factor 1; pero las pruebas multivariadas (Tabla 2) coincidieron en señalar la dependencia del comportamiento reproductivo post parto (IPPS, PS e IPP de conjunto) del efecto de rebaño, las reservas energéticas y proteicas (Factor 1) y las pérdidas de las reservas corpo-

¹ BERTOT, J. A.; R. AVILÉS Y R. DE ARMAS: Situación de la reproducción en Camagüey y posibilidades de mejoramiento, Taller de Generalización, Ministerio de la Agricultura-Sindicato de la Ciencia, Camagüey, 2000.

Tabla 2. Resultados de las pruebas multivariadas

Causa de variación	Pruebas			
	Wilkes-Lambda	Pillai Trace	Hotelling-Lawley Trace	Theta
Rebaño	**	**	***	***
Factor 1	***	***	***	-
Factor 2	*	*	*	-
Factor 3	NS	NS	NS	-

rales (Factor 2), y la independencia de la longevidad en la masa estudiada.

El análisis factorial empleado permitió identificar en los datos, estructuras más simples (Factores) que contienen la mayoría de la información original (75,6%), independientemente de la cantidad de elementos subjetivos que presupone su utilización (selección del número de factores y la forma en que se nombran). Los coeficientes estandarizados univariados (Tabla 3) no alcanzaron cargas de significación para el IPPS pero sí el PS para el Factor 1 (-0,32) y el IPP para el rebaño (-0,32 y -0,25) y el Factor 2 (0,26).

En el análisis de las cargas que aportó cada uno de los indicadores reproductivos individuales a la variable canónica (IPPS, PS e IPP de conjunto) se destacan las altas cargas del IPP para los efectos del rebaño y de las pérdidas (Factor 2) y del PS para las reservas (Factor 1) y la longevidad (Factor 3). Las correlaciones canónicas demostraron el efecto significativo del rebaño, las reservas energéticas y proteicas (Factor 1) y las pérdidas de reservas (Factor 2) sobre el comportamiento reproductivo post parto de la vaca y la independencia del mismo de la longevidad (Tabla 4).

Aunque la longevidad de la vaca (Factor 3) no tuvo efectos significativos en ninguno de los análisis realizados, debe considerarse que obtuvo cargas altas en el constructo multivariado para el IPPS (-0,89) y el PS (-0,65) y que posiblemente no se manifieste ningún efecto de significación por la pobre variabilidad en la edad de los animales, que en las condiciones

Tabla 4. Correlaciones canónicas

Efectos	Correlaciones canónicas	P	Coeficientes canónicos estandarizados			Cargas canónicas		
			IPPS	PS	IPP	IPPS	PS	IPP
Rebaño	0,38	*	0,00	-0,45	0,96	-0,30	-0,31	0,90
Factor 1	0,43	***	1,76	-2,33	0,02	-0,38	-0,71	-0,10
Factor 2	0,26	*	0,34	-0,02	0,91	0,43	0,42	0,95
Factor 3	0,08	NS	-1,88	1,06	0,13	-0,89	-0,65	0,06

Tabla 3. Coeficientes estandarizados univariados

Efectos	Indicadores		
	IPPS	PS	IPP
Rebaño 1	0,01	-0,01	0,32
Rebaño 2	0,11	0,13	-0,25
Rebaño 3	-0,08	-0,15	-0,10
Rebaño 4	0,12	0,13	-0,14
Rebaño 5	-0,16	-0,10	0,17
Factor 1	-0,17	-0,32	-0,04
Factor 2	0,12	0,11	0,26
Factor 3	0,07	0,05	-0,00

de Camagüey tienen una vida reproductiva útil corta (Bertot *et al.*, 2001); por tanto en la medida en que mejore este indicador, en términos de mayor duración, debe esperarse una mayor influencia sobre el comportamiento reproductivo.

Los resultados obtenidos permiten validar la hipótesis inicial de trabajo, pues el enfoque

multivariado posibilitó el análisis de los efectos de factores causales individuales y del rebaño interrelacionados sobre indicadores del comportamiento reproductivo post parto de la vaca, cuyo análisis individual no permitió una interpretación correcta del fenómeno.

CONCLUSIONES

- El método de componentes principales permitió una reducción de la dimensionalidad a tres factores que explicaron el 75,6 % de la varianza.
- La condición corporal fue el factor que mejor explicó el comportamiento reproductivo post parto, tanto en la reducción de la dimensionalidad como en el constructo que representó el comportamiento reproductivo.
- La duración del IPPS fue independiente de los factores analizados, mientras que el PS y el IPP por sí solos, o dentro de un constructo multivariado, representaron el comportamiento reproductivo, lo que se confirmó en los análisis univariados y multivariados.
- El ajuste multivariado mejoró la significación estadística de los efectos.

RECOMENDACIONES

- La condición corporal a los 30 días post parto fue la variable que más aportó a las reservas del animal, por lo que su determinación en ese momento puede ser utilizada como un posible predictor del comportamiento reproductivo post parto.
- Las pérdidas totales en el post parto constituyen un factor determinante en el comportamiento reproductivo, por





lo que se requiere aplicar estrategias de manejo y alimentación más efectivas con la hembra gestante, para contrarrestar ese efecto negativo.





- El comportamiento reproductivo post parto puede ser evaluado a través de la determinación de PS y el IPP, pues el intervalo entre el parto y el primer servicio (IPPS) fue independiente de los factores analizados, por lo que su importancia es relativa y debe utilizarse como indicador de la reanudación de la actividad ovárica post parto.
- Extender la metodología utilizada incluyendo variables relacionadas con la salud y el nivel de producción de la hembra.



REFERENCIAS

- AVILÉS, R.; J. A. BERTOT, CORINA MARTÍNEZ, R. HERNÁNDEZ, L. MARTÍNEZ, Y C. LOYOLA: La raza Brown Swiss como alternativa viable para incrementar la producción de leche y carne bajo condiciones de sostenibilidad en Camagüey, Rev. prod. anim., 11: 99-102, 1999.
- BERTOT, J. A.; YENNY DÍAZ, R. AVILÉS, R. VÁZQUEZ, J. L. ALVAREZ, MAGALYS GARAY, C. LOYOLA Y J. A. BETANCOURT: Factores que influyen en la duración de la vida reproductiva útil en rebaños bovinos de la provincia de Camagüey, Cuba, Rev. prod. anim., 13 (2): 77-80, 2001.
- BUXADERA, A. M. E I. DEMPFLÉ: Genetic and Environmental Factors Affecting Some Reproductive Traits of Holstein Cows in Cuba, Genetics Selection Evolution, 29 (5): 469-482, 1997.
- ENEVOLDSEN, C. Y Y. T. GRÖHN: A Methodology for Assessment of the Health-Production Complex in Dairy Herds to Promote Welfare, Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci. Suppl., 27: 86-90, 1996.
- ESTÉVEZ, MARÍA E.; ODALYS ACOSTA, J. A. BERTOT, R. VÁZQUEZ Y G. GUEVARA: Comportamiento reproductivo en rebaños lecheros de una cooperativa de producción agropecuaria, Rev. prod. anim., 7 (3): 161-167, 1993.
- GEARHART, M. A.; C. R. CURTIS, H. N. ERB, R. D. SMITH, C. J. SNIFFER, L. E. CHASE Y M. D.COOPER: Relationship of Changes in Condition Score to Cow Health in Holsteins, J. Dairy Sci., 73 (11): 3132-3140, 1990.
- GONZÁLEZ, F. O.: Características del comportamiento de los niveles séricos de progesterona y hormona luteinizante en vacas anéstricas. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, La Habana, 1981.
- GONZÁLEZ, NOELIA, MERCEDES GARCÍA Y R. PEDROSO: Efecto de la época del año, rebaño y lactación sobre la concentración de minerales en sangre, Rev. Cub. Reprod. Anim. 6 (2): 77-84, 1980.
- HAMUDIKUWANDA, H.; H. N. ERB Y R. D. SMITH: Effects of Sixty-Day Milk-Yield on Postpartum Breeding Performance in Holstein Cows. J. Dairy Sci., 70 (11): 2355-2365, 1987.
- HANZEN C.; J. V. HOUTAIN, Y. LAURENT Y F. ECTORS: Effects of Individual and Herds Factors on Bovine Reproduction Performance, Annales de Medecine Veterinaire, 140 (3): 195-210, 1996.
- IGLESIAS, C.: Influencias de la época del año; sexo de la cría y el mes del parto sobre la duración de la gestación en el bovino, Rev. Cub. Reprod. Anim., 3(2):29-36, 1977.
- IGLESIAS, C.: Influencia de la época del año sobre la reproducción de las hembras bovinas de la raza F1, Rev. Cub. Reprod. Anim., 3 (1): 19-22, 1978.
- LIN, C. J. Y S. P. SMITH: Transformation of Multitrait to Unitrait Mixed Model Analysis of Data with Multiple Random Effects, J. Dairy Sci, 73 (9): 2449-2502, 1990.
- MÉNDEZ, P. A.: Intervalo parto primer servicio e influencia sobre por cientos y algunos índices reproductivos en razas de leche, Resúmenes IV Reunión ACPA, La Habana, 1983.
- MORALES, J. R.; J. DORA, A. MENÉNDEZ, C. IGLESIAS Y H. CHÁVEZ: Resultados de los servicios de la I. A. en hembras bovinas y su relación con el medio en Cuba, Rev. Cub. Reprod. Anim., 2: 4, 1976.
- MORALES, J. R.; R. PEDROSO, R. SOLANO Y R. DE ARMAS: Effects of a Subtropical Climate on the Fertility of Dairy Cattle in Cuba, Livestock Reproduction in Latin America, p. p.: 29-42, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1990.
- RODRÍGUEZ, M. M.: Influencia de la gestación precoz sobre el comportamiento reproductivo post parto en vacas ½ Holstein x ½ Cebú y ¾ Holstein x ¼ Cebú, Rev. Cub. Reprod. Anim., 11 (2): 163-174, 1985.
- VÁZQUEZ, R.: Estudio del comportamiento reproductivo del genotipo ¾ Holstein x ¼ Cebú en la provincia de Camagüey, Tesis en opción al grado de doctor en Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, 1984.
- VÁZQUEZ, R.; GEORGINA CONDE, A. DE LOS REYES: Estudio del comportamiento reproductivo en novillas F₁ (Holstein x Cebú) en condiciones de producción comercial en la provincia de Camagüey. Rev. prod. anim., 2 (1): 71-80, 1986a.
- VÁZQUEZ, R.; ESPERANZA FERRADA, A. DE LOS REYES: Estudio del comportamiento reproductivo en hembras de primer parto del genotipo F₁ (Holstein x Cebú) en condiciones de producción comercial en la provincia de Camagüey, Rev. prod. anim., 2 (2): 177-184, 1986b.
- WILKINSON, L.: Systat. The system for statistics. Ver. 7.0 SPSS, 1997.

Variables iniciales

CC30 
 CC60 
 CCgest 
 CC90 

PPtot 
 PP2 
 PP3 
 Epoca 

Paridad 
 Edad 

Factores obtenidos



Factor 1

(Reservas energético - proteicas)

Factor 2

Pérdidas (post parto)

Factor 3
Longevidad de la hembra

Estructura de los datos después de la rotación ortogonal. El grosor de la línea representa la carga que aportó cada variable a los factores:  (0,75-1,00)  (0,50-0,74). No se representan las cargas de CC90 y época sobre los factores 2 y 3 respectivamente por ser bajas (0,25-0,49).