

Empleo de las componentes principales en investigaciones biológicas. III. Aplicación en experimentos con animales

Guillermo R. Pardo Cardoso y Luis Guerra Casas

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camaguey

gpardo1942@yahoo.es

luis.guerra@reduc.edu.cu

RESUMEN

Se utilizó la técnica de componentes principales en una investigación donde se evaluaron cuatro incubaciones de distintos huevos de reproductores White Leghorn clasificados por su peso y forma, mediante un experimento factorial (3 x 2) diseñado completamente al azar, para determinar el desarrollo de la incubación mediante su control biológico. Los principales resultados obtenidos en la prueba de Kaiser-Mayer-Olkin y de Bartlett, demuestran que los indicadores evaluados se encuentran asociados, lo que hace necesario realizar las transformaciones pertinentes que garanticen la independencia de las variables analizadas. Con la metodología propuesta se obtuvieron cuatro variables finales independientes. Con el análisis de varianza se determinó que no existe interacción entre peso y forma. Se concluye que la transformación de las variables originales garantizó su independencia. Así, se cumplieron las hipótesis de base del análisis de la varianza y se simplificó la interpretación de los resultados, siendo más fácil la valoración de las variables canónicas al emplear el término de eficiencia o proporción del mejor valor reportado.

Palabras clave: *componentes principales, variables canónicas, incubación, huevos, control biológico*

Principal Components Applied to Biological Research. III. Application to Experiments Involving Animals

ABSTRACT

The principal components technique was used in research evaluating four hatchings with different kinds of eggs according to their weight and shape. To this end, a factorial experiment (3 x 2) with a completely randomized design was carried out to determine hatching development through biological control. Main results from Kaiser-Mayer-Olkin's and Bartlett's tests showed that evaluated indexes were associated; hence, a number of transformations are required to guarantee the analyzed variables independence. Throughout the suggested methodology, four independent final variables were obtained. The variance analysis showed no interaction between egg weight and shape. In conclusion, the original variables transformation guaranteed their independence, thus confirming the preliminary hypotheses concerning variance analysis and simplifying result interpretation. The canonical variables assessment will be easier therefore when using terms such as efficiency and proportion in relation to the most significant reported value.

Key words: *principal components, canonical variables, eggs, hatching, biological control*

INTRODUCCIÓN

Una importante valoración de las características de la producción de huevos de las reproductoras ligeras, es determinar cómo es la incubación de los distintos tipos de huevos que ellas producen y que siguen el criterio fundamental de selección, o sea, por su peso y forma.

Para evaluar la marcha de la incubación normalmente durante la prueba biológica, cada uno de los indicadores se evalúa independientemente; sin embargo puede suceder que los mismos estén asociados y conduzcan a respuestas sesgadas. Salvador y Gargallo (2003) indican que el empleo de las componentes principales como una prueba

exploratoria permite detectar si existe relación entre las variables analizadas.

Las componentes principales, según Sharma (1998), consiste en la obtención de nuevos ejes ortogonales, a los cuales se pueden proyectar todas las variables estudiadas. Las variables canónicas obtenidas mediante la proyección de los vectores propios de las variables originales más importantes sobre cada componente, garantizarán su independencia, si las mismas son inaceptables en la prueba de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO), o no son significativas en la prueba de esfericidad de Bartlett (Carvajal *et al.* 2001); esto permitirá entonces la reducción y el análisis individual de cada una de las variables transformadas en el experimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la planta de incubación # 503 *Luis Gutiérrez Molina* situada al norte de la ciudad de Camagüey. Los huevos procedieron de reproductores White Leghorn de las líneas L₁ los machos y L₃₂ las hembras. Se alimentaron y manejaron según UECAN (2003).

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un experimento factorial (3 X 2) diseñado completamente al azar.

Factor 1 = Peso de los huevos

Nivel : 1 = de 45 a 51,5 g (pequeños) ; 2 = de 52 a 65 g (normales) y 3 = de 65 a 80 g (grandes)

Factor 2 = Índice de forma

Nivel: 1 = de 66,5 a 75,4 % (ovoides) ; 2 = de 75,5 a 85,5 % (redondeados)

Unidad experimental = 1 huevo

Repeticiones = 24

Variables respuesta = Proporción de: embriones normales, huevos rotos, alantoides abierta, alantoides cerrada, embriones débiles, anillo de sangre, embriones muertos a los 6 días, embriones muertos a los 11 días.

Los resultados obtenidos se transformaron utilizando la expresión:

$$Y_{ijk} = \arcsen \sqrt{p_{ijk}}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor transformado del peso i-ésimo, del índice de forma j-ésimo de la incubación k-ésima.

p_{ijk} = Proporción obtenida de la bandeja seleccionada del peso i-ésimo, del índice de forma j-ésimo de la incubación k-ésima.

La unidad experimental estuvo representada por cada bandeja. Los controles biológicos se realizaron a los 6 y 11 días.

Medición y análisis

Para la aplicación de las componentes principales se contempló conformar solamente las variables canónicas con las originales que posean correlaciones altas. ($r = /0,60/$) empleando los siguientes criterios:

1. Realizar prueba de Bartlett y KMO a las variables estudiadas.
2. Seleccionar las componentes que cumplan las siguientes condiciones simultáneamente:
 - a) Variabilidad explicada acumulada del 60 % o mayor; aproximadamente dos o tres ya que estas pueden representarse gráficamente en un sistema de coordenadas rectangulares.

b) Que el total de componentes seleccionadas lo conformen el mayor número de variables originales y no se presenten variables complejas.

c) Participación en cada componente de las variables con aproximadamente una $r > /0,60/$.

3. Obtener las puntuaciones o sea el valor que obtendrá cada unidad experimental en la nueva variable propuesta que está conformada por aquellas que poseen la correlación mayor o igual a la decidida por el investigador ($r \geq /0,60/$) en cada componente mediante la expresión:

$$Z_k = \sum A_{ki} Y_i$$

Donde:

Z_k = Variable canónica obtenida (k = 1... componentes seleccionadas)

A_{ki} = Vector propio de la componente k-ésima de la variable i-ésima

Y_i = Valor de la variable i-ésima seleccionada de la componente k-ésima y $r > /0,60/$

4. Asignar a cada Z_k un nombre que contemple simultáneamente las variables que intervienen en ella, considerándola entonces como una nueva variable que recibe el nombre de canónica.

5. Se repite la prueba de Bartlett y KMO a las nuevas variables en estudio, o sea las canónicas y aquellas que no fueron seleccionadas en ninguna componente por presentar correlaciones menores a $r < /0,60/$ y si es necesario se repite el proceso nuevamente a partir del punto 2.

La variable Z_k obtenida se transformó como eficiencia del máximo valor posible (Z_{mk}) obtenida de cada componente según la expresión:

$$Z_{kk} = (Z_k \div Z_{mk}) * 100$$

A las variables transformadas y aquellas que no cumplieron los requisitos se les hizo la prueba de normalidad para con posterioridad realizar las d-ó-cimas correspondientes para un nivel del 5 %. Todos los procedimientos se realizaron mediante el paquete estadístico SPSS (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Tabla 1 la prueba de adecuación de la muestra (KMO) y de esfericidad

Tabla 1. Resultado de la prueba de esfericidad de Bartlett y la prueba de Kaiser-Mayer-Olkin

Kaiser-Mayer-Olkin	Medida de adecuación de la muestra	0,632
Test de esfericidad Bartlett	Aproximación X^2	52,286
Grados de libertad		28,000
Significación		0,004

dad indican que las variables analizadas se encuentran asociadas; de ahí la necesidad de tener en cuenta esta relación.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, es evidente que con las tres primeras componentes se logra explicar más del 60 % de la variabilidad existente. Esto indica que las respuestas por obtener utilizando esta técnica pueden considerarse aceptables.

En la Tabla 3 se puede observar el grado de asociación de las variables evaluadas con cada componente. Nótese cómo Arcsen embriones normales a los 6 días, Arcsen de huevos rotos a los 6 días, Arcsen embriones débiles a los 6 días y Arcsen alantoides cerrada, presentan valores superiores a $r = /0,60/$ lo que indica una estrecha relación; o sea, en su conjunto estas variables pueden representar la aptitud de los huevos en su desarrollo primario de la incubación; en el caso de la segunda componente el Arcsen de los embriones muertos a los 11 días y el Arcsen de alantoides abierta son las asociadas a este componente y en la tercera componente solamente se encuentran los embriones muertos a los 6 días.

Se debe destacar como Arcsen del anillo de sangre no ha sido seleccionada en ninguna de las componentes, o sea las 8 variables respuestas evaluadas se transforman en 3 canónicas (componentes) y una que consideramos independiente (Arcsen anillo de sangre).

Para el cálculo de las variables canónicas partimos de los valores obtenidos de los autovectores (Tabla 4).

Al transformar los datos e incluir el Arcsen anillo de sangre y repetir la pruebas de esféricidad y KMO, se puede observar en la Tabla 5 que estas cuatro variables finales no se encuentran asocia-

Tabla 2. Valores propios obtenidos de la matriz de variables respuesta

Componentes	λ	Autovalores	
		Variabilidad (%)	Variabilidad acumulada (%)
1	2,865	35,81	35,81
2	1,607	20,09	55,90
3	1,197	14,96	70,87
4	0,780	9,35	
5	0,602	7,52	
6	0,411	5,14	
7	0,403	5,04	
8	0,166	2,08	

Método de extracción: análisis de componentes principales

das (KMO = 0,500 inaceptable; Bartlett $P > 0,05$).

Tal como se puede valorar en la Tabla 6 la distribución de las variables es normal, lo que permite realizar el Anova correspondiente a cada una.

De acuerdo con los resultados de las tabla 7, 8 y 9 se puede concluir en primera instancia que en las cuatro variables analizadas no existe interacción entre el índice de forma y el peso de los huevos, lo que indica que el análisis de cada factor se hará de forma independiente.

Se observa en la tabla 10 que para la “Efectividad en la actitud para el desarrollo embrionario” no se encontraron diferencias significativas, al igual que la “Inefectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días”. Estas dos demuestran que la forma de los huevos no influye en el desarrollo embrionario de los primeros días de vida.

De igual forma que se aprecia en la Tabla 10, al analizar los pesos de manera independiente (Tabla 11), no existieron diferencias significativas para las dos primeras componentes, describiendo una eficiencia similar para todos los pesos; sin embargo, la componente “Eficiencia para la mortalidad embrionaria ajustada” presenta diferencias significativas entre los pesos; los denominados de peso grande tienen una eficiencia inferior a los otros

Tabla 3. Correlaciones de las variables analizadas con las componentes seleccionadas

Variables	Componentes ^a		
	1	2	3
Arcosen embriones normales (6 días)	0,909	0,004	0,011
Arcosen huevos rotos (6 días)	-0,793	-0,172	0,110
Arcosen alantoides cerrada	0,710	-0,302	0,477
Arcosen embriones débiles (6 días)	0,657	0,482	0,209
Arcosen anillo de sangre	0,499	-0,295	-0,475
Arcosen alantoides abierta	-0,286	0,768	-0,323
Arcosen embriones muertos (11 días)	-0,110	0,742	0,062
Arcosen embriones muertos (6 días)	0,362	0,161	0,762

Método de extracción: componentes principales; ^a seleccionadas 3 componentes

Tabla 4. Autovectores de las variables con las componentes seleccionadas

Variables	Componentes ^a		
	1	2	3
Arcosen embriones normales (6 días)	0,317	0,003	0,010
Arcosen huevos rotos (6 días)	- 0,277	-0,107	0,092
Arcosen alantoides cerrada	0,248	-0,188	0,397
Arcosen embriones débiles (6 días)	0,229	0,300	0,175
Arcosen anillo de sangre	0,174	-0,184	-0,397
Arcosen alantoides abierta	-0,100	0,478	-0,270
Arcosen embriones muertos (11 días)	-0,038	0,462	0,053
Arcosen embriones muertos (6 días)	0,126	0,100	0,637

Método de extracción: componentes principales

^a Seleccionadas 3 componentes

$Z_1 = 0,317* [\text{Arcsen embriones normales (6 días)}] - 0,277* [\text{Arcsen huevos rotos(6 días)}] + 0,248* [\text{Arcsen alantoides cerrada}] + 0,229* [\text{Arcsen embriones débiles (6 días)}]$

$Z_2 = 0,478* [\text{Arcsen alantoides abierta}] + 0,462* [\text{Arcsen embriones muertos (11 días)}]$

$Z_3 = 0,637* [\text{Arcsen embriones muertos (6 días)}]$

Tabla 5. Resultado de la prueba de asociación de las variables obtenidas

Kaiser-Mayer-Olkin	Medida de adecuación de la muestra	0,500
Test de esfericidad Bartlet	Aproximación X 2	5,716
Grados de libertad		6,000
Significación		0,456

Tabla 6. Prueba de normalidad

		Efectividad en la actitud para el desarrollo embrionario	Inefectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días	Eficiencia para la mortalidad embrionaria ajustada	% de efectividad Arcoseno de anillos de sangre
n	-	24	24	24	24
Parámetros normales ^{a b}	Media	54,05	37,98	42,68	32,37
	Desviación	6,296	13,345	14,970	16,215
Kolmogorov-Smirnov Z		0,616	0,622	0,660	0,872
Significación (2 colas)		0,843	0,833	0,776	0,433

^a Test distribución normal; ^b Calculado de los datos

Tabla 7. Análisis de varianza de la componente efectividad en la aptitud para el desarrollo primario

ANOVA					
Variable dependiente: Efectividad en la aptitud para el desarrollo primario					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo	70 368,508 ^a	6	11 728,085	314,907	0,000
Índice de forma	184,406	1	184,406	5,05	0,038
Peso de los huevos	29,156	2	14,578	0,391	0,682
Índice x peso	25,911	2	12,955	0,348	0,711
Error	670,373	18	37,243		
Total	71 038,881	24			

^a . $R^2 = 0,991$ R^2 ajustado = 0,987

Tabla 8. Análisis de varianza de la ineffectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días

ANOVA					
Variable dependiente: Inefectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo	34 821,240 ^a	6	5 803,540	26,779	0,000
Índice de forma	59,858	1	59,858	0,276	0,606
Peso de los huevos	17,274	2	8,637	0,040	0,961
Índice x peso	118,410	2	59,205	0,273	0,764
Error	3 901,001	18	216,722		
Total	38 722,241	24			

^a. $R^2 = 0,899$ R^2 ajustado = 0,866

Tabla 9. Análisis de varianza para la eficiencia de la mortalidad embrionaria ajustada

ANOVA					
Variable dependiente: % de eficiencia para la mortalidad embrionaria total ajustada					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo ^a	47 781,339	6	7 930,223	109,974	0,000
índice de forma	1 026,576	1	1 026,576	14,236	0,001
Peso de los huevos	2 719,618	2	1 359,809	18,857	0,000
Índice x peso	110,793	2	55,397	0,768	0,478
Error	1 297,976	18	72,978		
Total	48 879,316	24			

^a. $R^2 = 0,973$ R^2 ajustado = 0,965

Tabla 10. Efecto del índice de forma en las componentes principales e variable independiente para la matriz. Resultados de la etapa de incubadora

Indicador	Índice de forma		± ES	Sig.
	66,5 – 75,4	75,5 – 85,5		
Efectividad en la actitud para el desarrollo embrionario	56,84	51,27	1,76	ns
Inefectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días	36,40	39,56	4,25	ns
Eficiencia para la mortalidad embrionaria total ajustada	36,14	49,22	2,45	*
Arcoseno de anillos de sangre	0,100	0,108	0,014	ns

Letras diferentes en cada parámetro indican diferencias significativas para $P < 0,05$, según Tukey.

Tabla 11. Influencia de los pesos en las componentes principales y variable independiente para la matriz Resultados de la etapa de incubadora

Indicador	Pesos (g)			± ES	Sig.
	45-51,5	52-65	+65		
Efectividad en la actitud para el desarrollo embrionario	54,64	55,02	52,01	2,16	ns
Inefectividad para el desarrollo embrionario a los 11 días	36,79	38,47	38,69	5,21	ns
Eficiencia para la mortalidad embrionaria ajustada	50,44a	49,98a	27,63b	3,00	*
Arcoseno de anillos de sangre	0,13	0,07	0,11	0,17	ns

Letras diferentes en los superíndices de cada parámetro, indican diferencias significativas para $P < 0,05$, según Tukey.

dos tipos que son similares. Estos resultados confirman los obtenidos por Robinson (1999) y McLoughlin (2000). Ambos coinciden en que los huevos grandes y supergrandes presentan dificultades con la incubación y no deben someterse a ese proceso por su bajo comportamiento.

CONCLUSIONES

La transformación de las variables originales garantizó su independencia; se cumple así las hipótesis de base del análisis de la varianza.

La interpretación de los resultados se simplifica en las variables canónicas si es utilizado el término de eficiencia o proporción del mejor valor reportado.

REFERENCIAS

CARVAJAL P.; A. A. TREJOS Y J. SOTO: Búsqueda de la relación entre áreas ICFES en Matemáticas, Física, Lenguaje y Rendimiento en Matemática I y

Matemática II. Mediante componentes principales, disponible en [http:// planea.utp.edu.co/ planea](http://planea.utp.edu.co/planea). 2001.

MCLOUGHLIN, G.: “Efecto del tamaño del huevo en el crecimiento pre y post natal de pollitos de engorde”, *Revista Avicultura Profesional*, EE.UU., 18 (2): 24, 2000.

ROBINSON, F.: “Cuál es la relación entre la producción y los nacimientos”, *Revista Avicultura Profesional*, EE.UU., 14 (5): 18, 1999

SALVADOR. M y P. GARGALLO: Análisis exploratorio de datos, disponible en <http://www.5campus.com/lección/aed>, 2003.

SHARMA, S.: *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley and Sons, 1998.

UECAN. Instructivo técnico de tecnología de crianza y regulaciones sanitarias generales de reproductores ligeros y sus reemplazos, Instituto de Investigaciones Avícolas, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 17 pp., 2003. (Mimeo.)