



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTADES DE AGRONOMÍA Y DE CIENCIAS VETERINARIAS
POSTGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL



DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PATRONES ASOCIADOS CON EL PESO DEL HUEVO Y OTRAS VARIABLES EN REPRODUCTORAS PESADAS

Est. Graduada: Ing. Agr. Amayr Alvarado
Tutor: Prof. Ramón lvarez, DPA, MSc, DrSA
Co-Tutor: Prof. Francisco Mateo, Ing. Agr. MSc.

Maracay, Diciembre 2013

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTADES DE AGRONOMÍA Y DE CIENCIAS VETERINARIAS
COMISION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
POSTGRADO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PATRONES ASOCIADOS CON EL PESO DEL
HUEVO Y OTRAS VARIABLES EN REPRODUCTORAS PESADAS**

Ing. Agr. Amayr Alvarado

Trabajo de grado sometido a la consideración de las Comisiones de Estudio para Graduando de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias como requisito parcial para optar al grado de:

Magíster Scientiarum en Producción Animal

Maracay, Diciembre 2013

DEDICATORIA

*A mis queridos y amados padres **Rosa Frasquillo** y **Amado Alvarado** por ser guías espirituales y pilares fundamentales en mi vida.*

*A mis queridos hermanos **Rosman** y **Julio César Alvarado** amigos incondicionales, compañeros de vida.*

A mí misma por permitirme terminar esta meta en mi vida y la cual me ha significado múltiples aprendizajes.

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por darme sabiduría y raciocinio en los momentos más difíciles de mi vida. Por escuchar mis plegarias.

A mi Tutor Prof. Ramón Álvarez, por su valiosa asesoría, por brindarme su amistad sincera, su apoyo incondicional. Quien formó parte de mi vida académica y en la culminación de esta gran meta.

A mi Co-Tutor Prof. Francisco Mateo, quien me enseñó todo lo relacionado con los análisis multivariados. Me ayudó a crecer más como profesional y como persona. Más que mi Co-Tutor, ha sido un AMIGO incondicional, quien siempre me apoyó y contribuyó en la culminación de este estudio.

Al Prof Aouiqw Ascanio, quien con gran mística, simpatía y profesionalismo, aportó grandes ideas para mejorar y culminar esta investigación.

A mi gran familia quienes siempre han estado en los momentos más especiales de mi vida. Agradecida total y especialmente con mis tías Gladys, Caridad y Aida Frasquillo.

A mis grandes amigos Carolina Ramírez y Yurmen Gutiérrez. Quienes siempre me han acompañado en la culminación de mis logros académicos, y los cuales han compartidos muchos momentos en mi vida.

A todos los profesores del PPA-UCV que formaron parte de mi aprendizaje y crecimiento profesional

A todo el personal que labora en el PPA-UCV, especialmente a Marelimar, Sra Marbely y Sr. Ramón. Siempre con un gesto amable y ayuda oportuna. Gracias.

A la casa que vence las sombras, mi gran Alma Mater, mi honorable casa de estudio la **Universidad Central de Venezuela**, a quien le debo quien soy profesionalmente.

A mis compañeros del PPA-UCV quienes compartieron conmigo muchos momentos de risa y estudio.

A todas esas personas que de alguna u otra forma directa o indirectamente formaron parte en la culminación y materialización de esta meta.

DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PATRONES ASOCIADOS CON EL PESO DEL HUEVO Y OTRAS VARIABLES EN REPRODUCTORAS PESADAS

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de encontrar las relaciones que pudieran existir entre una serie de variables obtenidas durante la fase experimental de un estudio llevado a cabo en el 2008 para tres periodos productivos (PP) (fase inicial, intermedia y final) en una granja comercial de reproductoras pesadas ubicada en Belén, Estado Carabobo. Las reproductoras muestreadas provienen del híbrido comercial Ross 308 e ingresaron a la granja entre las 23 y 24 semanas de edad. Las variables evaluadas fueron: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad de la gallina en semana (EG), semana de producción (SP), peso de la gallina (PG), peso del ovario completo (POC), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio (PF1) y número de los folículos amarillos (NFA) las cuales conformaron inicialmente la matriz de datos para realizar un análisis exploratorio de componentes principales (ACP). En primer lugar, se descartaron e identificaron individuos atípicos con la ayuda de las elipses de confiabilidad al 95%. Luego a partir del ACP definitivo se pudo establecer que el sistema quedó definido por tres componentes. El primer CP se caracterizó bajo un enfoque zootécnico como un índice de productividad determinado por las variables EG, PH, PF1 y PG explicando la mayor variación del sistema 35,14%. El segundo CP se definió por las variables POV y NFA con un 18,72% de variabilidad, se pudo interpretar como una variable relacionada con la anatomía reproductiva del ave. El tercero y último CP explicó un 14,70% de la varianza total y quedó definido por la variable FO considerándose como una variable de manejo. En el ACP se pudo evidenciar una separación no concluyente entre los individuos a lo largo del primer CP por lo que se realizó un análisis discriminante canónico (ADC), donde la primera función explicó el 99,3% de la varianza total. Resultando las variables EG, PG y PF1 responsables de la separación de los grupos para los diferentes PP.

Palabras claves: reproductoras pesadas, periodos productivos, análisis de componentes principales, análisis canónico discriminante.

DESCRIPTION OF MAIN PATTERNS ASSOCIATED WITH EGG WEIGHT AND OTHER VARIABLES IN BROILER BREEDERS

ABSTRACT

The present study was undertaken in order to find the relationship between a number of variables obtained during a study conducted in 2008, with three productive periods (PP) (initial, intermediate and final) in a commercial broiler breeder farm located in Belen, Carabobo state. Broiler breeders sampled were the commercial hybrid Ross 308 and entered the farm between 23 and 24 weeks of age. The variables evaluated were: egg weight (PH), age at photostimulation (FO), age of hen in weeks (EG), week of production (SP), hen weight (PG), whole ovary weight (POC), weight of the oviduct (POV), weight of the preovulatory follicle (PF1) and number of yellow follicles (NFA), which initially formed the data matrix for an exploratory principal component analysis (ACP), first were identified and discarded atypical individuals with the aid of 95% confidence ellipse. Then from the final ACP it was established that the system was defined by three principal components (CP). The first CP was characterized under a zootechnical approach as a productivity index measured by variables EG, PH, PF1 and PG, explaining the greatest system variation of 35.14%. The second CP was defined by the variables POV and NFA with 18.72% of variability, interpreted as a variable related to the reproductive anatomy of the bird. The third and last CP explained 14.70% of the total variance and was defined by the variable FO considered as management variable. The ACP could prove inconclusive separation between individuals along the first PC so a canonical discriminant analysis (ADC) was performed, where the first function explained 99.3% of the total variance. Resulting variable EG, PG and PF1 responsible for separating the different groups for PP.

Keywords: broiler breeders, productive periods, principal component analysis, canonical discriminate analysis.

INDICE DE CONTENIDO

	Pp.
Portada.....	i
Contraportada.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de Contenido.....	v
Índice de Cuadros.....	vi
Índice de Gráficos.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	3
II. Revisión de Literatura	4
Importancia de la variable peso del huevo en la industria avícola.....	4
Factores que afectan el peso del huevo.....	4
Relación del peso del huevo con otros componentes reproductivos.....	7
Comportamiento de las Reproductoras en el Trópico.....	7
Métodos de análisis Multivariados.....	8
Análisis de componentes principales.....	9
Análisis canónico discriminante.....	10
III. Materiales y métodos	13
Origen de los datos utilizados en el estudio.....	13
Análisis de componentes principales.....	14
Análisis canónico discriminante.....	15
IV. Resultados y discusión	16
Análisis de componentes principales (ACP) con las nueve variables originales	16
Del estudio.....	

Análisis de componentes principales (ACP) sin datos atípicos para siete variables	20
Análisis canónico discriminante para las variables ES, PG, PF1, NFA, PH, y POV	29
V. Conclusiones	38
VI. Recomendaciones	39
VII. Referencia Bibliográficas	40

INDICE DE CUADROS

Cuadros.....	Pp
1. Matriz de correlaciones simples y niveles de significancia para nueve variables: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad en semana (ES), semana de producción (SP), peso de la gallina (PG), peso del ovario completo (POC), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio F1 (PF1) y número de folículos amarillos (NFA).....	19
2. Matriz de correlaciones simples y niveles de significancia para siete variables: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad en semana (ES), peso de la gallina (PG), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio F1 (PF1) y número de folículos amarillos (NFA).....	20
3. Matriz de componentes principales (CP), valor propio, porcentaje de varianza explicada para cada componente, porcentaje de varianza acumulada e intervalos de confianza al 95%.....	21
4. Pesos de los tres primeros componentes principales para las siete variables (peso del huevo, edad a la fotoestimulación, edad en semana, peso de la gallina, peso del oviducto, peso del folículo preovulatorio F1 y número de folículos amarillos).....	22
5. Cargas de los componentes principales para las siete variables en cuestión.....	27
6. Prueba M Box para determinar igualdad de matrices de varianza-covarianza.....	29
7. Autovalores y % de varianza explicada por las funciones discriminantes canónicas.....	30
8. Pruebas de contraste para las funciones discriminantes canónicas.....	32
9. Coeficientes estandarizados para las funciones discriminantes canónicos.....	32
10. Matriz de estructura.....	33
11. Valores de probabilidad de Hotelling para pruebas múltiples.....	34

12. Análisis de regresión múltiple para las variables EG, PF1 y PG con respecto al PH.....	36
--	----

INDICES DE FIGURAS

Figuras.....	Pp
1. Gráfica del Primer Componente Principal (1 CP) Vs el Segundo Componente principal (2 CP) indicando las elipses de confiabilidad al 95% y los datos atípicos. Verde: gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final.....	18
2. Gráfica 1 CP vs 2 CP. Muestran los individuos en los distintos periodos de producción (Individuos más pequeños hacia la izquierda e individuos más grandes hacia la derecha). Verde, gallinas evaluadas en la fase inicial; azul, gallinas en la fase intermedia y rojo, gallinas en la fase final. Se indica además, los valores de las variables importante dentro del primer componente para un individuo por fase de producción.....	23
3. Gráficas de los Componentes Principales (1 CP vs 2 CP y 2 CP vs 3 CP), las elipses de confiabilidad al 95%. Verde: gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final.....	28
4. Gráfica de eje canónicos (1 eje canónico vs 2 eje canónico). Verde: gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final.....	31

I. INTRODUCCIÓN

Los patrones que caracterizan un sistema, quedan definidos por factores que pueden interpretarse como funciones, combinaciones o relaciones entre variables. Así, si se pretende describir una unidad de producción bien sea un sistema de gallinas ponedoras o pollos de engorde, queda claro entonces, que estos pueden estar simultáneamente afectados por distintos factores (bióticos y abióticos) y que además, entre dichos componentes podría observarse efectos sinérgicos y de retroalimentación.

Clouet (1983) y Freitas (1991), indican que el estudio de un sistema es importante para poder describir la diversidad de todos los elementos o variables que interactúan o son independientes en un sistema productivo. Por otro lado, saber si una variable dentro del sistema es o no independiente, no es tarea sencilla. Estas variables que aparentan independencia, en realidad se autorregulan, pero también responden a estímulos del medio externo. Esto obliga a concebir los sistemas como un conjunto armónico y coherente donde cada variable de acuerdo con sus salidas y entradas y las interrelaciones con el medio, se ubican en una jerarquía o nivel de importancia (Hermy y Paul *et al.*, 1991).

Sobre la base de lo antes expuesto y de acuerdo por lo señalado por Aviagen (2001), las aves reproductoras son sensibles a variaciones dentro del sistema, y los patrones que se observan en la producción de huevo pueden estar sujetos a distintos procesos e interacciones asociados con la genética, la alimentación, los requerimientos nutricionales y las prácticas de manejo. Por otra parte, es importante destacar que existe poca información (sobre estos procesos e interacciones) enfocada al estudio de las reproductoras pesadas en el trópico (Álvarez y Hocking, 2007).

En este sentido y tomando en cuenta la importancia de la variable peso del huevo en la industria avícola y mucho más en granjas de reproductoras pesadas, pareciera necesario llevar a cabo investigaciones que permitan determinar cuáles son los principales factores relacionados con la productividad de las reproductoras, que contribuyan a maximizar el número de huevos incubables, objetivo principal de cualquier granja de reproductoras (Poole, 2003). Así, una mayor producción de huevos con pesos adecuados para los procesos de incubación, se verán reflejados en generar más pollitos BB vivos por huevo incubado (producto final de todo el sistema productivo)

Una reducción de la cantidad, calidad y pesos de los huevos incubables, puede perjudicar la obtención de proteína de origen animal (carne y huevos) a una población que aumenta de manera acelerada que constantemente demanda estos productos avícolas (García, 2009). En consecuencia, predecir el peso de los huevos en un sistema productivo de aves y conocer los factores que determinan el tamaño del huevo, recordando la importancia de esta variable sobre el % de huevos incubables (Sánchez, 2009) representaría una herramienta para evaluar alternativas que permitan al menos evaluar su posible manipulación a nivel de granja para elevar el número y producción de huevo incubables.

En tal sentido, y debido a la multiplicidad de interacciones antes señaladas, se plantea la siguiente propuesta de un enfoque de estudio multidimensional, con un análisis de componentes principales (ACP), y un análisis discriminante canónico (ADC), con el propósito de reducir la dimensionalidad de un conjunto de variables originales con la menor pérdida de información posible, para entender los patrones asociados con lotes de reproductoras pesadas provenientes de una granja comercial, muestreadas en distintos periodos productivos.

Sobre la base de lo expuesto, se plantean los siguientes objetivos:

1. Objetivo general

Describir los principales patrones multivariados asociados con el peso del huevo y otras variables en reproductoras pesadas.

2. Objetivos específicos

1.- Explorar las relaciones entre las variables: peso del huevo, edad a la fotoestimulación, edad de la gallina en semana, semana de producción, peso de la gallina, peso del ovario completo, peso del oviducto, peso del folículo preovulatorio (F1) y número de folículos amarillos, con un análisis multivariado de componentes principales.

2.- Determinar, mediante la inspección de los componentes principales, aquellas variables con mayor peso en la valoración del sistema.

3.- Describir las relaciones entre las distintas variables definidas por dichos componentes principales.

4.- Interpretar mediante un análisis discriminante canónico (ADC) las diferencias entre los grupos (periodos productivos).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de la variable peso del huevo en la industria avícola

En las granjas de reproductoras una de las variables que más afecta la productividad, es el % de huevos incubables y esta variable a su vez está relacionada con el peso de los huevos. Éstos requieren de un tamaño apropiado para ser catalogados como incubables. De este modo, manipular el peso del huevo se pudiera convertir en una poderosa herramienta para aumentar la productividad en las granjas de reproductoras.

En consecuencia, conocer la importancia de la variable peso del huevo en estos sistemas, representa una ventaja para la industria avícola, ya que, el peso del huevo a lo largo de toda la vida productiva de un lote de reproductoras, tiene importantes repercusiones en el rendimiento del pollo de carne (García, 2009). Los pollitos BB más pesados, son de mejor calidad, tienen más yema residual y son menos propensos a la deshidratación y a la pérdida de calor (García, 2009). Generalmente el peso del pollito se encuentra en un rango de 62 a 72% del peso inicial del huevo (Abiola *et al.*, 2008).

Cuando existe variaciones (aumento o disminución) referidas al peso del huevo incubable, la consecuencia se refleja en una reducción de los índices productivos del rendimiento del pollito por la relación entre el peso del huevo, embrión y peso del pollito al nacer (representando una correlación positiva). Esta relación se ha encontrado en los trabajos de Ferreira, (2010); Suárez *et al.* (1997); Bruzual *et al.* (2000); Taylor (2000) y Reis *et al.* (1997). Esta misma correlación también se observó en codornices (*coturnix coturnix japonica*) Lembcke *et al.* (2001) y en iguanas overa (*tupinambis teguixin*), (*Saura: teiidae*) Yanosky y Mercolli (1995) respectivamente.

Factores que afectan el peso del huevo

Uno de los principales componentes de la producción de aves reproductoras, es la obtención de la mayor cantidad de huevos fértiles e incubables y la producción de pollitos nacidos por ave, así como también la máxima producción de pollito de primera, Rosales *et al.*, (2010). Sin embargo, existen varios factores que inciden en los parámetros productivos del lote como son la estirpe, salud del ave, nutrición, edad de las reproductoras, peso del huevo, condiciones de almacenamiento,

estación del año, así como los parámetros de calidad interna y externa del huevo. También, distintas variables productivas y reproductivas (Chan *et al.*, 2007).

Generalmente en un sistema productivo de aves, existen diversos componentes que pueden condicionar el peso de los huevos. Los cambios que se pueden observar en variaciones referidas al peso del mismo, pueden estar sujetas a diferentes variables biológicas (propias de un individuo) las cuales pueden ser afectadas por múltiples factores. Poole (2003), indica que una disminución o aumento en el peso del huevo generalmente puede relacionarse a condiciones propias del animal, tales como:

- ✓ La variabilidad de la madurez sexual
- ✓ Peso corporal al inicio de la puesta
- ✓ Programas de fotoestimulación.

Diferentes autores como Cooper (2007) y Chang (2007) han señalado, que el peso del huevo depende de varios factores productivos y reproductivos, entre ellos están: la línea de la gallina, la edad en la que inicia la producción, el peso de las pollitas, las condiciones ambientales, la iluminación y la nutrición. Estos mismos aspectos concuerdan con lo establecido por Philippe (2003), el cual expresa que, el peso promedio del huevo puede variar considerablemente de 2 a 3 g mediante la utilización de técnicas como la alteración de la edad a la madurez sexual o los cambios en el peso corporal al inicio de la postura. De la misma forma Leeson (1996), destaca que los huevos de menor peso posiblemente se deban en gran medida a la madurez sexual temprana y a la condición corporal del ave al inicio de la puesta

Igualmente, ensayos realizados por Morris (1967), referidos a la madurez sexual en diferentes latitudes, determinaron que la diferencia en la madurez sexual entre la primavera y el otoño depende de la amplitud de la variación en la duración del día, donde el propósito de los programas de iluminación era controlar la edad al inicio de la postura para evitar la influencia en la variación en la madurez sexual, permitiendo mejorar el rendimiento en cuanto al número y peso promedio de huevos.

En este sentido, algunos investigadores estiman que el peso corporal al momento de la madurez sexual es el principal determinante del tamaño del huevo. De igual forma, Wilson (1998) establece que el peso y tamaño del huevo se puede manipular por el peso corporal y la madurez sexual de las hembras.

Sin embargo, el peso de las aves no solamente repercute sobre el porcentaje de postura, ya que, también presenta un efecto sustancial con el peso del huevo y con ello en el peso final del pollito (Van Krey y Weaver, 1998; Summers, 1990). Este último coincide por lo expuesto por Arce *et al.* (2002) quienes indican que, generalmente la progenie de reproductoras de mayor edad y de mayor peso de huevo incubable tienden a manifestar mejor desarrollo de peso corporal. En consecuencia, la relación de peso del pollo/peso del huevo se mantiene constante en la mayoría de las especies aviares. Así, si las hembras presentan un bajo peso corporal al inicio de la producción, se afectará adversamente el porcentaje y tamaño de huevos producidos (Nilipour, 1997a). Además, las consecuencias del sobrepeso en las hembras reproductoras se manifestarán con una menor producción y huevos de mayor tamaño, lo cual disminuye la incubabilidad de los mismos (Nilipour, 1997b).

Al revisar los estudios realizados por Morris (1980) y Koutoulis (1997), se pudo conocer que la estimulación de pollas ISABrown a las 8 semanas de edad mediante el aumento de la duración del día (fotoperiodos), les permitió obtener un aumento en el peso del huevo promedio de 3 g al inicio de postura. Estas investigaciones han demostrado que el peso del huevo se incrementa en 1 g cuando la madurez sexual se retrasa una semana. Lewis (1995), indica que el peso del huevo depende del peso corporal de la polla al inicio de la postura.

El tamaño de los huevos también se ha visto relacionado con la secuencia de estos en una serie; en la mayoría de los casos el primer huevo de la serie es el más pesado, pero cada uno de los huevos siguientes serán proporcionalmente más pequeños (McCloughlin y Gous, 2000; Brake, 1999; Mauldin, 2001). Existen además, variaciones individuales entre las gallinas con respecto al tamaño del huevo producido. Algunas de ellas ponen huevos más pequeños que los puestos por otras.

Relación del peso del huevo con algunas variables reproductivas

Investigaciones realizadas por Alvarado (2009), Da Silva (2009) y Gámez *et al.*, 2012 donde evaluaron el patrón de producción de folículos amarillos a lo largo de todo un período productivo en reproductoras pesadas, determinaron la relación del peso del ovario y del oviducto con respecto al peso del huevo para tres fases del periodo de postura (fase inicial, intermedia y final). Para el caso del ovario se obtuvieron valores de R^2 (0,1926; 0,020 y 0,0004 respectivamente en estas tres fases).

Robinson *et al.* (2003), establecen que en un ave normal, los folículos preovulatorios son organizados en una jerarquía de tamaños y representan el mayor peso del ovario. La cantidad y peso de estos folículos de mayor tamaño están regulados por el tamaño del ave, el nivel de alimentación y el estatus reproductivo.

En el estudio se pudo inferir que, el peso del ovario esté determinado, tanto por el peso como por el número de folículos amarillos, sin embargo, la relación entre estas variables no es clara. Similar situación se observó en el caso del oviducto.

Comportamiento de las reproductoras en el trópico

Si bien lo mencionado antes se cumple para gallinas criadas en clima templado como para aquellas criadas en el trópico, existen algunas particularidades que las distinguen, y vale la pena mencionar.

Las reproductoras pesadas en el trópico comienzan su ciclo de postura con un retardo de aproximadamente 2 semanas respecto a las de clima templado (Lewis, 2006), lo que origina una mayor persistencia de la curva de producción (Álvarez y Hocking, 2009). Debido a esta condición, las aves presentan mayores pesos corporales provocando el aumento de los pesos de los huevos (Robinson *et al.*, 2003). Sin embargo, no se tiene definido qué características tanto productivas como reproductivas pueden estar influyendo en las variaciones del peso del huevo, sabiendo que la industria acepta un peso mínimo del huevo de 52 g para garantizar una incubación exitosa, con la

finalidad de asegurar una buena calidad del pollo, cuando el principal rasgo de calidad a evaluar, sea el peso del huevo (Wilson, 1991).

Métodos de Análisis Multivariados

Pocas veces es posible relacionar una variable de interés zootécnico a un solo factor dentro del sistema de producción y normalmente está asociada a una serie de factores. De allí que a la hora de querer manipular con mayor precisión dicha variable, resulte necesario hacer un estudio donde contemplen al menos una parte de estos factores. En tal sentido, los métodos de análisis multivariados corresponden a la rama de la estadística y del análisis de datos, que estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre la base de un conjunto de datos con más de una variable, que pueden ser de tipo cuantitativo, cualitativos o una mezcla de ambos (Cuadras, 1991).

La información en los análisis multivariados es, por lo tanto, de carácter multidimensional. Además, son útiles para ayudar a los investigadores a hacer que tenga sentido conjuntos grandes, complicados y complejos de datos que constan de múltiples variables. La importancia y la utilidad de los métodos multivariados aumentan al incrementarse el número de variables que se están midiendo y el número de unidades experimentales que se están evaluando (Dalla, 2000).

Según Kendall (1980), en el campo multivariado pueden utilizarse diferentes enfoques, tanto por los distintos tipos de situaciones que se presentan al obtener los datos, como por el objetivo específico del análisis. Los más importantes son: simplificación de la estructura de los datos, clasificación, análisis de la interdependencia, análisis de la dependencia, formulación y pruebas de hipótesis.

Dallas (2000), explica que a menudo el interés de los análisis multivariados es resumir grandes cantidades de datos por medio de pocos parámetros. El tema subyacente de muchas técnicas multivariadas es la simplificación. El interés de los análisis multivariados es encontrar relaciones entre: 1), las variables respuesta; 2), las unidades experimentales y 3), tanto las variables respuestas como las unidades experimentales. Además, muchas técnicas multivariadas tienden a ser de

naturaleza exploratoria en lugar de confirmatoria. Es decir, muchos métodos multivariados tienden a motivar hipótesis en lugar de probarlas (Peña, 2002).

Es importante mencionar que, las técnicas estadísticas multivariados logran dos funciones principales (no independientes entre sí), como son: la de describir y la de hacer inferencia. Desde un punto de vista descriptivo, proporcionan normas para combinar las variables de una manera óptima. Desde el punto de vista inferencial, proporcionan un control explícito sobre la tasa de error. (McGarial *et al.*, 2000).

Los métodos estadísticos multivariados pueden aplicarse a tareas de exploración, diagnóstico e inferencia en distintas áreas científicas. Han sido usados por climatólogos y meteorólogos para la delineación de patrones de temperatura, presión, precipitación, etc. (Richman, 1981; Legates, 1991; Brier y Meltesen, 1976; Davis *et al.*, 1991); en investigaciones de clasificación de áreas homogéneas de suelos (Ovalles y Collins, 1988; Kosaki y Juo, 1989 y Nash y Daugherty, 1990); en estudios con insectos (Sharma, 1988); en tecnología de alimentos (Powers, 1988 y Resurrección, 1988); en análisis atmosféricos (Barnett, 1977 y Kutzbach, 1967); zoología (Thorpe, 1988 y Mateo, 2004; 2005); geofísica (Redmond y Koch, 1991); botánica (Ariyo y Odulaja, 1991), horticultura (Hobson *et al.*, 1990 y Iezzoni y Pritts, 1991); fitopatología (Shuh *et al.*, 1987); ecología (Pla, 1982; Morin *et al.*, 1989; Hermy y Paul, 1991); genética (Fundora *et al.*, 1988); en clasificación de sistemas de producción de leche (Quevedo, 1991).

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) pertenece a un grupo de técnicas estadísticas multivariados, eminentemente descriptivas. El enfoque francés de este análisis fue desarrollado por Benzecri (1980). Posteriormente, ha sido muy difundido, especialmente en el tratamiento de grandes cantidades de datos (Cuadras, 1991). El ACP permite reducir la dimensionalidad de los datos, transformando un conjunto de **p** variables originales en otro conjunto de **q** variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Las **p** variables son medidas sobre cada uno de los **n** individuos, obteniéndose una matriz de datos de orden **np** (**p < n**) (Dallas, 2000).

Las nuevas variables (componentes principales), son combinaciones lineales de las variables originales y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total de los datos. El ACP es un método matemático que no requiere la suposición de normalidad multivariada de los datos, aunque si esto último se cumple, se puede dar una interpretación más profunda de dichos componentes (Plas, 1986; Dallas, 2002; Peña, 1991 y Cuadras, 1991).

En el ACP existe la opción de usar la matriz de correlaciones o bien la matriz de covarianzas. En la primera opción se le está dando la misma importancia a todas y a cada una de las variables; esto puede ser conveniente cuando el investigador considera que todas las variables son igualmente relevantes. La segunda opción se puede utilizar cuando todas las variables tengan las mismas unidades de medida y además, cuando el investigador juzga conveniente destacar cada una de las variables, en función de su grado de variabilidad (Peña, 1991).

Análisis Discriminante Canónico

El análisis discriminante busca identificar, a partir de una serie de indicadores, si es posible "discriminar" si una observación pertenece a un determinado grupo de entre varios existentes; seleccionar cual o cuales de esos indicadores contribuyen más al proceso de discriminación, y adicionalmente permite estimar funciones de clasificación para ubicar nuevos casos (Muñoz, 1998). Esta técnica estadística de la rama del análisis multivariante, presenta la particularidad de que la variable dependiente es indicadora y no numérica como en el análisis de regresión.

Al respecto Flores *et al.* (2001) indica que en el análisis discriminante, se coloca en relación una variable medida en escala nominal (la adscripción a grupos o variables dependientes) con un conjunto de variables medidas en escala de intervalo (las variables discriminantes o independientes).

El análisis discriminante incluye dos tipos de tareas estadísticas estrechamente relacionadas entre sí. Una es la clasificación de individuos o casos en grupos preexistentes. Y la otra facilita el examen de las diferencias entre dos o más grupos, donde el propósito perseguido en el uso de esta

técnica es la descripción de diferencias entre grupos y la predicción de pertenencia a los grupos (Flores *et al.*, 2001). La aplicación del análisis discriminante se apoya en una serie de supuestos tal como ocurre ante cualquier técnica estadística. Estos supuestos representan condiciones que garantizan la existencia de un isomorfismo entre la situación real y el modelo estadístico de análisis. Básicamente, estos supuestos son:

- ✓ Normalidad multivariante
- ✓ Homogeneidad de matrices de varianza-covarianza
- ✓ Linealidad
- ✓ Ausencia de multicolinealidad y singularidad

Sobre la base de los antecedentes científicos y las referencias citadas, se indica que el peso del huevo no se atribuye específicamente a un solo factor, ya que es un parámetro individual para cada ave y generalmente, es una variable biológica que puede ser afectada por múltiples factores en un sistema productivo.

La literatura establece que tal vez el peso de la yema está más asociado al peso y el tamaño del huevo, pero aún no se ha comprobado esta relación ni la magnitud de esta. Otros autores expresan que el peso de la pollona en la madurez sexual, es el principal determinante en el peso de los huevos. En este sentido, la interacción y los procesos que se involucran en una granja avícola, están en función del ambiente que rodea a los individuos, y a condiciones como la temperatura, humedad relativa (HR%), precipitación, fotoperiodos, alimentación y nutrición, manejo, programas de luz así como al ambiente interno de los galpones de producción, pueden ser variables que afecta el desempeño productivo del animal más aún, si se trata del manejo de reproductoras pesadas.

Es importante señalar que el principal producto de salida de un sistema de reproductoras pesadas es la mayor cantidad de huevo incubable y de mayor peso para garantizar incubaciones exitosas; de esta manera, se puede maximizar la producción de proteína de origen animal (carne y huevos).

Bajo esta condición, los análisis estadísticos multivariados se han utilizado en múltiples áreas del conocimiento, hasta el punto que hoy en día su empleo es habitual en el ámbito de muchas ramas científicas, representando una potente herramienta para poder describir los principales patrones de un sistema. Esto representaría una ventaja tanto para la industria avícola como para los productores a nivel de granja, permitiendo visualizar mejor las relaciones e interacciones de una gran diversidad de factores, siguiendo la metodología planteada en este estudio, para poder dar respuesta a un conjunto de variables no analizadas de manera aislada, sino de manera conjunta interactuando entre sí.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los datos utilizados en el estudio

Los datos utilizados en el estudio provienen de una granja comercial de reproductoras pesadas, ubicada en Belén estado Carabobo situada a una latitud de 9° 59` y longitud de 67° 42`, a una altura de 800 m.s.n.m. La base de datos se originó entre los meses de enero y diciembre del año 2008. Las reproductoras muestreadas pertenecían al híbrido comercial Ross 308 que ingresaron a la granja de producción teniendo entre las 23 y 24 semanas de edad, provenientes de granjas de cría y levante pertenecientes a la misma empresa.

Una vez en las granjas de producción, las aves son sometidas a un programa de fotoestimulación para que inicien la postura. Este programa básicamente consistió en incrementar progresivamente las horas de luz hasta alcanzar las 16 h totales por día. Entre 15 y 21 días después de haber iniciado esta práctica se comenzó con la toma de los datos, lo cual se mantuvo hasta el final del periodo de postura que duró entre 50 y 52 semanas.

Para la obtención de los datos, desde el inicio y el final del periodo de postura, semanalmente fueron seleccionadas 10 gallinas al azar entre los diferentes galpones que conformaban cada lote. Posteriormente, las aves fueron llevadas a un lugar de trabajo donde se determinó para cada gallina, su peso vivo. Luego, se sacrificaron mediante dislocación cervical para realizar la disección y poder extirpar el ovario y el oviducto completo, con el fin de poder pesarlos separadamente.

Los folículos amarillos fueron separados del ovario y pesados individualmente. Durante la extirpación del oviducto, algunas gallinas presentaron huevo ya formado en útero. En esos casos, dichos huevos se retiraron y fueron pesados de manera individual. En consecuencia, los datos provenientes de las gallinas con huevo presente en útero, fueron los considerados para construir la matriz que se utilizó para los análisis del estudio.

Inicialmente la matriz de datos estuvo conformada por las variables: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad de la gallina en semana (EG), semana de producción (SP), peso de la gallina (PG), peso del ovario completo (POC), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio (PF1) y número de los folículos amarillos (NFA). Las distintas variables se ubicaron

en las columnas en una hoja del cálculo, mientras que los distintos individuos (147 gallinas) muestreados se colocaron por periodo en las filas, constituyendo de esta manera la matriz inicial de trabajo.

Análisis de Componentes Principales

Una vez elaborada la matriz inicial de datos, se condujo un análisis de componente principal (ACP) con una matriz de correlaciones puesto que las variables están en distintas unidades de medidas y con la finalidad de homogeneizar la diferencia de varianza que pudiera presentar las distintas variables (Dallas, 2000).

Los resultados del primer análisis de componentes principales (para 9 variables), se emplearon para descartar los individuos atípicos con la ayuda de las elipses de confiabilidad al 95% y para obtener la matriz de correlaciones simple, necesaria para reconocer correlaciones superiores a ($\geq 0,70$) que pudieran indicar variables redundantes (la misma información compartida por dos o más variables) McGarrial *et al.*, (2000). Una vez identificadas, en la matriz de correlación, aquellas variables con valores altos ($\geq 0,70$), se procedió a eliminar una de cada par. La decisión para descartar las variables altamente correlacionadas se basó en la importancia de la misma dentro del estudio (McGarrial *et al.*, 2000).

Para el segundo y último ACP se obtuvieron las gráficas de las elipses de confiabilidad al 95% para observar el comportamiento de los diferentes individuos dentro de los primeros componentes (CP). Luego a partir de éste ACP se determinaron los dos productos principales de la técnica, los valores propios y los vectores propios.

El valor propio representa la varianza de los correspondientes componentes principales, es decir mide el grado de variación de las observaciones (gallinas reproductoras) a lo largo del componente principal. Mientras que el vector propio se asocia con cada valor propio, y queda definido por un número de coeficientes igual al número de variables consideradas en el análisis. Estos coeficientes se conocen como los pesos de los componentes. El estudio consideró sólo aquellos componentes con valores propios superiores a la unidad ($\lambda \geq 1$).

Posteriormente se evaluaron los pesos dentro de cada componente (es decir, los coeficientes de cada vector propio) con el fin de ubicar los mayores valores y poder definir la importancia de las variables dentro de los componentes. Cabe destacar, que los pesos no representan las correlaciones reales de las variables originales (McGarigal *et al.*, 2000). En tal sentido, se procedió a interpretar las "cargas" para verificar la relación real entre las variables y el componente.

Análisis Discriminante Canónico

Con base en los resultados obtenidos del ACP, se realizó un análisis canónico discriminante (ACD) con el propósito de confirmar las diferencias entre los periodos productivos evaluados. Para mejorar los resultados y su interpretación, se eliminó, de la matriz de datos, la variable edad a la fotoestimulación por ser una variable medida en una escala distinta a la de intervalo o razón.

En primer lugar, se obtuvo la prueba de M Box (Martori, 2003) para verificar si las matrices de varianza-covarianza (VC) pertenecen o no a la misma población. Luego, se obtuvieron las funciones discriminantes útiles en la discriminación de los grupos (periodos productivos).

Se obtuvo las gráficas de los ejes canónicos para visualizar el comportamiento de los grupos a lo largo de los mismos.

Seguidamente, para la interpretación de las funciones discriminantes se verificaron las variables discriminantes y finalmente, se verificó la matriz de estructura la cual considera las correlaciones de cada una de las variables con las funciones discriminantes.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes estadísticos PAST versión 2.01 y el SPSS versión 18.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes principales (ACP) con las nueve variables originales del estudio.

El primer análisis llevado a cabo con las nueve variables originales: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad de la gallina en semana (EG), semana de producción (SP), peso de la gallina (PG), peso del ovario completo (POC), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio (PF1) y número de los folículos amarillos (NFA), permitió en primer lugar identificar los datos atípicos a partir de las elipses de confiabilidad. En la Figura 1, se pueden observar los datos atípicos en una muestra aleatoria, lo cual puede deberse a efectos ambientales adversos, aberraciones de la respuesta biológica de un organismo McGarigal *et al.* (2000) o por errores en la toma de medidas.

Generalmente, estos datos atípicos ejercen una gran influencia en la dirección del eje del componente y pueden afectar en gran medida la distribución de las observaciones (individuos) en dicho eje. Así, en esta gráfica 1CP versus 2CP y con la ayuda de las elipses de confiabilidad al 95%, se detectaron 4 individuos atípicos. Estos fueron:

- ✓ La gallina 28 con una edad de 33 semanas, registró 11 folículos amarillos (FA) presentes en su ovario, lo que resulta ser una conducta inusual para un ave normal en producción. Al inicio de la postura se ha encontrado que el número de FA varía entre cinco y siete en aves restringidas convencionalmente (Hocking *et al.*, 1987; Hocking *et al.*, 1989; Hocking, 1993,1996, 2004).
- ✓ La gallina 31 con la misma edad de la gallina 28, presentó un peso del folículo preovulatorio F1 de 13,63g, es decir un peso muy bajo comparado con todas las aves muestreadas para esta etapa de producción.
- ✓ La gallina 101, con un registro de peso de huevo igual a 102,1 g, peso que se relaciona más a huevos de doble yema (huevos morochos) y no a un peso de huevo normal para una edad de 44 semanas.

- ✓ La gallina 127, la cual registró un total de 3 FA en su ovario, el menor valor entre todas las observaciones del último periodo de producción con una edad de 61 semanas.

Identificados y descartados los individuos atípicos se evaluó la matriz de correlación (Cuadro 1) para las nueve variables, con el fin de eliminar aquellas variables redundantes. Según McGarigal *et al.* (2000) se dice que hay redundancia entre dos o más variables cuando estas comparten la misma información y se logran identificar con la inspección de la matriz de correlación, al verificar aquellas correlaciones con un valor igual o mayor a 0,70.

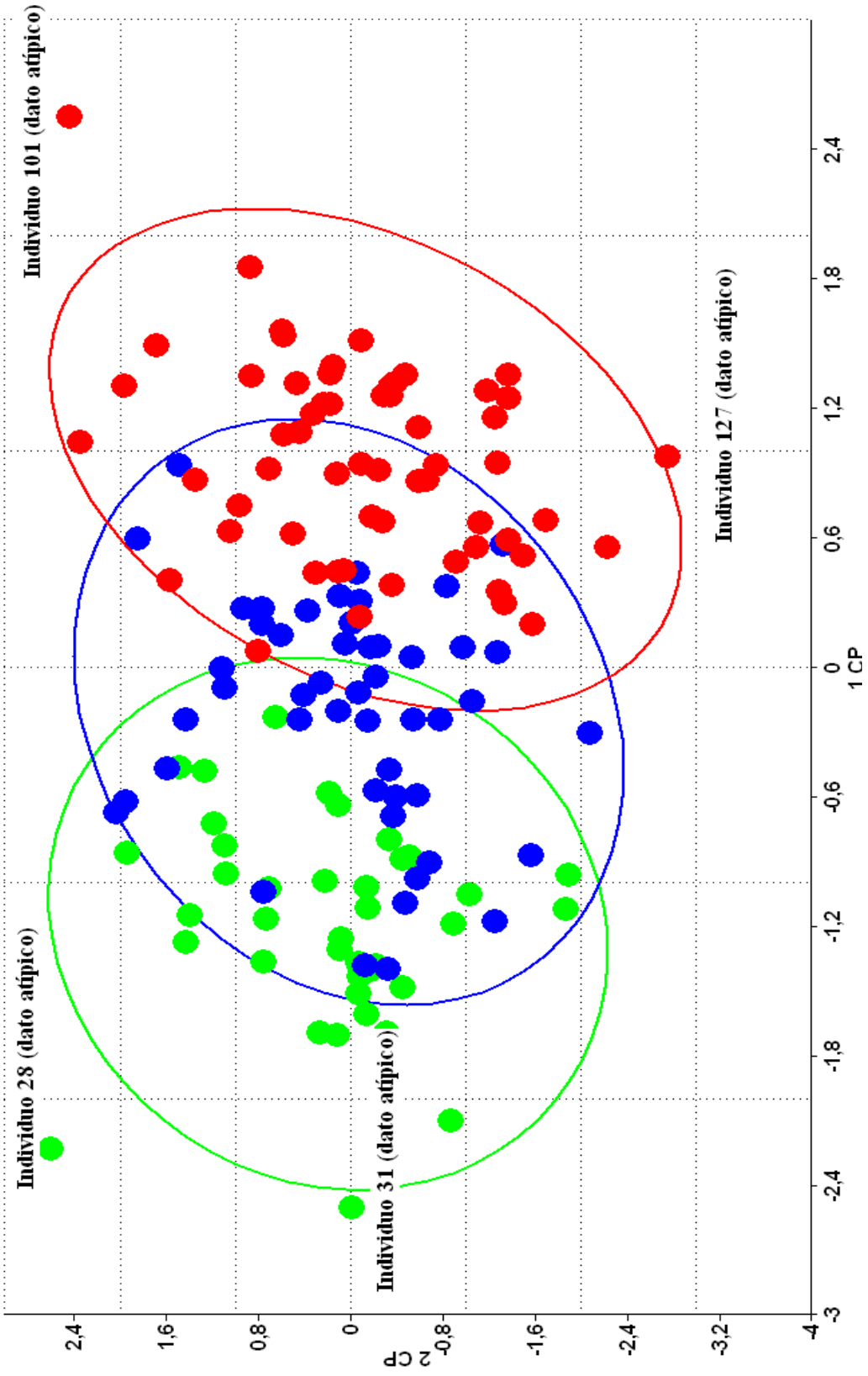


Figura 1. Gráfica del Primer Componente principal (1 CP) el Segundo Componente Principal (2 CP) indicando elipses de confiabilidad al 95% y los datos atípicos. Verde gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas evaluadas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final de evaluación.

Seguidamente, en el Cuadro 1 se observa que la semana de producción y la edad de la gallina en semana, tienen una correlación de 0,995; y que el peso del ovario con respecto al número de folículo amarillo registra una correlación de 0,664. Es decir, que la edad de la gallina en semanas y la semana de producción, son variables que podrían estar generando la misma información al igual que el peso del ovario y el número de folículo amarillo. McGarigal *et al.* (2000), proponen eliminar unas de las variables altamente correlacionadas con menor importancia dentro del estudio para corregir los posibles efectos de redundancia (esto no significa que las variables eliminadas no sean importantes). En este sentido, se descartaron las variables semana de producción y peso del ovario completo en la matriz de datos del siguiente ACP.

Cuadro 1. Matriz de correlaciones simples y niveles de significancia para nueve variables: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad de la gallina en semana (EG), semana de producción (SP), peso de la gallina (PG), peso del ovario completo (POC), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio F1 (PF1) y número de folículos amarillos (NFA).

	FO	SP	EG	PG	POC	PH	POV	PF1	NFA
FO	1,000								
SP	-0,191*	1,000							
EG	-0,090 ns	0,995**	1,000						
PG	-0,040 ns	0,510**	0,512**	1,000					
POC	0,110 ns	-0,151ns	-0,143 ns	0,114 ns	1,000				
PH	-0,051 ns	0,558**	0,559**	0,309**	0,077 ns	1,000			
POV	0,023 ns	-0,006 ns	-0,003 ns	0,229**	0,199**	0,221**	1,000		
PF1	-0,005 ns	0,458**	0,463**	0,385**	0,367**	0,557**	0,036 ns	1,000	
NFA	-0,036 ns	-0,396**	-0,406**	-0,018 ns	0,664**	-0,191**	0,169*	-0,08 ns	1,000

*P = <0,05; **P = <0,01; ns = No significativo.

La variable semana de producción se refiere al estatus productivo en base a un referencial de producción previamente establecido, donde los animales de un lote se ubican en una semana

específica de producción de huevos. Mientras que la edad de la gallina en semana, representa toda la vida de una gallina, es decir, se incluye la etapa de cría, levante y producción. Por lo tanto, esta variable desde un punto de vista zootécnico genera mucha más información que la variable semana de producción. De igual forma, el peso del ovario completo está más relacionado con el peso y número de folículos amarillos presentes en él, y son los que determinan el mayor peso del ovario. Estos argumentos se sustentan con antecedentes científicos encontrados en los trabajos y guías técnicas de Alvarado (2009), Da Silva (2009) Gámez *et al.* 2012 y Aviagen (2001).

Análisis de componentes principales sin datos atípicos y para siete variables

El análisis previo permitió sincerar la matriz de estudio, ahora con 4 individuos menos y siete variables, como son: peso del huevo, edad a la fotoestimulación, edad de la gallina en semanas en semana, peso de la gallina, peso del oviducto, peso del folículo preovulatorio F1 y número de folículos amarillos.

Al observar el Cuadro 2, se puede verificar la matriz de correlaciones con esta nueva conformación. Se puede comprobar que no hay correlaciones iguales o superiores a 0,70 y por tanto no hay más redundancia que corregir.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones simples y niveles de significancia para siete variables: peso del huevo (PH), edad a la fotoestimulación (FO), edad de la gallina en semana (EG), peso de la gallina (PG), peso del oviducto (POV), peso del folículo preovulatorio F1 (PF1) y número de folículos amarillos (NFA).

	FO	EG	PG	PH	POV	PF1	NFA
FO	1,000						
EG	-0,091ns	1,000					
PG	-0,043ns	0,516**	1,000				
PH	-0,114ns	0,552**	0,328**	1,000			
POV	0,017ns	-0,029 ns	0,222**	0,201**	1,000		
PF1	-0,011ns	0,422**	0,385**	0,523**	-0,080 ns	1,000	
NFA	-0,105ns	-0,381**	-0,016 ns	-0,212**	0,200**	-0,015ns	1,000

*P = <0,05; **P = <0,01; ns = No significativo

El Cuadro 3 muestra los componentes y el porcentaje de varianza que explica cada uno de ellos. Basándose en el criterio de seleccionar sólo aquellos componentes con valores propios superiores a uno ($\lambda \geq 1$), el análisis se concentró en los tres primeros, los cuales explican el 68,55% de la variación total que registra el sistema.

Como es de esperar el primer componente principal, explicó la mayor variación del sistema- y los sucesivos componentes las mayores variaciones no explicadas por el componente anterior (Peña, 1991 y Dalla, 2000). En este caso, 18,72 y 14,70% para el segundo y tercero respectivamente. Seguidamente, se presenta el cuadro 3.

Cuadro 3. Matriz de componentes principales (CP), valor propio, porcentaje de varianza explicada para cada componente, porcentaje de varianza acumulada e intervalos de confianza al 95%.

CP	Valor propio	% Varianza	% Acumulativo	LI	LS
1	2,485	35,135	35,135	32,112	39,262
2	1,201	18,715	53,850	14,802	22,268
3	1,070	14,695	68,546	11,582	18,164
4	0,922	12,593	81,139	9,1782	16,035
5	0,716	9,9041	91,043	7,5741	12,161
6	0,337	5,0871	96,130	3,3156	6,0243
7	0,266	3,8702	100,00	2,6939	4,9617

LI: límite superior, LS: límite superior

El número de coeficientes en un vector propio (componente principal) es igual al número de variables en la matriz de estudio, estos coeficientes se conocen como "pesos" de los componentes. En este caso, tal como se observa en el Cuadro 4, el primer componente (1CP) queda definido por las variables edad de la gallina en semana, peso del huevo, peso del folículo F1 y peso del ave. El 2 CP por las variables peso del oviducto y número de folículos amarillos y el tercer CP por la variable fotoestimulación.

Cuadro 4. Pesos de los tres primeros componentes principales para las siete variables (peso del huevo, edad a la fotoestimulación, edad de la gallina en semana, peso de la gallina, peso del oviducto, peso del folículo preovulatorio F1 y número de folículos amarillos)

VARIABLES	Componente		
	1CP	2CP	3CP
Edad de la gallina en semanas	0,826	-0,259	0,029
Peso huevo	0,803	0,023	-0,034
Peso folículo F1	0,708	-0,044	-0,105
Peso de la gallina	0,710	0,289	0,039
Peso oviducto	0,170	0,820	0,198
Número de FA	-0,284	0,686	-0,372
Edad a la Fotoestimulación	-0,110	0,019	0,925

1CP: primer componente principal; 2CP: segundo componente principal; 3CP: tercer componente principal

Sobre la base de los resultados y la información generada hasta ahora por el análisis de componentes principales, el estudio muestra un sistema definido por tres componentes.

El 1CP explica un 35,14% de la variabilidad observada, y puede describirse, desde un enfoque zootécnico, como un índice de productividad, ya que queda definido por la relación lineal de las variables: EG, PH, PF1 así como PG, especificado más adelante en el cuadro 5. Lo anterior puede observarse en la gráfica de los componentes (Figura 2) en la que se aprecia la distribución de los individuos a lo largo del primer componente principal, en donde los más pequeños y por tanto con valores bajos para las variables, están hacia la izquierda y los más grandes con valores altos de variables, a la derecha.

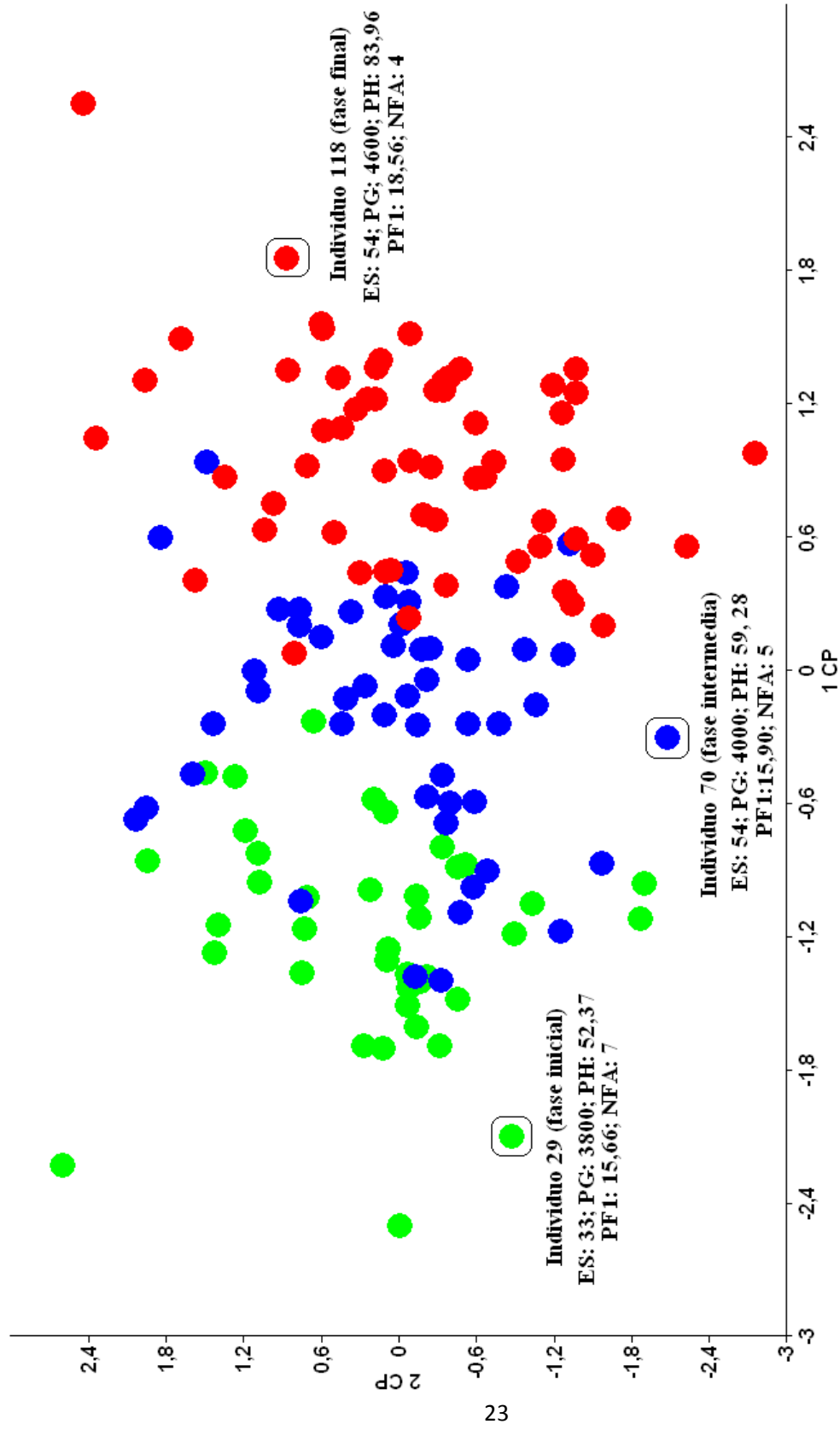


Figura 2. Gráfica 1 CP Vs 2 CP. Muestran los individuos en los distintos periodos de producción (Individuos más pequeños hacia la izquierda e individuos más grandes hacia la derecha). Verde, gallinas evaluadas en la fase inicial; azul: gallinas en la fase intermedia y rojo: gallinas en la fase final. Se indica además, los valores de las variables importante dentro del primer componente para un individuo por fase de producción.

La información generada coincide con lo reportado por North y Bell (1993), quienes señalan que los huevos de menor tamaño son más frecuentes en las primeras semanas del ciclo productivo, debido a que las aves no han alcanzado su completo desarrollo corporal al igual que el tracto reproductivo. De igual manera, Sánchez (2009), García (2009) y Ferrer (2009), aducen que el peso del huevo se incrementa a medida que avanza la edad del ave. Este mismo patrón (peso del huevo y edad del ave) se observó en *Coturnix coturnix japonica* (González, 1995). En el mismo orden de ideas, Leeson (1996) indica que los menores pesos de huevos se deben en gran medida a una fase temprana de madurez sexual y a la condición corporal del ave al inicio de la puesta. Algunos autores sugieren, que las hembras son capaces de ajustar el tamaño de sus huevos en función de su condición física y así aumentar su eficacia biológica (Stryrsky *et al.*, 1999 y Hargitai *et al.*, 2005).

El enfoque multivariado a través del ACP permitió visualizar las relaciones bivariadas (peso del huevo vs edad de la gallina; peso del huevo vs peso de la gallina y peso del huevo vs peso del folículo preovulatorio F1), determinadas por numerosos autores en el pasado, ya no de manera aislada sino como una única y nueva variable compuesta (ICP), interpretada en este estudio como una variable de índices productivos, lo que representa una ventaja para incrementar la precisión de los resultados de las investigaciones realizadas sobre sistemas de producción, ya que hasta ahora muchos estudios se limitaban a evaluar variables por separados o sin considerar la relación conjunta con otras variables.

Otro aspecto importante de destacar (además de las relaciones entre el peso y la edad de los individuos en relación al peso del huevo discutidos anteriormente), guarda relación con el peso del folículo preovulatorio (F1) y el peso del huevo. En tal sentido, pareciera que el peso del folículo preovulatorio (F1) o de la yema en su defecto, es una mejor herramienta para estimar el peso del huevo, tal como la ha sugerido la literatura. Autores como McIouglin y Gous (2000); Brake (1999); Mauldin (2001); Graig (1984); Fassenko *et al.* (1992); Leeson y Summers (2005), han establecido que el peso del huevo está más estrechamente relacionado con el tamaño de la yema que con cualquier otro factor. En consecuencia, yemas más grandes (debido a folículos preovulatorio F1 más grandes), producirán huevos de mayor tamaño lo cual tiene significativa importancia al momento del nacimiento, ya que la yema comprende aproximadamente el 20 % del peso de pollito al nacer y

proporciona inmediatamente, posterior a la eclosión, energía y proteínas para el mantenimiento y el crecimiento del pollito (Noy y Sklan, 2002).

Asimismo, es importante destacar que aun cuando la variable número de folículo amarillo (Cuadro 5) no muestra un valor de carga importante en el 1 CP, esta se expresa de manera inversa a como lo hacen el resto de las variables; es decir que, las gallinas en la fase final de producción presentan un número menor de folículo amarillo en comparación con las gallinas al inicio de la fase de producción (Figura 2).

El segundo componente con un 18,72% de la variabilidad observada puede interpretarse como una variable relacionada con la anatomía reproductiva (peso del oviducto y número de folículo amarillo) del ave. No obstante, es importante señalar, que aun cuando en el 2 CP aparecen juntas las variables antes mencionadas, existe poca relación lineal entre ellas (Cuadro 2 de correlaciones simples). Trabajos realizados por Alvarado (2009), Da Silva (2009) y Gámez *et al.* (2012), encontraron una baja relación lineal entre el peso del huevo con respecto al peso del oviducto, la cual fue ratificada con el valor de R^2 para los tres periodos de postura evaluados (fase inicial, intermedia y final).

Llama la atención que el ACP separa estas mismas variables (peso del huevo y peso del oviducto) en componentes distintos. Sabiendo que los componentes son ortogonales entre sí, es decir, independientes. Es sugerente realizar nuevos estudios para determinar otro tipo de relación entre estas variables.

El tercer y último componente principal que explica un 14,70% de varianza observada, puede considerarse como una variable de manejo representada por la fotoestimulación, la cual se realiza con el propósito de controlar la edad al comienzo de la puesta, y así poder evitar la variación de la madurez sexual, de manera de no perjudicar el rendimiento de las aves (número y peso promedio de huevos), facilitando y también garantizando, una mayor efectividad en las prácticas generales de manejo, al tener aves más uniformes en cuanto al momento de la edad de producción.

Aviagen (2001) estableció que uno de los objetivos de los programas de luz, es preparar a las hembras para las demandas fisiológicas de la inminente madurez sexual y que además se minimice

las variaciones en la madurez sexual de la población de las hembras. El estímulo de luz es crucial para influenciar el inicio de la producción (considerado como el 5% de postura), el tamaño del huevo, el rendimiento del huevo incubable, así como el requerimiento absoluto de alimento antes del pico de producción.

Estos mismo aspectos concuerdan con Idris y Robbins (1994); Lien y Yuan (1994), quienes expresan que el periodo comprendido entre el inicio de la fotosensibilización y el inicio de postura es crítico en la vida del ave, ya que es en este momento donde las pollitas sufren una serie de cambios físicos y fisiológicos que van a incidir sobre su futura vida como reproductoras. Por otra parte, Ortiz (2007) indica que a través de los programas de iluminación se puede manipular el tamaño del huevo, y que los incrementos de luz por encima de las 14 horas contribuyen al aumento del mismo.

Los trabajos de Lewis *et al.* (2005), demostraron que cuando las aves son criadas bajo un fotoperiodo largo (> de 11 horas) y fotoestimuladas posteriormente mediante un relativo pequeño incremento del fotoperiodo, provoca una mayor persistencia de la postura.

Es importante señalar que los pesos de los CP aun cuando se originaron de una matriz de correlación, no son las correlaciones reales entre cada variable original y los componentes. Es recomendable hacer las interpretaciones finales sobre la base de otros coeficientes denominadas "cargas", que corresponden a correlaciones bivariadas simples entre cada variables y el componente (McGarigal *et al.*, 2000).

Existen varias propuestas para seleccionar aquellas cargas con importancia dentro del componente. Se usará la de Hair *et al.* (1987) los cuales establecen que cargas > 0,30 o menores de - 0,30 son considerables importantes; cargas > 0,40 o menores de - 0,40 son considerados más importantes y cargas > 0,50 y menores -0,50 se consideran muy importante, estas directrices se consideran útiles cuando $N > 50$.

En este sentido, el Cuadro 5 muestra que las variables edad de la gallina en semana, peso del ave, peso del huevo y peso del folículo F1, son consideradas importante dentro del primer componente principal. Para el segundo componente principal las variables peso del oviducto y

número de FA, son consideradas como muy importantes y para el tercer y último componente de estudio es la variable edad a fotoestimulación quien la define de manera muy importante. A continuación se presenta el mencionado cuadro.

Cuadro 5. Cargas de los componentes principales para las siete variables en cuestión.

VARIABLES	Componente		
	1 CP	2 CP	3 CP
Edad de la gallina en semana	0,331	-0,178	0,020
Peso huevo	0,328	0,036	-0,026
Peso folículo F1	0,287	-0,022	-0,098
Peso de la gallina	0,297	0,244	0,056
Peso oviducto	0,091	0,650	0,232
Número de FA	-0,101	0,506	-0,323
Edad a la Fotoestimulación	-0,039	0,058	0,887

En la Figura 3 se aprecia la distribución de los individuos en los distintos componentes, donde el primer componente refleja una separación (no tan concluyente) entre los individuos para los distintos periodos productivos, mientras que en el segundo y tercer componente no se observa ningún tipo de separación.

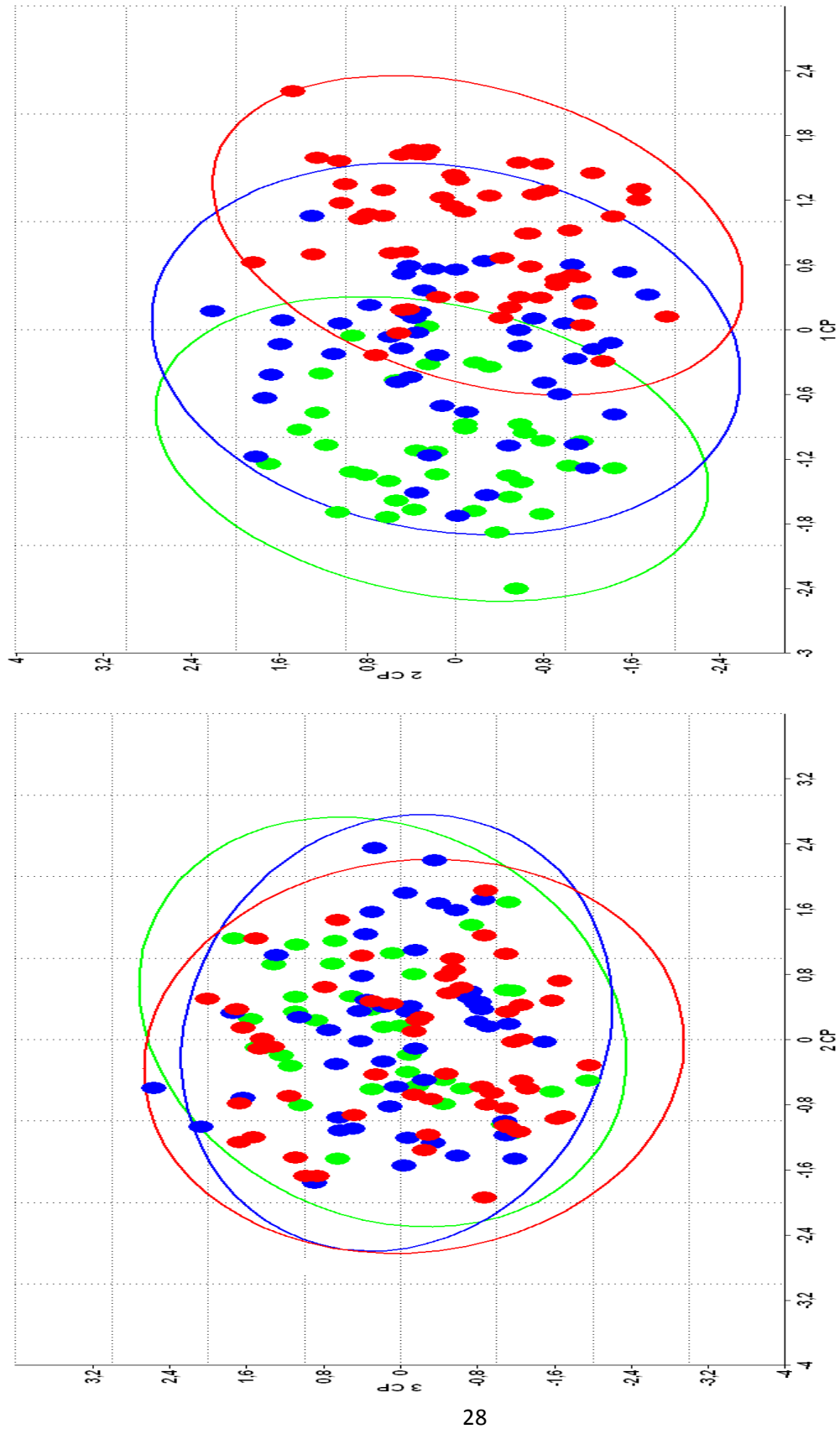


Figura 3. Gráficas de los Componentes Principales (1 CP Vs 2 CP y 2 CP Vs 3 CP), las elipses de confiabilidad al 95%. Verde: gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final.

Análisis discriminante canónico para las variables EG, PG, PF1, NFA, PH y POV.

Luego de realizar el segundo análisis exploratorio de componentes principales se pudo evidenciar en la gráfica del 1CP versus 2CP (Figura 3), una separación no concluyente (de los individuos para los distintos periodos productivos)

Estos resultados orientaron la conducción de la investigación hacia otro tipo de análisis para poder confirmar si hay o no diferencias entre las distintas fases productivas. De esta manera, se decidió utilizar un análisis discriminante canónico (ADC) para confirmar los resultados obtenidos en el ACP e interpretar mejor las diferencias entre los grupos (periodos productivos).

En un ADC es importante no considerar (si es posible y si no afecta el estudio) aquellas variables medidas en una escala distinta a las de intervalo o razón, por lo que decidimos descartar la variable edad a fotoestimulación (Flores *et al.*, 2001).

Entre la información que aportó el estudio de ADC, está en primer lugar la prueba de M Box, que contrastó hasta qué punto las matrices de varianza-covarianza (V-C) para cada grupo, pueden o no proceder de la misma población, o sea si difieren o no significativamente (Martori, 2003).

En este caso, tal como indica el Cuadro 6 con una F de 1,356 y un grado de significancia de 0,062, no hay diferencias significativas lo que sugiere que las matrices de V-C, son estadísticamente iguales (Martori, 2003). El cumplimiento de este supuesto es necesario para garantizar veracidad en los resultados.

Cuadro 6. Pruebas M Box para determinar igualdad de matrices de varianza-covarianza.

Test de M Box' s	
M Box' s	60,818
F Aproximado	1,356
df 1	42
df 2	45801,28
Sig.	0,062

Además, el análisis proporciona las funciones discriminantes y, para determinar si éstas son útiles en la discriminación de los grupos (periodos productivos), se comparó la importancia de ambas funciones en relación con el porcentaje de discriminación total lograda.

El Cuadro 7 indica que la primera función es responsable del 99,3% de la variabilidad entre grupos, lo que significa prácticamente la varianza total. Por otro lado, en la Figura 4, ya se observó la gráfica de los ejes canónicos evidenciando que sólo el primer eje canónico logra separar los periodos de producción.

Cuadro 7. Autovalores y % de varianza explicada por las funciones discriminantes canónicas.

Función	Eigenvalor	% Varianza	% Acumulativo
1	6,017 ^a	99,3	99,3
2	0,043 ^a	0,7	100

a. Primeras 2 funciones discriminantes canónicas utilizadas en el análisis

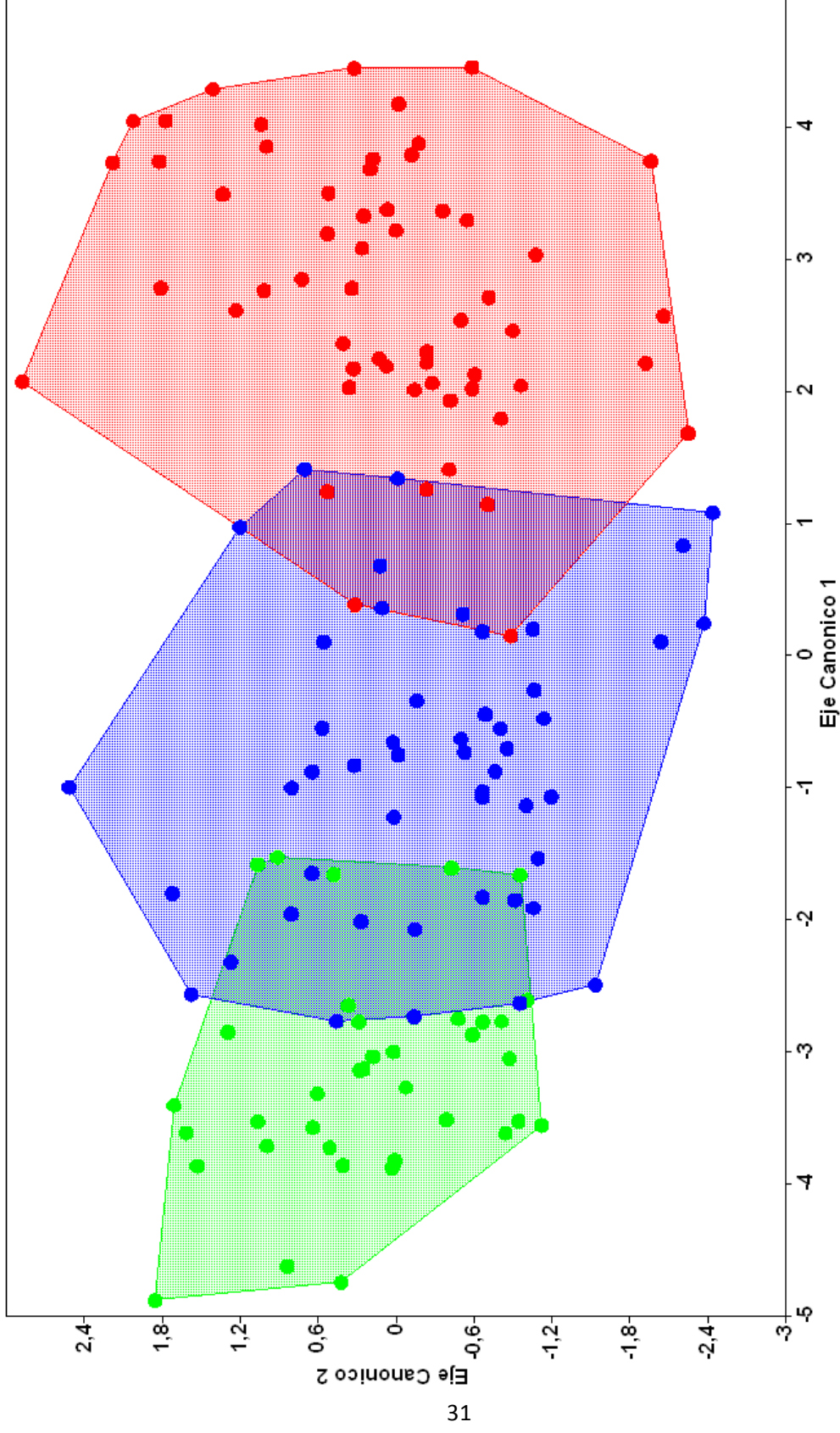


Figura 4. Gráfica de los ejes canónicos (1 Eje Canónico Vs 2 Eje Canónico). Verde: gallinas evaluadas en el periodo inicial; azul: gallinas en un periodo intermedio y rojo: gallinas en la fase final.

Seguidamente, la prueba de decisión estadística basada en Lambda de Wilks permite rechazar la hipótesis nula de igualdad entre las puntuaciones alcanzadas por los grupos (periodos productivos) para ambas funciones discriminantes.

Al aplicar esta prueba se encontró (Cuadro 8) que para un valor de Lambda de Wilks de 0,137 resulta significativo con un nivel de probabilidad $< 0,0001$. En consecuencia, sólo la primera de las dos funciones discriminante da lugar a diferencias significativas entre los tres periodos productivos.

Cuadro 8. Pruebas de contraste para las funciones discriminante canónica.

Test de funciones	Lambda Wilks	Sig.
1 a 2	0,137	$<0,0001$
2	0,959	0,325

Una importante vía para interpretar el significado de las funciones discriminante, se apoya en los coeficientes estandarizados de las variables discriminantes.

Los coeficientes estandarizados muestran (Cuadro 9) que la variable edad de la gallina en semanas es la única con importancia en la separación de grupos, puesto que la segunda función no es significativa y no se interpreta.

Cuadro 9. Coeficientes estandarizados para las funciones discriminantes canónicas.

Variables	Función Discriminante Canónica	
	1	2
Edad de la gallina en semana	0,997	-0,256
Peso de la gallina	-0,075	0,185
Peso de huevo	0,07	0,347
Peso oviducto	-0,049	0,541
Peso folículo F1	0,089	0,087
Folículos amarillos	0,036	-0,832

Sin embargo, más clarificador resulta el examen de la matriz estructura, donde se recoge las correlaciones de cada una de las variables con las funciones discriminantes.

En el Cuadro 10 se observa con un asterisco aquellas variables con mayor correlación con la función discriminante canónica.

A diferencia de los resultados de los coeficientes estandarizados, en la matriz de estructura se puede distinguir que no sólo es la edad de la gallina en semana la responsable de la separación de los grupos (periodos productivos), sino que también son importantes el peso de la gallina y el peso del F1. En consecuencia, puede concluirse que la separación de grupos por periodos de producción viene dado por las variables antes mencionadas.

Cuadro 10. Matriz de estructura

Variables	Función Canónica	
	1	2
Edad de la gallina en semana	0,989*	0,018
Peso de la gallina	0,212*	0,171
Peso folículo F1	0,191*	0,074
Folículos amarillos	-0,151	-0,631*
Peso del huevo	0,26	0,511*
Peso del oviducto	-0,018	0,489*

*Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante

Es importante señalar que el resultado del análisis exploratorio por componentes principales es similar al obtenido con el análisis discriminante canónico, excepto por el hecho de que éste último no consideró la variable peso del huevo (siendo esta variable la más importante en la industria avícola y motivo de innumerables estudios: Abiola *et al.*, 2008; Arce *et al.*, 2002; Bougom, 1996; Brake, 1999; Cooper, 2007; Ferreira, 2010; Fansenko *et al.*, 1992; Fleming, 2001; Graing, 1984; Gous y Nonis, 2013) como determinante en la separación de los grupos, aun cuando esta, tal como lo indica el cuadro 10, presenta un valor superior a las variables peso del F1 y peso de la gallina.

Finalmente el análisis discriminante canónico, generó un MANOVA (versión multivariada del análisis ANOVA), donde se pudo observar la significancia de la diferencia total entre los periodos productivos (Cuadro 11).

En el análisis, se obtuvo un Lambda de Wilks = 0,1366 con una probabilidad asociada igual a <0,0001 demostrando que existen diferencias altamente significativas entre los periodos productivos. Además, el análisis comparativo entre los distintos periodos productivos, muestra que hay diferencias significativas entre todos los grupos evaluados.

Haciendo énfasis en los resultados obtenidos con las técnicas multivariadas de ordenación, se pudo conocer un poco más sobre la complejidad y la naturaleza de las interrelaciones de un conjunto de individuos (gallinas) que interactúan con el medio externo afectando a través del tiempo, su productividad. En este sentido, las variables evaluadas para este sistema productivo, muestran que las mismas varían a medida que la vida productiva del ave avanza; pero también son afectados por diversos factores, observándose de esta manera que los sistemas se tienen que evaluar como un todo y no de manera parcializada o aislada.

De esta manera, la metodología empleada para este estudio, se puede utilizar para caracterizar cualquier sistema productivo, donde normalmente la recolección de los datos tiende a ser un proceso complejo, prolongado y muchas veces de difícil interpretación, al incluir sin ningún tipo de discriminación e importancia, a un número considerable de factores o variables dentro de un sistema productivo.

Cuadro 11. Valores de probabilidad de Hotelling para pruebas múltiples.

	I periodo productivo	II periodo productivo	III periodo productivo
I periodo productivo	-----	<0,0001	<0,0001
II periodo productivo		-----	<0,0001
III periodo productivo			-----

Basados en la importancia de las variables edad de la gallina en semana, peso del huevo, peso del folículo F1 y peso de la gallina obtenidos en los análisis de componentes principales y análisis discriminante canónico, así como en la utilidad (no explícita) de las técnicas multivariadas de ordenación, para plantear y generar respuestas a nuevas hipótesis no consideradas originalmente en un estudio, se decidió evaluar (fuera de los objetivos planteados) la variabilidad del peso del huevo, en función de las tres variables que aparecen junto a ella en los resultados multivariados.

De este modo, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple con el peso del huevo como variable dependiente y las otras tres (edad en semana, peso del folículo F1 y peso de la gallina) como variables independientes.

Los resultados se muestran en el Cuadro 12 donde el valor de R^2 ajustado para las variables EG, PH, PF1 y PG resultó ser de (0,4126), lo que indica que, cerca de 41% de la variabilidad observada en el peso del huevo se debe a las variables conjuntas: edad en semana, peso del folículo F1 y peso de la gallina.

La variable que más se asoció al peso del huevo en función de los resultados (Cuadro 12) fue la edad de la gallina en semana con un $R^2 = 0,32$ en segundo lugar la variable peso del folículo F1 $R^2 = 0,28$ y por último el peso de la gallina con un $R^2 = 0,1062$ respectivamente.

Cuadro 12. Análisis de regresión múltiple para las variables EG, PF1 y PG con respecto al PH.

Regresión		R²			
Ajustado		0,41			
Múltiple		0,42			

	Coeff.	Std.err.	t	p	R²
Constante	1,3167	0,21874	6,0195	1,48E-08	0
Edad Gallina Sem	0,15181	0,027877	5,4457	2,27E-07	0,32375
Peso del Foliculo F1	0,27318	0,055591	4,9142	2,47E-06	0,28462
Peso de la Gallina	-0,02829	0,067541	-0,41888	0,67595	0,10624

Si bien es cierto que, muchos autores coinciden en afirmar que el peso del huevo se relaciona más con el peso de la yema (Peso del F1) Mcloughlin y Gous (2000); Brake (1999); Mauldin (2001); Graig (1984); Fasenکو *et al.*, (1992); Leeson y Summers (2005), los resultados del estudio y otros autores coinciden en que pareciera ser la *edad de la gallina en semana* la variable que más afecta el peso del huevo (Villalba *et al.*, 2007; Correa *et al.*, 2007; Lembcke, 2001; Arce *et al.*, 2002; Keshavarz, 1990; Sánchez, 2009; García, 2009 y Ferrer, 2009).

Tal vez esta respuesta corresponda en parte, a un patrón biológico de incremento del peso del huevo en la medida que la gallina avanza en edad (Shaley y Pasternak, 1993).

En virtud de lo antes planteado, el análisis multivariado permitió reducir la dimensionalidad de los datos, revelando cuáles son las variables con mayor importancia dentro del sistema. A su vez, permitió formular una nueva hipótesis de relación por medio de un análisis de regresión lineal múltiple con las variables PH como dependientes y EG, PF1 y PG como independientes.

Este último estudio, revela, que más de un 58 % de la variabilidad asociada al peso del huevo, se debe a variables que no fueron consideradas en esta investigación.

Gous y Nonis (2013) explican que las variables yema del huevo, albumina y cáscara aumentan con el peso del huevo a medida que progresa el periodo de postura de las reproductoras. Por otro lado Dottavio et al. (2005) obtuvieron resultados similares pero con yema y albumen en un híbrido experimental.

Trabajos realizados por Egbeyale et al. (2013), encontraron que el peso y la línea genética de los animales tenían un efecto sobre las variables yema, albumina y cáscara. Además, Scholtyssek (1970) y North y Bell (1990), mencionan otros factores tales como, el volumen corporal, la raza (factor correlacionado con el peso del ave), la edad de postura del primer huevo, la temperatura ambiental, la alimentación del ave, el porcentaje de inclusión proteica y estado de salud del, determinantes en el peso de los huevos.

Evidentemente los trabajos anteriores, demuestran que existen otras variables importantes relacionadas con el peso del huevo de acuerdo a una edad específica de la gallina, que no fueron consideradas al momento de realizar éste estudio. Sin embargo, el identificar la importancia que unas variables dentro de un sistemas tenían sobre el peso del huevo y luego que una sola de estas variables fuera capaz de explicar más del 30% de la variación que se observa en el peso de los huevo, es un elemento de consideración, sobre todo partiendo del hecho de que se trata de variables de tipo biológica cuya variación en gran medida, es explicada por una multitud de factores o variables, tanto inherentes al animal como al sistema de producción en su conjunto. Este conjunto de variables que no fueron evaluadas, podrían estar explicando gran parte de la variabilidad no considerada por la regresión lineal múltiple.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados determinaron que las técnicas de ordenación multivariada son una herramienta útil para poder describir y conocer las interacciones de variables en un sistema productivo general.
- El sistema quedó definido por tres componentes principales: 1 CP que se describió como un índice productivo de la relación lineal de las variables: EG, PH, PF1 y PG, 2 CP que se interpretó como una variable relacionada a la anatomía reproductiva del ave (POV y NFA) y el 3 CP que se relacionó como una variable de manejo definida por su totalidad por la variable FO.
- Las variables EG, PG y PF1 fueron las responsable de la separación de los grupos y de las diferencias entre los periodos productivos.
- A través de los resultados obtenidos por los análisis multivariados se realizó un análisis de regresión múltiple comprobando la relación lineal entre las variables PH (dependiente) y EG, PF1, PG (independiente).

VI. RECOMENDACIONES

Es importante que se pueda validar este estudio en otros estudios de sistemas y se pudiera con los ajustes necesarios crear una metodología de utilidad para evaluar sistemas de producción, menos compleja y de una manera más efectiva.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abiola, S., Meshioye., B. Oyerinde, and M. Bamgbase. 2008. Effect of egg size on hatchability of broiler chicks. *Arch. Zootec.* 57 (217): 83-86. 2008.
- Alvarado, A. 2009. Evaluación de patrón de folículos amarillos al inicio del ciclo productivo (0-14 semanas) en reproductoras pesadas en una granja comercial. Trabajo de pregrado. Universidad Central de Venezuela.
- Álvarez, R. and M. Hocking. 2007. Stochastic Model of Egg Production In Broiler Breeder In: *Poultry Science*, 86:1445-1452.
- Álvarez, R. and M. Hocking. 2009b. Successful modification of a stochastic model of egg production in broiler breeder housed in temperate climates to predict flock productivity in tropical farms in Venezuela. *British Poultry Science*, 50:131-134.
- Arce, J., E. Ávila, y C. López. 2002. Edad de la reproductora pesada y peso del huevo sobre los parámetros productivos y la incidencia del síndrome ascítico en la progenie. *Técnica pecuaria en México*. 40 (2): 149-155.
- Ariyo, O. and A. Odulaja. 1991. Numerical analysis of variation among accessions of okra *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. *Ann. Bot.* 67:527-531.
- Aviagen, 2001. Ross 308 Parent Stock Management Manual. Aviagen, Midlothian, UK.
- Barnett, T. 1977. The principal time and space scale of the pacific trade wind fields. *J. Atm. Sci.* 34:221-236.
- Bougom, M. 1996. Influence of the weight of the chicken to the onset of lay on performance of hens. ITAVI day. December.
- Brake, C. 1999. Optimización del manejo de huevos incubables. IV. Congreso nacional de ciencias veterinarias.
- Brier, G. and T. Meltesen. 1976. Eigenvector analysis for prediction of time series. *Notes and Correspondence* 15:1307-1312.
- Bruzual, J., S. Peak, and E. Peebles. 2000. Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chick from young breeder flocks. *Poult. Sci.* 79 (6): 827-830.

- Chan, D., A. Pro., M. Cuca., E. Sosa, y J. Gallegos. 2007. Diferentes concentraciones de energía y calcio en la dieta de gallinas: para aumentar el peso del huevo al inicio de la postura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- Clouet, Y. 1983. Formation a L'analyse des Systemes de production. 1, Analyse du Milieu Rural-concepts, Document de Travail Diffucion Restreinte, Missión Systemes Agraires, IFARC-GERDAT.
- Cooper, O. 2007. So you want to... control egg size. In: Poultry World; Apr; 161, 4; pg 28.
- Correa, S., M. Salas., L. Sarmiento, y R. Ricalde. 2007. Indicadores de producción de huevos de gallinas criollas en el trópico de México. Arch. Zootec. 56 (215): 309-317. 2007.
- Cuadras, M. 1991. Métodos de análisis multivariantes. Promociones y publicaciones universitarias, S.A. Barcelona, España. Pp. 93-145.
- Da silva, G. 2009. Evaluación de patrón de folículos amarillos en reproductoras pesadas durante la mitad del ciclo productivo en una granja comercial. Trabajo de pregrado. Universidad Central de Venezuela.
- Dallas, J. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional Thomson Editores, México, D.F., México.
- Davis, M., F. Estis, P. Bloomfield, and J. Monahan. 1991. Complex principal component analysis of sea-level pressure over the eastern USA. International J. Clim. 11:27-54.
- Dottavio, A., Z. Canet., C. Faletti., M. Álvarez., M. Font, and R. Masso. 2005. Yolk:Albumen ratio in experimental hybrid layers with different paternal genotype. Arch. Zootec. 54: 87-95.
- Egbeyale, L., O. Sogunle., S. Abiola., M. Ozoje., O. Sowande, and O. Adeleye. 2013. Effect of weight and strain on the egg component utilization and embryonic weight during incubation. Arch. Zootec. 62 (238):191-198.
- Fansenko, G., F. Robinson., R. Hardin, and J. Wilson. 1992. Variability in preincubation embryonic development in domestic Fowl. 2. Effects of duration of egg storage period. Poultry Science, 71:2129-2132.
- Ferreira, L. 2010. Desenvolvimento de embriões epinto de corte provenientes de ovos de diferentes pesos e idades de matriz e níveis de aminiácidos sulfurados na fase pós-eclosão. Universidades Federal de Goiás, Escola de Veterinaria. XV, 66f.
- Ferrer, L. 2009. Evaluación entre el peso del huevo y la edad de la reproductora pesada durante la etapa final del ciclo de postura. Trabajo de pregrado. Universidad Central de Venezuela.

- Fleming, E. 2005. Control del tamaño del huevo durante la última fase de producción. Midlothian U.K, EH288SZ.
- Flores, G., E. García, y G. Rodríguez. 2001. Análisis discriminantes. Editorial la muralla, S.A. Madrid.
- Freites, M. 1991. Determinación de las relaciones entre los componentes en la producción de arroz oryza sativa L. en el sistema de riego río Guárico. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 100 p.
- Fundora, Z., M. Díaz., M. Baez, y J. Soto. 1988. Análisis de los componentes principales de la variación en siete cultivares de cebolla. Ciencias de la Agricultura 33:70-81.
- Gámez, J., P. Hocking, y R. Álvarez. 2012. Evaluación del patrón de producción de folículos amarillos al final del periodo de postura en reproductoras pesadas. Revista Científica. FCV-LUZ/ Vol. XXI. Nº 2, 170-175.
- García, J. 2009. Evaluación entre el peso del huevo y la edad de la reproductora pesada durante la etapa intermedia del ciclo de postura. Trabajo de pregrado. Universidad Central de Venezuela.
- Gonzalez, M. 1995. Influence of age on physical traits of japonese quail (*coturnix coturnix japonica*) eggs. Ann Zootech. 44, 307-312.
- Gous, R. and M. Nonis. 2013. Modelling changes in the components of eggs from broiler breeder over time. British Poultry Science. CBPS- 2013-027.
- Graig, G. 1984. ¿Qué podemos hacer con el tamaño del huevo?. Real escuela oficial y superior de avicultura. El expositor rural 20: 136, 18-20.
- Hargitai. R., Torok., J. Tóth., L. Hegyi., G. Rosivall., B. Szigeti, and E. Szollosi. (2005) Effects of environmental conditions and parental quality on inter- and intraclutch egg-size variation in the Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*). Auk 122:509-522.
- Hermý, M. and J. Paul. 1991. Multivariate ratio analysis, a graphical method for ecological ordination. Ecology 72:735-738.
- Hobson, G., C. Gough, and C. Townley. 1990. Measuring consumer reaction to the flavour of fresh tomatoes. Acta Hort. 259:107-116.
- Hocking, M. 1993. Effects of body weight at sexual maturity and the degree and age of restriction during rearing on the ovarian follicular hierarchy of broiler breeder females. British Poultry Science, 34:793-335.

- Hocking, M. 1996. The role of body weight and food intake after photostimulation on ovarian function at first egg in broiler breeder females. *British Poultry Science*, 37:841-851.
- Hocking, M. 2004. Role of body weight and feed intake in ovarian follicular dynamics in broiler breeder at the onset of lay and after a forced. *Poultry Science*, 83:2044-2050.
- Hocking, M., D. Waddington., M. Walter, and A. Gilbert. 1989. Control of the development of the Ovarian follicular hierarchy in broiler breeder pullets by food restriction during rearing. *British Poultry Science*, 30:161-174.
- Hocking, M., D. Waddington., M. Walter, and y A. Gilbert. 1987. Ovarian follicular structure of White Leghorns fed ad libitum and dwarf and normal broiler breeder fed ad libitum or restricted to point of lay. *British Poultry Science*, 28:493-506.
- Idris, A. and R. Robbins. 1994. Light and feed management of broiler breeders reared under short versus natural day length. *Poultry Science*, 73: 603-609.
- Iezzoni, A. and M. Pritts. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research, *Hort. Sci.* 26:334-338.
- Johnston, S. 2004. Modelling egg production in laying hens. PhD. Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.
- Kendall, M. (1980). *Multivariate analysis*, Griffin, Londres, 2^a. Ed., 210 pag.
- Keshavarz, K. 1990. ¿ es posible mejorar el peso del huevo durante las primeras fases del ciclo productivo?. *Cornell. Poultry. Pointers.* 40: 1-2.
- Kosaki, T. y A. Juo. 1989. Multivariate approach to grouping soils in small fields. I. Extraction of factors causing variation by principal component analysis. *Soil Sc. Plant Nutr.* 35:469-477.
- Koutoulis, K., P. Lewis, y P. Perry. 1997. Efecto de la iluminación régimen, el suministro de calcio y la edad al primer huevo en la rigidez y resistencia a la rotura de tibia y calidad de la cáscara en gallinas ponedoras. *Br. Pavito. Ciencia.* 39 (Suppl): S9 - S10.
- Kutzbach, E. 1967. Empirical eigenvectors of sea-level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America. *J. Appl. Meteo.*, 6"791-802.
- Leeson, S. 1996. Control del tamaño del huevo. VII Simposio de Avance Tecnológico Novas, Brasil. 11-21.
- Leeson, S. and J. Summers. 2005. *Commercial poultry nutrition*, Third Edition. University Books, Guelph, ON. Canada. 198-203.
- Legates, D. 1991. The effect of domain shape on principal components analysis. *Inter. J. Clim.* 11:135-146.

- Lembcke, C., E. Figueroa., T. Sulca, y N. Falcon. 2001. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, fertilidad, incubabilidad y peso al nacer de la codorniz variedad Japonesa (Coturnix Joponica). Rev. Inv. Vet. Perú. Vol 12 N° 1.
- Lewis, P. 2006. A review of lighting for broiler breeder. British Poultry Science, 47 (5): 640.
- Lewis, P. y P. Perry. 1995. Efecto de la edad de madurez sexual en la ganancia de peso corporal. Br. Pavito. Ciencia. 36 :854-856.
- Lewis, P., O. Backhouse, and R. Gous. 2005. Effect of constant photoperiods on the laying performance of broiler breeders allowed conventional or accelerated growth. Journal of Agricultural Science 193: 97-108. Journal of Applied Poultry Reserch. 3: 40-48.
- Lien, Y y T. Yuan. 1994. Fundamentos nutricionales y diseño de programas de alimentación para reproductoras pesadas.
- Mateo, F. 2004. Comparación alométrica entre los híbridos Yaque Pintado (*pseudoplatytoma fasciatum* (linnaeus, 1766) *leiaris marmoratus* gil, 1870 y chorrosco, *pseudoplatytoma fasciatum* (linnaeus, 1766) (siluriformes: pimelodidae). Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela.
- Mateo, F. 2005. Caracterización morfométrica de los híbridos Yaque Pintado (*pseudoplatytoma fasciatum* (linnaeus, 1766) bleeker, 1862 x *leiaris marmoratus* gil, 1870; chorrosco, *pseudoplatytoma fasciatum* (linnaeus, 1766) bleeker, 1862 x *pimelodus blochi* valenciennes, 1840 y sus progenitores (siluriformes: pimelodidae). Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela.
- Mauldin, E. 2001. Guía de análisis de huevos no esclosados para plantas de incubar. Producción avícola. Vol 19.
- Mcgarigal, K., S. Cushman, and S. Stafford. 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research . Springer. USA. Pp. 19-73.
- Mcloughlin y Gous, 2000. Efecto del tamaño del huevo en el crecimiento de pollitos de engorde. Producción avícola. Vol 18.
- Morin E., A. Bouchard y P. Jutras. 1989. Ecological analysis of disturbed riverbanks in the Montreal area of Québec. Env. Manag. 13:215-225.
- Morris, T. 1980. Los acontecimientos recientes en los patrones de iluminación para las aves de corral a la luz a prueba de la vivienda.

- Muñoz, E. 1998. La técnica del análisis discriminante: una aplicación para el área bancaria. Trabajo elaborado en la división económica del Banco Central de Costa Rica. Departamento de Investigación Económica.
- Nash, M. and L. Daugherty. 1990. Statistical comparison of soil map-unit boundaries. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1677-1681.
- Nilipour, H. 1997a. What effects hatchability and how can it be improved?. *World Poultry*, 13:19-22.
- Nilipour, H. 1997b. Is it economic to hatch unfertily eggs? *World Poultry*, 13:25-27.
- North, M y Bell, D. 1993. Manual de producción avícola. Editorial el manual moderno. Mexico D.F.
- Noy, Y. and D. Sklan. 2002. Nutrient use in chicks during the first week post-hatch. *Poultry Science*. 81: 391-399.
- Ortiz, A. 2007. Factores influenciado el tamaño del huevo: manejo y alimentación. Artículo técnico. Disponible en: <http://www.ergomix.com>.
- Ovalles, F. and M. Collins. 1988. Variability of Nortwest Florida soils by principal component analysis. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 52:1430-1435.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. M^C Graw-Hill. Madrid, España. 536 pp.
- Philippe, J. 2003. Factors that imflunce egg weicht: how to change in to meet market requirements. XVIII. Congreso latinoamericano de avicultura. Santa Cruz, Bolivia.
- Pla, L. 1982. Un modelo en el análisis de la vegetación del estado Falcón. Tesis Magister Scientiarum. Universidad Central de Venezuela UCV. Postgrado de Estadística. Venezuela. 245 p.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. OEA. 97 p.
- Poole, D. 2003. Una visión practica de la nutrición de reproductoras pesadas adultas y manejo de los alimentos en EE.UU. Disponible en: <http://www.avicultura.com/docsav/SA2003Dic817-822.CV.pdf>
- Powers, J. 1988. Uses of multivariate methods in screening and training seseory panelists. *Food Technol.* 42:123-127.
- Quevedo, R. 1991. Una metodología para un estudio de las fincas de producción lechera en el estado Yaracuy. Universidad Central de Venezuela, UCV. Facultad de Agronomía. Maracay-Venezuela. 340 p.

- Redmond, K. and W. Koch. 1991. Surface climate and streamflow variability in the Western United States and their relationship to large-scale circulation indices. *Water Resou. Res.* 27:2381-2399.
- Reis, L. and M. Soares. 1997. Effects of shart storage conditions and broiler breeder age on hatchability, hatching time, and chick weights. *Poult. Sci.* 76 (11): 1459-1466.
- Resurreccion, A. 1988. Applications of multivariate methids in food quality evaluation. *Food Technol.* 42:128-134.
- Richman, B. 1981. Obliquely totated principal components: an improved meteorological map typing technique. *American Meteorological Society* 20:1145-1159.
- Robinson, F., G. Fasenko, and R. Renema. 2003. Optimizing chick production in broiler breeder. Volume 1. Broiler breeders production series. National library of Canada cataloguing in publication. 37 p. Edmonton, Alberta, Canadá.
- Rosales, E. y S. Fernández. 2010. Calidad de huevo en reproductoras y su impacto en los nacimientos. DSM. Nutritional Products de México. S.A de CV.
- Sánchez, V. 2009. Evaluacion entre el peso del huevo y la edad de la reproductora pesada durante la etapa inicial del ciclo de postura. Trabajo de pregrado. Universidad Central de Venezuela.
- Shaley, B. and H. Pasternak. 1993. Increment of egg weight with hen age in various commercial avian species. *Br. Poult. Sci.* 34: 915-924.
- Sharma, H. 1988. No-choice cage technique to screem for resistance to sorghum midge (Diptera:Cecidomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 81(1):415-422.
- Shuh, W., M. Jeger, and R. Frederiksen. 1987. The influence of soil environment of the incidence of sorghum downy mildew: a principal component analysis. *Phytopathology.* 77(2):128-131.
- Styrsky. D., K. Eckerle, and C. Thompson. (1999) Fitness- related consequences of egg mass in nestling House Wrens. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266:1253-1258.
- Suarez, M., H. Wilson., F. Mather., C. Wilcox, and B. Mcpherson. 1997. Effects of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. *Poultry.Sciencie.* 76: 1027-1036.
- Summers, J. 1990. Feeding and management of broiler breeders. Seminario de reproducción e incubación avícola. University of guelph. Canadá.
- Taylor, G. 2000. Cinco "hábitos" exitosos para lograr mayor producción y utilidades en la planta de incubación. Disponible en línea. URL: [http:// www.chickmaster.com/español/html](http://www.chickmaster.com/español/html).

- Thorpe, R. 1988. Multiple group principal component analysis and population differentiation. *J.Zool.* 216:37-40.
- Van Krey, H. and W. Weaver. 1998. Effects of feeder space on body weigh uniformity of broiler breeder pullets during an alternate day feeding program. *Poultry science*, 67:996-1000.
- Villalba, D., A. Francesch., A. Pons., J. Bustamante., M. Espadas, y D. Cubiló. 2007. Resultados de puesta y crecimiento de una población de gallinas de raza Menorca. *Arch. Zootec.* 56 (Sup.1): 545-550. 2007.
- Wilson, H. 1991. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. *Words Poult. Sci. J.* 47: 5-20.
- Wilson, J. 1998. Manejos en naves sin ventanas de reproductores pesados mediante restricción de luz. *Selecciones avícolas*, 3:155-163.
- Yanosky, A. y C. Mercolli. 1995. Incubación artificial de huevos de iguana overa (*tupinambis teguixin*) (*Saura: teiidae*). *Arch. Zootec.* 44: 379-389. 1995.