

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

Departamento Académico de Nutrición



**"EFECTO DEL FOSFATO DICALCICO Y HARINA DE HUESOS
SOBRE LA PRODUCCION Y LA CALIDAD DEL HUEVO DE
CODORNIZ DE DOS DIFERENTES EDADES"**

Presentado por:

FANNY ROSARIO CHIPAO MACHACA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima – Perú

2014

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Importancia del fósforo y calcio en la producción de huevos	3
2.2 Importancia del fósforo y calcio en la formación de la cascara de huevo	5
2.3 Factores que afectan la utilización de fósforo y calcio	8
2.3.1 Relación Calcio: Fósforo (Ca/P)	8
2.3.2 Vitamina D3	8
2.3.3 Fitasas	9
2.4 Fuentes de fósforo y calcio	10
2.4.1 Fosfatos inorgánicos	10
2.4.2 Fosfatos orgánicos	11
2.4.3 Fuentes de calcio	12
2.5 Características del huevo de codorniz	13
2.6 Calidad de la cáscara	15
2.6.1 Calidad interna del huevo	16
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Lugar y duración	19
3.2. Instalaciones y equipos	19
3.3 Animales experimentales y distribución de las unidades experimentales	20
3.4 Productos evaluados	20
3.5 Tratamientos	21
3.6 Dietas experimentales	21
3.7 Manejo de alimento	23
3.8 Manejo de los animales	23
3.9 Parámetros de evaluación	23
3.9.1 Porcentaje de postura	23
3.9.2 Calidad externa del huevo	23
3.9.3 Calidad interna del huevo	25
3.10 Programa sanitario	26

3.11 Diseño estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 Porcentaje de postura	28
4.2 Calidad Externa	30
4.2.1 Peso de huevo	30
4.2.2 Espesor (grosor) de cáscara	31
4.2.3 Peso de cáscara	32
4.2.4 Gravedad específica	32
4.3 Calidad Interna del huevo	33
4.3.1 Peso de yema	33
4.3.2 Peso de albumen	33
4.3.3 Calidad interna del huevo (Unidades Haugh, UH)	34
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES	36
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	37
IX. ANEXOS	44

INDICE DE CUADROS

1. COMPOSICION Y DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN LOS PRINCIPALES INSUMOS ALIMENTICIOS	21
2. COMPOSICION PORCENTUAL Y VALOR NUTRICIONAL CALCULADOS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	32
3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CODORNICES JAPONESAS DE 15 Y 60 SEMANAS DE EDAD	38

INDICE DE ANEXOS

**ANEXO 1.: LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS CUATRO SEMANAS
DEL PRESENTE EXPERIMENTO**

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del fosfato dicálcico y harina de huesos en las características de producción y la calidad de la cáscara de huevo de codorniz. Para ello se utilizaron 288 codornices hembras pertenecientes a la subespecie Coturnix Coturnix japónica, 144 codornices de quince (15) semanas de edad y 144 codornices de sesenta (60) semanas de edad que fueron distribuidas en 18 jaulas de 16 codornices cada una. Cada grupo fue alimentado durante 4 semanas. Los tratamientos fueron T1, Codornices jóvenes de 15 semanas de edad con Dieta con Fosfato dicálcico (FD); T2, Codornices jóvenes de 15 semanas de edad con Dieta con Harina de huesos (HH); T3, Codornices jóvenes de 15 semanas de edad con Dieta con 50% Fosfato dicálcico (FD) + 50% Harina de huesos (HH); T4, Codornices adultas de 60 semanas de edad con Dieta con Fosfato dicálcico (FD); T5, Codornices adultas de 60 semanas de edad con Dieta con Harina de huesos (HH); T6, Codornices adultas de 60 semanas de edad con Dieta con 50% Fosfato dicálcico (FD) + 50% Harina de huesos (HH). Los resultados mostraron que la edad de las codornices tuvo influencia altamente significativa sobre el porcentaje de postura y la gravedad específica del huevo, siendo favorable para las aves de 15 semanas de edad. Por otro lado las dietas con 100 % de fosfato dicálcico y 100% harina de huesos, como fuentes de calcio y fósforo, resultaron en un mayor porcentaje de postura. Además, se observó mayor peso de cáscara de huevo fue obtenido con la dieta con 100% harina de huesos. La más alta gravedad específica de huevos obtenido con la dieta con 100% harina de huesos. En conclusión, la inclusión de Harina de huesos como fuente de fósforo y calcio resultó en similar en el peso de la yema, peso de la cáscara y grosor de la cáscara; pero no tuvo influencia en el efecto de la fuente para producción de huevo, peso del huevo, peso de la yema, peso de la albumina, calidad de albumen y grosor de cáscara.

Palabras claves (Key Words): codornices, fosfato dicalcico, harina de huesos, calidad de huevo, porcentaje de postura.

I. INTRODUCCION

La industria avícola en la actualidad es la mejor integrada del sector pecuario, muy competitiva a óptimos niveles productivos. En las últimas décadas, la producción de codornices de postura alcanza altos grados de tecnificación, estas aves son excelentes ponedoras aunque es necesario señalar que su potencial depende de la dieta, los insumos, edad del ave, manejo ambiental, manejo sanitario, entre otros.

El huevo de codorniz al inicio de la producción es pequeño, el peso promedio del huevo es 10 gramos, siendo de mayor peso cuando la codorniz supera las 30 semanas de producción, la calidad del huevo también es afectada por la edad, codornices con mayor edad presentan huevos con cascaras más pesadas y gruesas que codornices jóvenes.

Los insumos usados en la dieta proporcionan los nutrientes necesarios para la formación del huevo, siendo el calcio y fósforo los macro elementos de mayor interés en la estructura de la cascara de huevo. Las codornices para calcificar la cascara de huevo, utilizan estos nutrientes provenientes mayormente del alimento y la otra parte de la medula ósea de los huesos. La deficiencia de fósforo ocasiona la reducción de la producción de huevos, con pobre calidad de la cáscara de huevo (cáscara frágil, bajo espesor de la cáscara y peso del huevo), y de disminución de la calidad total del huevo (puntos de sangre, depósitos de calcio). Para reducir estos problemas se debe buscar fuentes de fósforo de alto aprovechamiento, como lo son el fosfato dicálcico de origen inorgánico que contiene un alto nivel de fosforo y de origen orgánico se tiene la harina de hueso, siendo esta de alta disponibilidad para los monogástricos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del fosfato dicálcico y harina de huesos en las características de producción y la calidad de la cáscara de huevo de codorniz de dos diferentes edades a través de las mediciones de: producción de huevos, calidad externa (peso del huevo, grosor de la cascara, peso de la cascara y gravedad específica) y calidad

interna (peso de la yema, peso de la albumina y calidad interna del huevo, a través de la fórmula de las Unidades Haugh).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Importancia del fósforo y calcio en la producción de huevos

El fósforo es un nutriente esencial para las aves en postura, debido a que realiza varias funciones en el organismo, como son: mineralización de los huesos, almacenamiento de energía, formación de la cáscara y metabolismo energético (Said et al., 1984; Roland y Farmer, 1986 y Snow et al., 2004).

La importancia del uso adecuado del fósforo en dietas para aves radica que este mineral es uno de los más caros en las raciones, el tercero más caro después de la energía y proteína (Potchanakorn y Potter, 1987), además cumple funciones esenciales en los procesos metabólicos y del desarrollo estructural del sistema óseo del ave.

La baja disponibilidad del fósforo en los ingredientes de origen vegetal presenta dos problemas: económicamente el fósforo es caro en una ración para aves; además en el caso del medio ambiente, una gran concentración del fósforo consumido por el animal es excretado en las heces y la orina del ave, dada su alta indisponibilidad. Estos residuos animales se depositan en el suelo y son lavados y drenados por acción del agua de lluvia contaminando.

En el organismo el fósforo se encuentra en un 80% en los huesos y el restante se distribuye en los tejidos blandos y líquidos orgánicos (Mc Donald, 1988). Este es de gran importancia en la formación de la yema del huevo, forma parte de la estructura de los ácidos nucleicos que son importantes en la transmisión genética y en el metabolismo celular, además participa en la regulación osmótica y el equilibrio ácido-base de los tejidos y líquidos orgánicos e interviene en el metabolismo de los aminoácidos y la síntesis proteica (Bondi, 1989; Church, 1987).

La ingestión insuficiente de fósforo se ha relacionado con la baja fertilidad; la aparente disfunción de los ovarios determina la inhibición, disminución e irregularidad de los celos.

En las gallinas, desciende la producción de huevos, la incubabilidad y el grosor de la cáscara (Mc Donald, 2006).

El calcio es uno de los elementos necesarios para el mantenimiento, producción de huevo y buena calidad de la cáscara. Además es el componente inorgánico más importante del esqueleto, el 99% del calcio se encuentra en los huesos y dientes, además es necesario en muchas funciones biológicas como: coagulación de la sangre, activador y desactivador de enzimas, actúa en la transmisión de los impulsos nerviosos y en la secreción de hormonas, entre otros. El calcio que no aparece en los tejidos esqueléticos se halla ampliamente distribuido en los tejidos blandos del organismo donde desempeña una amplia gama de funciones esenciales (Underwood et al., 2003).

La cáscara constituye entre el 9 y el 12% del peso total del huevo, posee 94% de carbonato de calcio como componente estructural, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y demás materiales orgánicos incluyendo proteínas.

Una de las mayores diferencias en el contenido de calcio entre el hueso y la cáscara, es que los minerales del esqueleto consisten de fosfato de calcio, en tanto que la cáscara consiste en carbonato de calcio (Muller, 1978).

La cáscara es casi totalmente de carbonato de calcio y el calcio representa el 40% de la molécula de carbonato de calcio. En las aves se encuentra generalmente 10 mg de calcio por cada 100 cc de sangre. La absorción de calcio es de 50% cuando no se está formando la cáscara pero puede llegar al 80% durante el proceso de calcificación, requiriéndose para la formación de una cáscara 2,0-2,2 g de calcio, la ingestión de 3,5-4,0 g de calcio. Durante las 20 horas que se toma formar la cáscara, se deben depositar unos 25 mg de calcio cada 15 minutos. Si se asume que solamente 1,8 gramos de calcio es absorbido de la dieta, se necesita 0,44 gramos de calcio adicionales obtenidos del esqueleto y de otras fuentes. Sin embargo, debe entenderse que mayores cantidades de calcio pueden ser absorbidas bajo ciertas circunstancias (Rao y Roland, 1995; Scott, 1991).

Un exceso de calcio en la ración puede provocar la reducción en el consumo debido a una palatabilidad disminuida de la dieta, asimismo se observan depósitos calcáreos en la cáscara de huevos (Butcher, 1991). Keshavarz y Nakajima (1993), observaron que las ponedoras pueden tolerar niveles de calcio dietéticos (más de 6 gramos/ave/día) sin causar efecto adverso en su desempeño productivo. Sin embargo, Fleming (1994), reporto que raciones para ponedoras conteniendo más de 4% de calcio puede presentar algún problema de palatabilidad en la ración afectando el consumo.

Una deficiencia de calcio en la dieta ocasionaría reducción del consumo de alimento, disminución en el nivel de postura, producción de huevos con cáscara delgada, retardo del crecimiento del ave, incremento del metabolismo basal, reducción de la actividad física, osteoporosis y raquitismo, susceptibilidad a hemorragias internas y tetania.

2.2 Importancia del fósforo y calcio en la formación de la cascara de huevo

El proceso de formación de la cascara del huevo se inicia en el istmo y va en el aumento en el útero; donde se colocan sobre la superficie de la membrana externa de la cascara, pequeños cristales de carbonato de calcio. En la parte interna de la membrana de la cascara se forma, en primer lugar, una capa mamilar de carbonato de calcio, seguidamente la capa esponjosa empalizada y por último la capa externa cristalina que se cubrirá con una cutícula proteica. Aunque, las membranas de la cascara del huevo no participan directamente en el proceso de mineralización de esta, su presencia es indispensable para la formación de la cascara (Krampitz y Witt, 1979).

Sobre las membranas de la cascara es donde ocurre la nucleación de los primeros cristales de CaCO_3 , lo cual constituye el origen de las columnas cristalinas que forma la capa empalizada, esto implica que la capa mamilar tiene deposición de los grupos químicos cargados que proveen un molde sobre el cual los iones de calcio y carbonato se fijan originando la trama de cristales de calcita. Una vez que la cristalización se inicia, los diversos componentes orgánicos de la matriz que unen al calcio podrían modular la formación de las columnas de calcita. Estos componentes de matriz, complementarían su acción con la anhidrasa carbónica que localiza una alta concentración de iones de

carbonato, derivados ya sea es bicarbonato o de dióxido de carbono. Durante las dos últimas horas de formación de la cascara, se detiene la mineralización y se inicia el depósito de cutícula, luego del depósito de esta la glándula de la cascara se contrae y expulsa el huevo hacia la vagina (Fernandez et al., 2000).

Los estrógenos y andrógenos actúan conjuntamente en el control del mecanismo del calcio en tres aspectos importantes como es la absorción intestinal, calcificación y descalcificación del esqueleto y la absorción del fosforo. El calcio que se deposita sobre la cascara se obtiene de la sangre, no existe un almacenamiento de calcio en la glándula de la cascara antes de la calcificación (Hodges, 1969).

La principal fuente de calcio es la dieta, el intestino participa directa y activamente en la regulación del metabolismo del calcio, dado que la retención intestinal del calcio pasa durante la formación de la cascara del 40% al 80%. Sin embargo no todo el calcio que se deposita en la cascara procede del intestino, una parte tiene su origen en el esqueleto. En condiciones normales de aporte alimentario de calcio, la movilización del calcio ósea es importante al final de la noche cuando el tracto digestivo ya no contiene suficiente calcio absorbible, entonces esta movilización del calcio óseo es facilitada por el hueso medular localizado en la cavidad medular de algunos huesos. Por otro lado, durante el día el fenómeno es inverso, hay depósito de calcio en la medula de los huesos largos proveniente de la dieta, debido a que generalmente el huevo en formación no se encuentra en el utero y por ende no se ha iniciado el proceso de calcificación (Nys, 1990; Sauvers y Reviere, 1992).

El calcio de la cascara procede del alimento o de los huesos, la importancia de estas dos fuentes de calcio para la cascara, depende del contenido de calcio en la ración. Si el nivel de calcio en el alimento es de 3.6% (nivel normal en las raciones de ponedoras); el 80% del calcio de la cascara proviene de los alimentos y el 20% de los huesos. Si el contenido de calcio en la ración es de 1.9%, el hueso aportaría entre el 30 al 40% del calcio en la cascara, y en raciones deficientes en calcio, el esqueleto puede ser la principal fuente. Si una dieta es deficiente en calcio las ponedoras serán afectadas en la producción de huevos y en el grosor

de la cascara, para solucionar en parte este déficit las aves toman el calcio de los huesos (Aitken, 1991).

El 98% del calcio se encuentra en los huesos pero la participación de este mineral esta limitada por el aporte directo de calcio alimentario absorbido a nivel intestinal. La formación de la cascara implica la utilización de 2 g de calcio lo que corresponde entre 8 a 10% del contenido corporal de calcio. El depósito de calcio en la cascara obliga a la renovación total de este elemento sanguíneo cada 12h/día (Joly, 1994).

A mayor intensidad de postura se necesita más calcio, cuanto mayor es la duración de la postura menor es la calidad del huevo debido a que la gallinas no produce la cantidad de carbonato de calcio necesario para cubrir la producción de huevos de mayor tamaño durante la última parte de postura (North, 1993).

La utilización del calcio óseo tiene como origen el hueso medular, presente en el fémur, costillas y pelvis. La exportación se realiza en forma de fosfato tricalcicos, y la utilización excesiva del hueso medular puede originar una mala calidad de la cascara y una liberación de iones de fosfato en la sangre, con la consiguiente modificación del pH y equilibrio iónico. Para mantener el equilibrio iónico, el ave elimina el exceso de iones fosfato, a través de los riñones y estos procesos pueden conducir a una desmineralización de la ponedora. Por lo tanto, las técnicas que permiten limitar la utilización del calcio óseo, mejoran la solidez de la cascara (Flores, 1994).

Entre los factores que favorecen la absorción del calcio se tiene a la lactosa que al interactuar con las células de la mucosa intestinal, especialmente en condiciones de hipocalcemia, aumenta la permeabilidad a los iones de calcio para la vitamina D en forma activa, los bajos niveles de vitamina D, los oxalatos y fitatos que al formar oxalatos de calcio los hacen muy difíciles de absorber (McDowell, 1992).

2.3 Factores que afectan la utilización de fósforo y calcio

Existen diversos factores que afectan la utilización del fósforo y calcio en el organismo, como es la relación Ca/P, la cantidad de vitamina D₃ presente, la presencia de fitatos en ingredientes de origen vegetal, la edad y el estado fisiológico de las aves.

2.3.1 Relación Calcio: Fósforo (Ca/P)

El calcio y el fósforo no solo son requeridos en cantidades suficientes, sino también en proporciones correctas. Un exceso de calcio en relación con el fósforo puede resultar en problemas de deficiencia de zinc o de absorción intestinal y posteriormente una deficiencia de fósforo (Shimada, 1983). Las proporciones para codornices en las etapas de iniciación, crecimiento y postura deben ser de 2.2:1, 2.5:1 y 9.0:1, respectivamente (North y Bell, 1993).

Clunies et al (1992) hallaron que el consumo de alimento, calcio y fósforo se incrementa en gallinas Leghorn blancas en los días de formación de cáscara comparado con los días que no se encuentran formando cáscara. En otro estudio, los mismos autores indican que a un mismo nivel de calcio y fósforo, las gallinas que producen huevos de cáscara gruesa y delgada no presentaron diferencias en cuanto al consumo de alimento, calcio y fósforo.

El nivel de fósforo disponible es importante en relación al nivel de calcio, su interacción puede mejorar la calidad de cáscara, los altos y bajos niveles de ambos nutrientes mejoraron la calidad de cáscara; sin embargo, el aumento de calcio y disminución del fósforo y la práctica inversa de esta relación reducen la calidad de la cáscara.

2.3.2 Vitamina D₃

La vitamina D₃ se encuentra en estrecha relación con el metabolismo del calcio y fósforo. Mediante la vitamina D se favorece indirectamente la reabsorción de calcio y fósforo

presentes en la luz intestinal. Esta ejerce una función reguladora en la mineralización de los huesos y en la formación de la cáscara del huevo (Jeroch y Flachowsky, 1978).

La vitamina D ayuda a formación de la proteína transportadora de calcio en el aparato digestivo que ayuda a conservar el calcio en solución para que pueda atravesar la pared intestinal y alcanzar a las células; además de mejorar la absorción intestinal de calcio. Además mejora la absorción de fósforo en el intestino y favorece la reabsorción del fósforo en el riñón y el hueso (Mc Donald, 1995).

Vohra et al (1979) encontraron que la producción de huevos fue de 64% con un nivel de 1500 UI de vitamina D y disminuyó a 22% en ausencia de vitamina D en codornices, el cual también se vio reflejado en una reducción del peso de huevo y espesor de cáscara.

2.3.3 Fitasas

El fósforo (P) es un mineral de mucha demanda para las aves y participa ampliamente en diferentes procesos que tienen lugar en el organismo de estos animales. Toma parte en la formación de la matriz orgánica y en la mineralización del hueso. Esta presente en los ácidos nucleicos, en los fosfolípidos y ayuda a mantener el equilibrio ácido-base. Es también esencial para los procesos metabólicos de utilización y transferencia de energía (Garret y Grishman, 1999).

La mayor parte de fósforo presente en los ingredientes vegetales se encuentra en forma de fósforo de fitina, compuesto orgánico no muy bien utilizado por el ave, estando disponible en casi un 50% (North, 1993). Se considera que este fósforo fitico no es utilizado por las aves. (I.N.R.A., 1984). En estudios realizados con ponedoras, la utilización del fósforo de los fitatos fue aproximadamente el 50% del fosfato dicálcico. (Mc Donald, 1988).

Keshavarz (2000) encontró una baja calidad de cáscara del huevo en aves alimentadas con dietas conteniendo fitasas. Um y Paik (1999) no encontraron diferencias significativas en la suplementación de fitasas a dietas con valores variables de fosfato tricalcico.

2.4 Fuentes de fósforo y calcio

2.4.1 Fosfatos inorgánicos

Los fosfatos inorgánicos presentes en el suelo son relativamente inaprovechables por el hombre y los animales, salvo previo tratamiento con calor de la roca fosfórica, obteniéndose de esta manera, formas aprovechables como el fosfato tricalcico (Scott et al. 1982). El fosfato de roca nativo y el superfosfato pueden ser perjudiciales por su contenido de flúor, siendo necesario desfluorizarlos para que puedan ser totalmente utilizados (Bondi, 1989).

Los fosfatos de calcio son producidos por la industria química y tienen composición constante y un alto nivel de fósforo, el mejor fosfato es el fosfato dicalcico (PO_4HCa) que se obtiene tanto del hueso como de la roca fosfatada, aunque si se prefiere esta última fuente debe ser privada del flúor que contiene, el contenido de calcio es de 26% y de fósforo 21%. El fosfato tricalcico ($\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ es obtenido por síntesis y el monobásico ($\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$ se obtiene por la adición de óxido de calcio al ácido fosforito (Rojas, 1979). En el cuadro 1 se muestra la composición y disponibilidad de diferentes fuentes de fósforo en los principales insumos alimenticios.

No hay fuentes de fosfato completamente disponibles por lo que un buen fosfato debe tener como mínimo 90% de fósforo disponible (Soares, 1990). El concepto de biodisponibilidad se relaciona a la parte realmente utilizada para fines metabólicos y es en este sentido que permite discernir entre compuestos que teniendo igual contenido químico del elemento no son utilizados y absorbidos en igual forma. La disponibilidad del P inorgánico está disponible en más de 90%. Según Lima (1994), para diferentes muestras de fosfatos dicálcicos comerciales, el valor medio de disponibilidad es de 103.5%.

CUADRO 1: Composición y disponibilidad de fósforo en los principales insumos alimenticios.

	Fosforo total	Fosforo inorgánico	Fosforo orgánico	Fosforo orgánico Fítico	Fosforo orgánico no fítico
Maíz	0.33	0.07	0.26	0.22	0.04
Trigo	0.35	0.07	0.28	0.22	0.06
Cebada	0.39	0.06	0.33	0.24	0.09
Avena	0.36	0.12	0.24	0.19	0.05
Gluten Feed	0.92	0.15	0.77	0.64	0.13
Harina de soja 44%	0.62	0.06	0.56	0.4	0.16
Harina de girasol 32%	0.88	0.14	0.74	0.26	0.48

Fuente: I.N.R.A. (1984)

2.4.2 Fosfatos orgánicos

El fósforo orgánico representa la fracción mayoritaria, siendo el ácido fítico el fosfolúcido más abundante. El fósforo fítico se le asigna una digestibilidad de 0, no siendo posible su utilización por monogástricos.

Bondi (1989) y Mc Donald (1988) señalan que los subproductos de origen animal que incluyen la harina de pescado, carne y huesos son fuentes ricas en fósforo. La harina de huesos que es de un gran uso en América Latina presenta un contenido de 12% de fósforo y 37% de calcio, aunque presenta características poco deseables, polvo fino, desde el punto de vista tecnológico (De Blas, 1991). Para su elaboración, la primera operación consiste en tomar los huesos de animales beneficiados y lavarlos para remover sangre y otros materiales extraños. Los huesos son luego chancados y cocinados en tanques de presión para remover la grasa. Después de esta operación se le cocina varias veces hasta secar toda

la gelatina. Los huesos se retiran del tanque de cocimiento y se prensan para remover el exceso de humedad y grasa, luego se secan, muelen y envasan.

2.4.3 Fuentes de calcio

La principal fuente de calcio es el carbonato de calcio (CaCO_3), obtenido directamente de yacimientos de piedra caliza. Su contenido en calcio es de aproximadamente de 38% dependiendo de la riqueza de calcita de la materia prima original. El CaCO_3 se presenta en forma de harina, asimismo en forma granulada de 2 a 4 mm de espesor, utilizándose con mayor frecuencia en forma de harina (Keshavarz, 1994).

El carbonato de calcio, se usa como única fuente de calcio a niveles máximos de 3% para todas las especies, a excepción de las gallinas en postura, donde el máximo en la dieta se puede fijar en 9% (Honorio, 2009).

Otras fuentes de calcio utilizadas con frecuencia en las dietas de aves ponedoras son la conchuela y en menor proporción la harina de algas marinas. La piedra caliza, es una fuente de calcio de buena calidad y la conchuela es una fuente alternativa de calcio para aves. La utilización de algas marinas se realiza debido a que poseen alta concentración de calcio disponible, lo que da la mayor resistencia a la cáscara de huevo (Algarea, 1997). El calcio de la conchuela es tan disponible como la piedra caliza, pero al ser menos saludable y de tamaño más grueso, se libera más lentamente (Rostagno et al., 2005).

La harina de cáscara de huevo, que contiene hasta 39.21 % de calcio, tiene mayor disponibilidad en el mercado ya que en las granjas avícolas descartan aproximadamente el 3% de huevos que no cumplen las especificaciones de calidad, de los cuales se comercializa la parte líquida y se descarta la cáscara, pero la información sobre el nivel de utilización de este insumo es escasa (Naves, 2005).

La variación en la composición química, solubilidad in Vitro, biodisponibilidad y granulometría son importantes para la selección de fuentes de calcio en alimentación animal (Fassani, 2004).

El calcio también se puede suministrar en forma de fuente combinada con fósforo como son los fosfatos monocalcicos o dicalcicos, fosfatos fluorinados o harinas de hueso. Estas fuentes son de alto costo y sus niveles de inclusión en la dieta son bajos por problemas de palatabilidad como en el caso de la harina de huesos que se utiliza en niveles máximos de 3%. El calcio contenido en la harina de huesos, cloruro cálcico y fosfato bicalcico son más disponibles que el contenido en el fosfato defluorinado. La concentración de calcio es de 24% en el fosfato bicalcico (Keshavarz, 1994).

Los carbonatos dolomíticos son también una fuente importante de Mg (hasta el 12% de Mg), su uso como fuente de calcio implica un exceso de magnesio en la dieta que resulta perjudicial, especialmente para gallinas criadas en piso presentándose camas húmedas y baja calidad de cáscara y en aves jóvenes, problemas óseos (Lana, 2000 y Butolo, 2002).

2.5 Características del huevo de codorniz

La estructura del huevo en la codorniz está constituida de la siguiente manera: cáscara (10.2%), clara (46.1%), yema (42.3%) y la membrana (1.4%), notándose que difiere en cuanto a la proporción que existe entre la clara (58%) y yema (31%) en el huevo de la gallina (Perez y Perez, 1974).

La cáscara es la parte externa del huevo y se destina a proteger a la clara y a la yema. Está compuesto por carbonato de calcio, posee millones de poros que permite al huevo respirar, además puede realizar el proceso de intercambio gaseoso entre la parte interior hacia el exterior. La cáscara está dividida en 3 partes: la cutícula, por el lado externo, con 0.03 a 0.07 mm de espesor; la cáscara propiamente dicha, de consistencia calcarea que es muy resistente y las membranas adherentes a la cáscara por el lado interno. (Cumpa, 1999).

La clara está formada por 4 capas, externamente una clara fina luego una clara más gruesa, una fina interna y la chalacifera. Además de sus funciones relacionadas a la incubación, la clara tiene un importante papel como amortiguador, cuando el huevo es sometido a choques bruscos se encuentra protegiendo así al embrión (Bissoni, 1993).

La yema constituye la mayor fuente de alimento para el embrión, podemos considerar que es la parte más importante del huevo porque posee una gran reserva de nutrientes, formando el saco vitelino (Cumpa, 1999).

El peso de los huevos de codorniz oscila ampliamente, encontrándose en promedio huevos con 10 g. Esta apreciación constituye una influencia notable en el valor comercial y en las posibilidades de incubación. Entre otros factores están:

- El peso está determinado por el grosor de la cáscara, a factores hereditarios vinculados al carácter densidad de la misma, además de la temperatura y humedad, así como la alimentación.
- Las altas temperaturas disminuye el peso de los huevos.
- La edad del animal, pues animales jóvenes y viejos producen huevos con menor peso.
- La rapidez con la que atraviesa el complejo ovular las distintas secciones del oviducto también influyen en el peso de los huevos.
- Estudios corroboran que las raciones con bajo nivel energético y un 14% de proteína máximo, reducen más que el nivel de puesta en la gallina, el peso del huevo (Pérez y Pérez, 1974).

El tamaño del huevo de codorniz, así como el peso, calidad de la cáscara, y composición de la yema es factorizado por efectos medioambientales que afectan el crecimiento del cotopolluelo ligados a los componentes maternos como lo es el pre- ovoposicional, específicamente el oviducto (Aggrey y Cheng, 1993).

Quintana (1999), señala que dentro de los factores que afectan el tamaño del huevo se encuentra la alimentación, específicamente las dietas deficientes en lisina, aminoácidos en general y ácido linoleico; así mismo la presencia en el alimento de compuestos antinutricionales como el Gosipol y Nicarbacina. Continúa explicando que otro factor que afecta el tamaño del huevo son las altas temperaturas ambientales (superior a 21 °C) pues se disminuye el consumo de alimento.

2.6 Calidad de la cáscara

La calidad de la cáscara es un factor importante por las repercusiones que tiene en el transporte del producto hasta el consumidor final, por ello desde el punto de vista industrial el asunto de la calidad del huevo se ha concentrado principalmente en mejorar la calidad de la cáscara debido a que efectivamente este parámetro influye en las pérdidas por ruptura o en la disminución en la categoría de los huevos. La calidad del huevo corresponde a una combinación de factores que estimulan su compra, tales factores incluyen resistencia a la rotura, gravedad específica, peso, grosor y porcentaje de cáscara (Gomez, 1997).

La importancia de la calidad de cáscara queda evidenciada por el hecho de que no menos del 6 al 8 por ciento de los huevos producidos por las ponedoras, en condiciones correctas, se rompen, tanto en la propia caseta como durante su manipulación y posterior transporte. Asimismo, la calidad de la cáscara determina la medida en que las bacterias penetran al interior del huevo; a mayor calidad, menor penetración (Buxade, 1987).

Los principales factores que influyen sobre la calidad de la cáscara son:

La estructura de las membranas de la cáscara, es un factor de importancia primaria por lo que cabe mencionar que los huevos producidos por aves viejas o por aves con problemas de cáscara tienen membranas que pesan menos y que además presentan una composición de aminoácidos diferentes a las membranas de huevos de aves jóvenes o de huevos de buena calidad. La estructura de la capa columnar, la composición de la matriz orgánica y de la cutícula, también pueden afectar notablemente la calidad de la cáscara (De Blas y Mateos, 1989).

Factores nutritivos, en los que podemos señalar la importancia del suministro de calcio en la dieta (cuando el nivel de calcio es bajo se producen huevos con cáscara más fina y una disminución en el número de huevos producidos), fósforo (cuando el nivel habitual de fósforo en la dieta sufre una deficiencia mejora de calidad del huevo, un alto o bajo nivel de fósforo disponible podría afectar la producción además de reducir la calidad de la cáscara (Harms, 1982)), manganeso (mejora el funcionamiento de los procesos productivos, un

déficit en dietas de gallinas ponedoras ocasiona una disminución de la puesta y una baja calidad de la cáscara), zinc (una deficiencia se asocia en aves con alteraciones reproductivas influyendo negativamente sobre la calidad de la cáscara), electrolitos (un valor negativo en el balance electrolítico tiende a producir alcalosis o acidosis metabólica en las aves afectando los rendimientos productivos de las aves), vitamina D (la vitamina D tiene una clara influencia sobre la eficacia de la absorción del calcio), y cloro (un exceso tiende a producir acidosis metabólica resultando en una depresión en el espesor y en la resistencia de la cáscara (Jeroch y Flachowsky, 1989).

Genética del ave, la influencia genética es la más importante, puesto que la selección genética en calidad del huevo se basa fundamentalmente en el espesor de la cáscara. Además hay aspectos del comportamiento claramente relacionados con la genética y que influyen sobre el porcentaje de huevos rotos, tales como el nerviosismo y la posición que adopta el ave en el momento de puesta (De Blas y Mateos, 1989).

Factores ambientales, la temperatura suele ser el factor más importante que afecta a la calidad del huevo, debido a que las temperaturas elevadas tienen una influencia directa e inmediata sobre la puesta, dado que disminuye el índice de puesta, se reduce el tamaño del huevo y disminuye la calidad de cáscara (Buxade, 1987).

Melo et al (2008) evaluó la calidad de huevo de codorniz con dos fuentes diferentes de fósforo, harina de algas y fosfato dicálcico, no hubieron diferencias significativas y por ende no se afectó la calidad del huevo, lo que confirma los hallazgos de Veloso et al (1991), Gomes et al (1993) y Pan et al (2002), sobre el reemplazo de esta fuente mineral.

2.6.1 Calidad interna del huevo

La cualidad interna más apreciada del albumen es su consistencia, que nos informa el grado de “frescura”. La consistencia o, la calidad de la clara, está en relación con su contenido de ovomucina. Buxade (1987) menciona que uno de los métodos aceptados para su evaluación se refiere a las Unidades Haugh, las que se basan en el hecho de que la altura de la clara

densa es indicador de la proporción de la misma respecto al contenido total del huevo y de su consistencia. Las Unidades Haugh tienen en cuenta la altura del albumen, la cual se mide alrededor de la yema y el peso del huevo.

Los principales factores que afectan la consistencia de la clara son los factores ligados al ave (edad), factores antinutricionales, sanitarios, de manejo, condiciones ambientales y tiempo de almacenaje. La calidad de la clara disminuye entre 1.5 y 2 unidades Haugh por mes al final del ciclo de puesta (Pope et al, 1960, mencionados por De Blas, 1991). Los huevos producidos por aves viejas tienen la cáscara más delgada y por ello pierden CO₂ y calidad interna más rápidamente. Un aumento en el nivel de fósforo de la dieta mejora la calidad del albumen (Buxade, 1987). Otros macrominerales como cromo, zinc y vitamina C influyen positivamente sobre la calidad del albumen. La adición de vitamina C parece ser más beneficiosa en situaciones de estrés y durante periodos de calor. La Vitamina C es sintetizada normalmente en el riñón del ave en cantidades suficientes.

Todos los procesos infecciosos que afectan el aparato reproductor y específicamente el magno disminuyen la capacidad de síntesis de proteínas del albumen y, por tanto afectan la calidad interna. Las altas concentraciones de amoníaco provocan una disminución de la calidad de la clara. La calidad del huevo disminuye tras la oviposición. El CO₂ disuelto en el albumen durante el proceso de formación del huevo pasa a la atmósfera como consecuencia del gradiente negativo de concentraciones y produce su fluidificación. La disminución de la calidad es más rápida en los tres o cuatro primeros días de puesta (De Blas, 1991).

El albumen denso se fluidifica rápidamente con el tiempo; al ser un proceso químico, progresa rápidamente cuanto más elevada es la temperatura. Con el calor el huevo transpira y pierde agua y CO₂. El equilibrio de presiones se consigue con la entrada de aire y como consecuencia aumenta la cámara de aire del huevo.

Peralli et al. (2003), no observaron aumento en el peso del huevo de las codornices, utilizando una fuente de fósforo orgánico, porque este no influye en el peso del albumen, que es responsable por aproximadamente 60% del peso del huevo entero.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar y duración

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Experimental de Avicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El tiempo de duración del trabajo de investigación en campo fue de 28 días, comprendidos entre el 6 de Agosto al 3 de Septiembre del 2012.

3.2. Instalaciones y equipos

Se dispuso de un ambiente de crianza de material noble, con dimensiones de 120 m² (10 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 de alto), el piso es de cemento con ventanas laterales ubicadas en dos de sus cuatro paredes con mallas de pescador recubiertas por cortinas para manejar así el ambiente interno y sea adecuado para las aves además se contó con un sistema de distribución de electricidad y agua.

También se contó con un termómetro de mínimos y máximos, registrándose la temperatura ambiental entre 18 a 24 °C.

Para el alojamiento de las aves se utilizaron 18 jaulas de 0.6 x 0.4 de área y una altura de 0.2 m. cada una, fabricada de alambre galvanizado con rejillas de 10 mm, con una pendiente de 5% con la finalidad que los huevos resbalen a la parte delantera. Cada una de las jaulas conto con un bebedero automático de plástico (tipo copa) de 4.5 cm de diámetro y 4 cm de profundidad, con un comedero lineal en forma de “U” de 60 cm de longitud y una capacidad de 0.5 kg ubicados en la parte anterior de las jaulas.

Se utilizaron los siguientes equipos para el control del experimento y limpieza de las jaulas: balanza platillo de 2 kg de capacidad para el control del alimento, balanza electrónica para el pesaje del huevo por cada jaula con una aproximación de 0.1 g., bandejas porta huevos

identificadas, para el recojo y medición de la producción, termómetro ambiental de máxima y mínima para el control de la temperatura, mochila de fumigación, carretilla, implemento de limpieza como escobas, trapos y escobillas.

3.3 Animales experimentales y distribución de las unidades experimentales

Se emplearon 288 codornices hembras pertenecientes a la subespecie Coturnix Coturnix japónica, 144 codornices de quince (15) semanas de edad y 144 codornices de sesenta (60) semanas de edad. Las aves fueron distribuidas en 18 jaulas de 16 codornices cada una. La unidad experimental fue cada jaula, de esta forma se estableció 3 repeticiones para cada dieta en evaluación. Las condiciones de manejo y medio ambiente fueron similares.

3.4 Productos evaluados

- Harina de huesos

La harina de huesos evaluada es un producto comercializado, el cual contiene 16% de fósforo y 36% de calcio, la elaboración de la harina de huesos consiste en tomar los huesos de animales beneficiados, lavarlos para remover la sangre y otros materiales. Los huesos son luego triturados y cocinados en tanques de presión para remover la grasa, después de esta operación se les cocina varias veces hasta extraer toda la gelatina. Los huesos se retiran de los tanques de cocimiento y se prensan para remover el exceso de humedad y grasa, luego se secan, muelen y envasa. La ceniza de huesos, parecida al carbón, es friable y puede pulverizarse con facilidad. Es comercializada por la empresa LACP PERU S.A.

- Fosfato dicálcico

El fosfato dicálcico es fabricado mediante un proceso en vía húmeda primero se debe reaccionar la roca fosfórica con ácido clorhídrico (materias primas principales) proceso del cual se obtiene un licor de fosfato monocálcico, luego se purifica la solución resultante, se obtiene el fosfato dicálcico por precipitación de sales de calcio. El producto contiene como mínimo 18% de fosforo y 26% de calcio. El producto comercial usado para el experimento es Phosbic, comercializado por COINSA S.A.

3.5 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron conformados por la combinación de fuentes de calcio y fósforo con la edad de las codornices.

Tratamiento 1: A1-B1 (codornices jóvenes con 100% Fosfato dicálcico)

Tratamiento 2: A1-B2 (codornices jóvenes con 50% Fosfato dicálcico + 50% Harina de huesos)

Tratamiento 3: A1-B3 (codornices jóvenes con 100% Harina de huesos)

Tratamiento 4: A2-B1 (codornices adultas con 100% Fosfato dicálcico)

Tratamiento 5: A2-B2 (codornices adultas con 50% Fosfato dicálcico + 50% Harina de huesos)

Tratamiento 6: A2-B3 (codornices adultas con 100% Harina de huesos)

Dónde:

A1= Codornices jóvenes (15 semanas de edad)

A2= Codornices adultas (de 60 semanas de edad)

B1= Dieta con Fosfato dicálcico (FD) como fuente de calcio y fosforo

B2= Dieta con 50% Fosfato dicálcico (FD) + 50% Harina de huesos (HH), como fuente de calcio y fosforo

B3= Dieta con Harina de huesos (HH) como fuente de calcio y fosforo

3.6 Dietas experimentales

Las dietas se prepararon semanalmente en la granja, fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las Tablas Brasileñas para codornices en la etapa de postura usando el programa NUTRITION-DAPP. Su composición y valor nutricional calculado de dichas dietas se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales

Ingredientes	Dietas		
	B1	B2	B3
Maíz amarillo	48.78	48.94	49.12
Torta de soya	38.91	38.89	38.87
Carbonato de calcio	6.54	6.42	6.28
Aceite crudo de soya	3.56	3.51	3.45
Fosfato dicálcico	1.06	0.55	0.00
Harina de huesos	0.00	0.55	0.55
Sal común	0.33	0.33	0.33
Metionina DL	0.32	0.32	0.32
Cloruro de colina, 60%	0.10	0.10	0.10
Secuestrante de micotoxinas	0.10	0.10	0.10
Vitaminas-Minerales	0.10	0.10	0.10
Bacitracina de Zinc	0.07	0.07	0.07
Antifúngica	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.05	0.05	0.05
Lisina HCl	0.02	0.02	0.02
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Valor nutritivo (calculado)			
EM Kcal./Kg.	2800 Kcal.	2800 Kcal.	2800 Kcal.
Proteína cruda, %	21.67	21.67	21.68
Lisina total, %	1.23	1.23	1.23
Metionina + Cistina total, %	1.00	1.00	1.00
Treonina total, %	0.84	0.84	0.84
Triptófano total, %	0.26	0.26	0.26
Calcio, %	2.92	2.92	2.92
Fósforo Disponible, %	0.30	0.30	0.30
Sodio, %	0.15	0.15	0.15

B1=Dieta con Fosfato dicálcico como fuente de calcio y fosforo; B2= Dieta con 50% de Fosfato dicálcico + 50% Harina de huesos, como fuente de calcio y fosforo y B3= Dieta con Harina de huesos como fuente de calcio y fosforo.

3.7 Manejo de alimento

Durante las cuatro semanas de evaluación, los animales recibieron las dietas correspondientes según cada tratamiento. El suministro de alimento se realizó dos veces al día (8 a.m. y 2 p.m.). El suministro de alimento fue Ad-libitum ofreciendo 30 gr/ave/día. Asimismo el suministro de agua fue también Ad-libitum mediante bebederos automáticos de plástico, tipo copa.

3.8 Manejo de los animales

Durante las primeras horas de la mañana se recogían los huevos, se limpiaban y pesaban de acuerdo a los tratamientos, luego se le suministraba el alimento y finalmente se recogían las heces y se limpiaba el galpón. Todas estas actividades se realizaban en la mañana para evitar molestar a las codornices durante la tarde, hora en que empezaban a poner huevos.

3.9 Parámetros de evaluación

La calidad de la cáscara se evaluó mediante los parámetros, porcentaje de postura, espesor de cáscara, peso de cáscara, peso de albúmina, peso de yema, gravedad específica del huevo y calidad interna del huevo.

3.9.1 Porcentaje de postura

Se define como el número total de huevos puestos en comparación con el número de codornices en observación.

$$\% \text{ Postura/ave/alojada} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ Total de huevos puestos}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de codornices en postura}} \times 100$$

3.9.2 Calidad externa del huevo

3.9.2.1 Peso del huevo

El peso promedio del huevo se obtuvo dividiendo el peso total de los huevos por tratamiento entre el número total de huevos del tratamiento.

3.9.2.2 Espesor de cáscara

Para determinar el grosor de cáscara se utilizó un vernier, la evaluación se realizó cada semana, siendo el promedio 4 mediciones, una en cada polo y 2 en el ecuador del huevo, el resultado se obtuvo en milímetros. Para medir este parámetro se tomó al azar 2 huevos por repetición de cada tratamiento durante la evaluación.

3.9.2.3 Peso de la cáscara

La evaluación del peso de cáscara se realizó pesando la cáscara del huevo cada semana hasta el final del experimento, tomando como muestra dos huevos por repetición de cada tratamiento. Primero se retiró el contenido del huevo y se envió a secar la cascara a estufa a 120 °C por 24 horas, luego se procedió al pesado. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cáscara del huevo} = \frac{\text{Peso de cascara (g)} \times 100}{\text{Peso del huevo (g)}}$$

3.9.2.4 Gravedad específica del huevo

Para determinar la gravedad específica, los huevos se colocaron en una canastilla para ser sumergidos en balde de 10 Litro de capacidad que contenían ochos concentraciones diferente de sal con densidades de 1.050, 1.055, 1.060, 1.065, 1.070 y 1.075, 1.080 y 1.085 g/ml. Las soluciones se prepararon disolviendo diferentes cantidades de sal común en agua. Una vez preparadas las diferentes soluciones, se verifico con el uso de un densímetro graduado de 1.000 a 1.100.

La prueba de gravedad específica se realizó una vez por semana. El número total de huevos evaluados en cada prueba fue de 30 huevos por tratamiento (10 por cada repetición), De estas unidades experimentales se utilizó 10 huevos para realizar la prueba de gravedad específica. Cada 10 huevos se sumergieron en las diferentes soluciones, comenzando por la de menos densidad. Los huevos que flotaron y llegaron a la superficie del agua en cada

solución, se retiraron y se colocaron en separadores de huevo previamente identificados. Al término del examen, se registró el número de huevos que flotaron en cada solución.

Para interpretar los valores de gravedad específica se tiene que tomar en cuenta que hay una correlación alta con el porcentaje de huevos quebrados, es decir, a menor gravedad específica mayor porcentaje de huevos quebrados.

3.9.3 Calidad interna del huevo

3.9.3.1 Peso de la yema

La evaluación del peso de la yema se realizó separando la yema de la clara, luego se llevara a pesar, se evaluó cada semana hasta el final del experimento, tomando como muestra dos huevos por repetición de cada tratamiento. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de yema en el huevo} = \frac{\text{Peso de la yema (g)} \times 100}{\text{Peso del huevo (g)}}$$

3.9.3.2 Peso de la albúmina

La evaluación del peso de la albúmina se obtuvo de la diferencia del peso del huevo con la sumatoria del peso de la cáscara y la yema. Se evaluó cada semana hasta el final del experimento, tomando como muestra dos huevos por repetición de cada tratamiento. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Albúmina} = \text{Peso del huevo (g)} - \{\text{Peso de la cáscara (g)} - \text{Peso de la yema (g)}\}$$

$$\% \text{ de albúmina} = \frac{\text{Peso de la albúmina (g)} \times 100}{\text{Peso del huevo (g)}}$$

3.9.3.3 Calidad Interna

Esta evaluación se realizó una vez por semana, se tomaran 2 huevos de cada repetición, primero se deben pesar luego se procedió a romperlos y se realizaron cuatro mediciones de altura de la albúmina alrededor de la yema. De todas las mediciones se sacara un promedio que servirá para la fórmula de conversión a Unidades Haugh (UH).

$$U.H. = 100 \log. (h - 1,7 p^{0.37} + 7,57)$$

U.H.= Unidades Haugh

h. = Altura del albumen denso (mm.)

p. = Peso del huevo (g.)

3.10 Programa sanitario

En el transcurso de la fase experimental se efectuaron las prácticas sanitarias destinadas a la prevención. Control de entrada de personas extrañas al galpón, control de roedores y moscas, lavado de bebederos, purificación del agua de bebida utilizando 10 ml. de hipoclorito de sodio por cada 100 litros de agua.

3.11 Diseño estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados bajo un Diseño Completamente Randomizados (DCR) con arreglo factorial 3x2. Los factores son las dietas (3) y edad de las aves (2), generando seis tratamientos, cada tratamiento conto de 3 repeticiones con 16 codornices cada uno. En el análisis de varianza de los datos se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS, 1999).

El modelo aditivo lineal es el siguiente (Calzada, 1982):

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Observación experimental.

μ = Media general.

A_i = Efecto de la edad de las codornices.

B_j = Efecto de la fuente de calcio y fósforo.

AB_{ij} = Interacción entre la fuente de calcio y fósforo; la edad de las codornices

e_{ijk} = Efecto del error experimental.

La comparación de medias se llevó a cabo con la Prueba de Duncan (Duncan, 1955). Se realizó una conversión a los datos porcentuales de la postura antes de pasar por un análisis de varianza usando la siguiente fórmula (Calzada, 1982): Arcoseno ($\sqrt{\%}$)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

El presente estudio consistió en evaluar el efecto de dos edades de codornices (15 y 60 semanas) y tres proporciones de fosfato dicálcico (FD) y harina de huesos (HH) (100:00; 50:50; 00:100) en la dieta sobre la respuesta productiva, calidad externa y calidad interior del huevo y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

El análisis estadístico de los datos registrados mostró que hubo interacción altamente significativa ($P < 0.01$) entre la edad de las codornices y las proporciones de FD:HH en la dieta para el parámetro producción de huevo; sin embargo, no hubo interacción significativa ($P > 0.05$) para los siguientes parámetros: peso de huevo, peso de yema, peso de albúmina, peso de cáscara, calidad de albumen, grosor de cáscara y gravedad específica, por lo que la discusión sobre estos parámetros se centrará solo sobre los efectos simples.

4.1 Porcentaje de postura

Los resultados del porcentaje de postura por tratamiento se presentan en el Cuadro 3 y se observa que hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos. Los datos muestran que, tanto la edad como las proporciones de FD:HH en la dieta tuvieron influencia sobre el porcentaje de postura. Así, mayor porcentaje de postura se observa en el grupo de codornices jóvenes (Tratamientos 1, 2 y 3) mientras menores valores fueron registrados en el grupo de codornices adultas (Tratamientos 4, 5 y 6). Por otro lado, dentro del grupo de codornices jóvenes, los animales que recibieron la dieta con FD y HH en proporción 50:50 (Tratamiento 2) mostraron el menor ($P < 0.05$) porcentaje de postura en comparación a las otras dos proporciones FD:HH (Tratamientos 1 y 3). Por el contrario, un mayor ($P < 0.05$) porcentaje de postura se registró en el grupo de codornices adultas que recibió la dieta con la proporción 0% FD:100% HH (Tratamiento 6) en comparación con las otras dos proporciones de FD:HH (Tratamientos 4 y 5).

CUADRO 3. Comportamiento productivo de codornices japonesas de 15 y 60 semanas de edad alimentadas con dietas que contienen diferentes proporciones de fosfato dicálcico (FD) y harina de huesos (HH) como fuentes de calcio y fósforo.

Tratamientos	Edad Codornices (Semanas)	Relación FD:HH	Producción de Huevo %	Peso Huevo g	Peso Yema g	Peso Albumina g	Peso Cáscara mg	Calidad Albumen UH	Grosor Cáscara mm	Gravedad Específica g/mL
1	15	100:00	68.5 ^a	12.20 ^{ab}	3.85 ^a	7.49 ^{ab}	865 ^a	52.5 ^{ab}	0.246 ^a	1.067 ^a
2		50:50	61.2 ^b	11.92 ^b	3.84 ^a	7.17 ^b	908 ^a	52.2 ^b	0.252 ^a	1.065 ^{ab}
3		00:100	67.1 ^a	12.13 ^{ab}	3.77 ^a	7.41 ^{ab}	946 ^a	53.2 ^a	0.255 ^a	1.067 ^a
4		100:00	43.3 ^d	12.01 ^{ab}	3.88 ^a	7.23 ^{ab}	897 ^a	52.5 ^{ab}	0.257 ^a	1.063 ^b
5	60	50:50	43.9 ^d	12.57 ^a	3.99 ^a	7.67 ^a	904 ^a	52.0 ^b	0.249 ^a	1.063 ^b
6		00:100	47.7 ^c	12.52 ^{ab}	3.94 ^a	7.65 ^{ab}	938 ^a	51.9 ^b	0.252 ^a	1.065 ^{ab}
Efecto de la edad aves (Semanas)		15	65.6 ^a	12.08 ^a	3.82 ^a	7.36 ^a	906 ^a	52.6 ^a	0.251 ^a	1.066 ^a
		60	45.0 ^b	12.37 ^a	3.93 ^a	7.52 ^a	913 ^a	52.2 ^a	0.252 ^a	1.063 ^b
Efecto de proporción FD:HH		100:00	55.9 ^a	12.10 ^a	3.86 ^a	7.36 ^a	881 ^b	52.5 ^a	0.251 ^a	1.065 ^{ab}
		50:50	52.6 ^b	12.25 ^a	3.92 ^a	7.42 ^a	906 ^{ab}	52.1 ^a	0.250 ^a	1.064 ^b
		00:100	57.4 ^a	12.32 ^a	3.85 ^a	7.53 ^a	942 ^a	52.5 ^a	0.253 ^a	1.066 ^a
Probabilidad										
Efecto edad de las codornices (E)			0.0001	0.0927	0.0759	0.2109	0.7696	0.0631	0.7464	0.0069
Efecto de la proporción FD:HH (P)			0.0007	0.5500	0.6555	0.5510	0.0935	0.2787	0.8922	0.0955
Efecto Interacción E x P			0.0061	0.1106	0.6125	0.0515	0.7375	0.0949	0.4537	0.3689

^{a-d} Valores dentro de una misma columna con superíndices no común difieren significativamente ($P < 0.05$)

Los datos del Cuadro 3 muestran, también, los efectos de la edad de las codornices y de las proporciones de FD y HH en la dieta sobre el porcentaje de postura. El análisis estadístico correspondiente indica que codornices de 15 semanas de edad registró un mayor ($P < 0.01$) porcentaje de postura que codornices de 60 semanas de edad (65.6% vs. 45.0%). De igual manera, la proporción de FD y HH en la dieta también tuvo influencia sobre el porcentaje de postura. Así, la dieta que contenía 50% FD: 50% HH resultó en un menor ($P < 0.01$) porcentaje de postura (52.6%) que las otras dos proporciones (100FD:00HH, 55.9%; 00FD:100HH, 57.4%), las cuales no difirieron entre sí.

Yasmeen et al (2008) evaluó la producción de huevo de gallinas de 24 y 76 semanas de edad, hallando una mayor producción en el primer grupo ($P < 0.01$). Kriz et al. (1988), Bell y Adams (1992), Siopes (1995) y Bare y Striem (1998) también reportaron una mayor producción de huevos durante la primer año que en el segundo año del ciclo de producción. La explicación probable para una mayor producción de huevos en primer ciclo de producción puede ser la capacidad de las aves para utilizar su alimentación de manera más eficiente que los de la segunda ciclo de producción.

Catl et al. (2012) evaluó diferentes fuentes de fosforo y calcio en gallinas ponedoras de 85 semanas de producción, siendo la dieta de fosforo y calcio orgánico la que obtuvo mejores resultados en comparación de las dietas de fosforo y calcio inorgánico y la mezcla de ambas, esto difiere de lo obtenido en el presente experimento. Bozkurt et al (2004) evaluó dietas con 2.0 y 4% de Harina y Carne de hueso en gallinas de 84 semanas, siendo la dieta con 2% la que obtuvo un incremento significativo en la producción, mientras que un exceso del 2% no tuvo un beneficio adicional en la producción de huevos.

4.2 Calidad Externa

4.2.1 Peso de huevo

Los resultados del peso promedio de huevos por tratamientos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción entre la edad de las codornices y la proporción de FD:HH en la dieta. De igual manera, el peso de huevo no fueron influenciados significativamente ($P > 0.05$) por la edad de las codornices ni por las proporciones de FD:HH en la dieta; sin embargo, los

huevos de codornices de 60 semanas de edad tendieron ser más pesadas que aquellas de 15 semanas de edad.

Yasmeen (2004) obtuvo los resultados que las gallinas de 76 semanas de edad producen huevos significativamente más pesados que las gallinas de 24 semanas ($P < 0.01$). Verheyen y Decuyper (1991), Bare y Striem (1998) y Peebles et al. (2000) también encontraron que el peso del huevo de gallinas en el segundo año de producción aumento con el aumento de la edad de las aves. Similar los resultados han sido reportados por Suk y Park (2001) en dos cepas de tipo huevo comerciales de pollo es decir ISA Brown y coreano Native Chicken donde el peso del huevo aumentó con el aumento de la edad (45 a 80 semanas de edad).

Asimismo, los huevos de codornices que recibieron la dieta con 00% FD: 100% HH tendieron ser más pesados que los de aquellos que recibieron dietas conteniendo las otras dos proporciones de FD:HH. Este resultado difiere, en alguna medida, con lo reportado por Bozkurt *et al.* (2004), quienes encontraron que el peso de huevos de gallinas de 84 semanas de edad que fueron alimentadas con una dieta que contenían FD fue mayor que el del grupo alimentado con dietas que contenían diferentes niveles de harina de carne y huesos. Melo *et al.* (2008) y Peralli *et al.* (2003) obtuvieron resultados que indican que fuentes de fósforo orgánico no influyen sobre el peso del huevo entero.

4.2.2 Espesor (grosor) de cáscara

Los resultados de espesor de cáscara por tratamientos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Este parámetro no fue afectado ($P > 0.05$), independientemente, por la edad de las aves ni por la proporción de FD y HH en la dieta. Los resultados del presente estudio concuerdan con los reportado por Bozkurt *et al.* (2004) quienes encontraron que el grosor de la cáscara de huevo no fue influenciado por la presencia de FD o harina de carne y huesos en las dietas de las aves de postura. Asimismo, no hubo efecto de la edad de las aves a pesar de que a mayor edad existe una reducción de la calidad de la cáscara por el aumento

del tamaño del huevo. Una mejora en la calidad de la cáscara generalmente minimiza las pérdidas por huevos descartados.

4.2.3 Peso de cáscara

Los resultados del peso de cáscara por tratamiento se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción ($P>0.05$) entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Igualmente, este parámetro no fue afectado ($P>0.05$), independientemente, por la edad de las aves ni por la proporción de FD y HH en la dieta. Es necesario señalar que existe una tendencia ($P<0.09$) menor peso de cáscara en el grupo de animales que fue alimentado con la dieta que tuvo 100% FD y 0% HH y el mayor peso (numérico) correspondió al grupo con 0% FD y 100% HH. Veloso *et al.* (1991b), Gomes *et al.* (1993), Cath *et al.* (2012) y Bozkurt *et al.* (2004) quienes no encontraron diferencias significativas cuando utilizaron fuente inorgánica vs fuente orgánica de fósforo y calcio.

4.2.4 Gravedad específica

Los resultados de gravedad específica de los huevos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción ($P>0.05$) entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Sin embargo, hubo diferencia altamente significativa ($P<0.01$) entre los valores de gravedad específica de huevos provenientes de codornices de 15 semanas y de 60 semanas de edad.

Roque *et al.* (1994) ha demostrado que la gravedad específica disminuye con la edad de las aves. Hay dos razones principales para ello. En primer lugar, las aves con mayor edad ponen huevos más grandes. Estos huevos más grandes requieren más concha, pero la gallina no es capaz de aumentar la cantidad de cáscara que se produce, lo que resulta en cáscaras más delgadas. En segundo lugar, la gallina pierde parte de su capacidad de movilizar calcio desde el hueso. Por estas razones la gravedad específica se espera disminuye con la edad.

La proporción de FD y HH en la dieta también tuvo influencia ($P=0.096$) sobre la gravedad específica de huevos. Así, el valor más bajo correspondió al grupo que fue alimentado con

la dieta que contenía 50% FD y 50% HH. No hubo diferencia entre las otras dos proporciones de FD y HH evaluadas en el presente estudio. Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los reportados por Roland y Farmer ((1985). Bozkurt *et al.* (2004) y Damron *et al.* (1976) reportaron mayores valores de gravedad específica en huevos de gallinas alimentadas con fuentes orgánicas de fósforo y calcio en comparación a fuentes inorgánicas.

4.3 Calidad Interna del huevo

4.3.1 Peso de yema

Los resultados del peso promedio de yema por tratamientos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción ($P>0.05$) entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Igualmente, este parámetro no fue afectado ($P>0.05$), independientemente, por la edad de las aves ni por la proporción de FD y HH en la dieta. Hubo, sin embargo, diferencias numéricas favorables al grupo de aves adultas y al grupo de animales que fueron alimentados con la dieta que contenía 50% FD y 50% HH. Sultan *et al.* (2007) reportaron que dietas que contenían concha de ostras obtuvieron yemas más livianas. Por su parte, Melo *et al.* (2008) obtuvieron yemas más pesadas en gallinas que fueron alimentadas fuentes orgánicas de calcio y fósforo en comparación fuentes inorgánicas, probablemente como resultado de un mayor consumo de alimento (+8%) observado en el grupo que recibió la fuente orgánica.

4.3.2 Peso de albumen

Los resultados del peso de albumen por tratamientos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción ($P>0.05$) entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Igualmente, este parámetro no fue afectado ($P>0.05$), independientemente, por la edad de las aves ni por la proporción de FD y HH en la dieta. Similares tendencias fueron reportadas por Roland y Farmer (1985) quienes no encontraron, en gallinas, diferencias significativas en la fuente de fósforo y calcio. Por otro lado, los resultados del peso de albumen utilizando diferentes fuentes de fósforo y calcio fueron superiores a los reportados, en codornices en postura, por Melo *et al.* (2008). Otras investigaciones como la

de Veloso *et al.* (1991b), Veloso *et al.* (1991c) y Gomes *et al.* (1993), obtuvieron valores por debajo del obtenido en la presente investigación.

4.3.3 Calidad interna del huevo (Unidades Haugh, UH)

Los resultados de la evaluación de la calidad interna del huevo, expresadas como UH, por tratamientos se presentan en el Cuadro 3. No hubo interacción entre la edad de las codornices y las diferentes proporciones de FD y HH en la dieta. Este parámetro no fue afectado ($P>0.05$), independientemente, por la edad de las aves ni por la proporción de FD y HH en la dieta. Los resultados obtenidos en el presente experimento coinciden con los reportados por Bozkurt *et al.* (2004) y Ahmed *et al.* (2012), quienes hallaron diferencias ligeramente superiores al utilizar fuentes orgánicas de fósforo y calcio en gallinas ponedoras.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento se pueden establecerse las siguientes conclusiones:

1. La edad de las codornices tuvo influencia altamente significativa sobre el porcentaje de postura y la gravedad específica del huevo, siendo favorable para las aves de 15 semanas de edad.
2. Dietas con 100 % de fosfato dicálcico y 100% harina de huesos, como fuentes de calcio y fósforo, resultaron en un mayor porcentaje de postura.
3. Mayor peso de cáscara de huevo fue obtenido con la dieta con 100% harina de huesos.
4. La mayor gravedad específica de huevos obtenido con la dieta con 100% harina de huesos.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

1. Dependiendo de la disponibilidad y precio, usar la harina de huesos como única fuente de fósforo en la dieta de codornices en postura.
2. Evaluar durante todo el periodo productivo (postura) el efecto de la inclusión de harina de huesos como única fuente de fósforo en dieta.
3. Determinar en la cantidad de fósforo en la excreta de codornices alimentados con dieta que incluye harina de huesos como única fuente fósforo.
4. Realizar evaluaciones para determinar la retribución económica.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

AHMAD, S. AHSAN-UL-HAQ, M. YOUSAF, MA SABRI and KAMRAN, Z 2012. Response of laying hens to omega-3 fatty acids for performance and egg quality. *Avian Biol Res*, 5: 1-10.

ALGAREA, 1997. Mineração Ltda. Suminal®, Mimeo, Rio de Janeiro. 4 p.

BARE, A. y S. V. STRIEM, 1998. Effects of age at onset of production, light regime and dietary calcium on performance, eggshell traits, duodenal calbindin and cholecalciferol metabolism. *British Poultry Science.*, 39: 282–290

BELL, D. D. y C. J. ADAMS, 1992. First and second cycle egg production characteristics in commercial table egg flocks. *Poult. Sci.*, 71: 448-459.

BISSONI E. 1993. "Cría de la Codorniz". Editorial. Albatroz. Buenos Aires-Argentina. 2da Ed., p. 188.

BONDI, A., 1989. *Nutrición Animal*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 546 p.

BOZKURT M., ALCICEK A. y CABUK A., 2004. The effect of dietary inclusion of meat and bone meal on the performance of laying hens at old age. *South African Journal of Animal Science*. Vol.34 : 31-36.

BUTCHER G, MILES R, NILIPOUR A., 1991. La calidad del cascarón del huevo. *Industria. Avicola*. 38:9-10.

BUTOLO JE., 2002. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. Campinas : Colégio Brasileiro de Nutrição Animal; 430p.

BUXADE, C. 1987. Madr'd. La gallina ponedora. Sistemas de explotación y técnicas de producción. Mundi-Prensa.

CALZADA, B. J., 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. 5ta Edición. Agraria. Lima-Perú.

CATL A.U., BOZKURT M., KUCUKYILMAZ K., CINAR M., BINTAS E., COVEN F. y ATIK H., 2012. Performance and egg quality of aged laying hens fed diets supplemented with meat and bone meal or oyster shell meal. South African Journal of Animal Science, 42:161-177.

CHURCH, D., y POND, W., 1987. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Editora Limusa S.A. México.

CLUNIES, M.; PARKS, D.; LEESON, S., 1992. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens different amount of calcium. Poultry Science, 71:482-89.

CUMPA, M. 1999. Manual de Producción de Codornices Ponedoras. Lima, Perú. UNALM. 10-16.

DAMRON, B.L., A.R. ELDRED & R.H. HARMS. 1976. An improvement in interior egg quality by the feeding of brewers dried grains. Poultry Science. 53:1365-1366.

DE BLAS C. y MATEOS G., 1989. Nutrición y Alimentación de las Gallinas Ponedoras. Editorial Mundi-Prensa.

FASSANI E J, BERTECHINI AG, BRITO JAG, KATO RK, FIALHO ET, GERALDO A., 2004. Boron supplementation in Broiler Diets; Brazilian Journal of Poultry Science. 6:213-217.

FLEEMING, R., McCORMACK H., y WHITEHEAD C., 1994. Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. *British Poultry Science*. 39:434- 440.

GARRET, R.H., & GRISHMAN, C.M., 1999. *Biochemistry*. Saunders College Publishing FL. 1127.

GOMES, P.C., GOMES, M., LIMA G., y BELLAVER C., 1993. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocalcico para frangos de corte até 21 dias de idade. *Rev. Bras. Zootecnia* 22: 755-763.

HARMS, H., 1982. The influence of nutrition on egg shell quality. Part II. Phosphorus. *Feedstuffs*. 25-27.

HAUGH, R., 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poultry Mag.*, 43, 552-555, 572-573.

JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., 1978. *Nutrición de las Aves*. Editorial Acribia. Zaragoza.

KESHAVARZ, K., 2000. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. *Poultry Science*. 79:748-763.

KESHAVARZ, K., y NAKAJIMA S., 1993. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and egg shell quality. *Poultry Science* 72: 144-153.

KESHAVARZ, K. 1994. Laying hens respond differently to high dietary levels of phosphorus in monobasic and dibasic calcium phosphate. *Poultry Science*. 73:687.

KRIZ, L., A. FARUGA y STOJNOV P., 1988. Turkey egg quality during two egg production cycles. *Zivocisna Vyroba Vide*, 33: 1005-1014 (Poult. Abst., 14: 839).

LANA, GRQ., ROSTAGNO, HS., ALBINO, LFT., LANA, AMQ. 2000. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho composição da carcaça de frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* 29:1117-1123.

LIMA, F., MENDOCA, C., ALVAREZ, C., RATTI, G., LENHARO, S., KAHN, H., GARZILLO, J., 1995. Chemical and Physical Evaluations of Commercial Dicalcium Phosphates as Sources of Phosphorus in Animal Nutrition. *Poultry Science* 74:1659-1670.

McDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J., 1988. *Animal Nutrition*, Fourth edition, Longman Scientific and Technical, Harlow, UK.

McDONALD, P. 2006. *Nutrición Animal*. Sexta edición. 100-102.

MELO T.V., FERREIRA, R.A., OLIVEIRA V.C., CARNEIRO, J.B.A., MOURA, A.M.A., SILVA, C.S., y NERY, V.L.H. 2008. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. *Archivos de Zootecnia*, 57(219): 313-319.

MONDAL S., LALZARZOVA V., GAUTAM S. 2012. Effect of feeding different calcium sources on nutrient utilization and egg quality of Japanese Quail. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 310- 316.

NORTH, M. O., y BELL, D. D. 1993. *Manual de Producción Avícola*. Tercera Edición. Editorial El Manual Moderno. México. 829.

PAN W., C.A. FRITTS and P.W. WALDROUP. 2002. Effect of different phosphate sources on performance and fecal phosphorus excretion by broilers. *Poultry Science*. 80 (Supplement I):117-127.

PEEBLES, E. D., ZUMWALT, C. D., DOYLE, S. M., GERARD, P. D., LATOUR, M., BOYLE, C. R., and SMITH, T. W. 2000. Effects of breeder age and dietary fat source and level on broiler hatching egg characteristics. *Poultry Science*, 79: 698-704.

PERALI, C., M. ARANOVICH, M.W. SANTOS, S. ARANOVICH, D.M.F. Costa, G.M. SILVA e V.F. ROCHA. 2003. Efecto de diferentes niveles de adición de Suminal sobre la producción y peso de huevos de codorniz alimentada con concentrados. 40 Reunion Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. Santa Maria.

POPE, C.W., WATTS, A.B., WILLIAMS, E. and BRUNSON, C.C. 1960: The effect of the length of time in production and stage of egg formation on certain egg quality measurements and blood constituents of laying hens. *Poultry Science*, 39: 1427-1431.

POTCHANAKORN, M.; POTTER, L. M., 1987. Biological value of phosphorus for young turkeys. *Poultry Science*, 66: 505-513.

ROLAND, D., FARMER, M. 1985. Studies Concerning Possible Explanations for the Varying Response of Different Phosphorus Levels on Eggshell Quality. *Poultry Science Department, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.*

ROLAND, D.A.Sr., and M. FARMER, 1986. Studies concerning possible explanations for the varying response of different phosphorus levels on eggshell quality. *Poultry Science*. 65: 956-963.

RAO, S. K., D. A. ROLAND, Sr., J. I. ORBAN, H. W. RABON, Jr., and M. M. BRYANT. 1995. Age at sexual maturity influences the response of Single Comb White Leghorn pullets to marginal and low levels of dietary phosphorus. *Journal of Nutrition* 125:1342-1350.

ROQUE L. y SOARES M. 1994. Effects of eggshell quality and broiler breeder age on hatchability. *Poultry Science* 73: 1938-1845.

ROSTAGNO, H. S., TEIXEIRA, A., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., De OLIVEIRA, R. F. M., LOPES, D. C., FERREIRA, A. J. P., TOLEDO BARRETO, S. L., 2005. Brazilian Tables for Poultry and Swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, MG, Brazil.

SAID, N., SULLIVAN, M., SUNDE, M. y BIRD, H. 1984. Effect of dietary phosphorus level and source on productive performance and egg quality of two commercial strain of laying hens. *Poultry Science*. 63:2007-2019.

SAUVEUR B. 1993. Criterios para medir la calidad del huevo. Instituto de Investigaciones avícola INRA. Ediciones Mundi –prensa. Madrid España p.303-329.

SCOTT, M.L., M.C. NESHEIM and R.J. YOUNG, 1982. Nutrition of the Chicken. 3rd Edn., M.L. Scott and Associates Ithaca, New York, USA. 562.

SHIMADA, A. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparada . Sist. De Educ. Continua en Produc. Animal en México. 4ta Edicion. 375.

SIOPEL, T. D., 1995. Turkey breeder hen performance by strain during consecutive lay periods. *Poultry Science*. 74: 1269-1279.

SNOW, J.L.; DOUGLAS, M.W.; PARSONS, C.M. 2004. Phytase effects on amino acid digestibility in molted laying hens. *Poultry Science*, 82:474-477.

SOARES, J. H. 1990. An overview of Calcium and Phosphorus in feedstuffs. Georgia Nutrition Conference. Atlanta. Ca.

SUK, Y. and C. PARK, 2001. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry Science*., 80: 855-858.

SULTAN, F; ISLAM, M ; HOWILIDER, MAR. 2007. Effect of dietary calcium sources and levels on egg production and egg shell quality of Japanese quill. *International Journal of Poultry Science*. 6(2):131-136.

UM, J. S; PAIK, I. 1999. Effects of microbial phytase supplementation on egg production, eggshell quality and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poultry Science*. 78:75-79

VERHEYEN, G; DECUYPERE, E. 1991. Egg quality parameters in second and third laying years as a function of the moulting age, strain and moulting methods. *Archiv fur Geflugelkunde*, 55: 275-282.

VELOSO, J.A.F., M.A.O. FURTADO e F.M.O. BORGES. 1991b. Avaliação de fontes de fósforo. II. Efeitos do fósforo disponível de dez fontes sobre o desempenho de frangos de corte. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*.

VELOSO, J.A.F., M.A.O. FURTADO e F.M.O. BORGES. 1991c. Avaliação de fontes de fósforo. IV. Efeitos do flúor das fontes sobre os tecidos moles de frangos de corte. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*.

VOHRA, P., SHARIFF G. & KRATZER, F. H. 1979. Growth inhibitory effect of some gums and pectin for *Tribolium castaneum* larvae, chickens and Japanese quail, *Nutr. Rep. Internat'l*, 19:463-469.

YASMEEN F, S. MAHMOOD¹, M. HASSAN, N. AKHTAR AND M. YASEEN². 2008. COMPARATIVE PRODUCTIVE PERFORMANCE AND EGG CHARACTERISTICS OF PULLETS AND SPENT LAYERS. Department of Zoology, Government College University, Faisalabad; Department of Poultry Science, Department of Statistics, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

IX. ANEXOS

ANEXO 1: LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS CUATRO SEMANAS DEL PRESENTE EXPERIMENTO

Semana	Edad codornices (semanas)	Fuente FD:HH	PRODUCCION DE HUEVO (%)	PESO HUEVO (g.)	PESO YEMA (g.)	PESO ALBUMINA (g.)	PESO CASCARA (mg.)	CALIDAD ALBUMEN (UH)	GROSOR CÁSCARA (mm)	G.E. (g/ml)
1	15	100:00	63,3	12,42	4,10	7,60	719	51,9	0,226	1,068
		50:50	55,9	12,24	3,92	7,54	774	52,8	0,230	1,062
		00:100	65,5	12,36	3,87	7,65	834	52,5	0,238	1,067
	60	100:00	40,2	12,06	3,93	7,30	832	52,4	0,254	1,063
		50:50	41,2	13,16	4,05	8,30	818	52,0	0,248	1,065
		00:100	44,0	12,60	3,87	7,89	836	52,4	0,245	1,066
2	15	100:00	69,1	11,96	3,69	7,44	829	52,8	0,273	1,066
		50:50	63,7	12,23	3,87	7,43	925	52,3	0,281	1,068
		00:100	68,7	11,57	3,60	6,99	982	53,9	0,278	1,069
	60	100:00	45,5	12,49	4,14	7,42	931	52,3	0,292	1,065
		50:50	44,7	12,66	3,96	7,79	910	52,0	0,265	1,065
		00:100	46,7	12,95	4,02	7,98	960	51,0	0,265	1,068
3	15	100:00	72,5	12,11	3,91	7,26	942	52,9	0,247	1,067
		50:50	64,9	11,62	3,85	6,85	917	52,2	0,249	1,063
		00:100	69,7	12,21	3,83	7,44	937	53,6	0,248	1,066
	60	100:00	45,2	11,36	3,72	6,81	828	52,7	0,241	1,063
		50:50	45,5	12,53	4,04	7,57	927	53,6	0,250	1,063
		00:100	49,5	12,60	4,14	7,50	967	52,1	0,259	1,063
4	15	100:00	69,2	12,33	3,70	7,67	962	52,5	0,235	1,067
		50:50	60,5	11,60	3,72	6,87	1011	51,5	0,246	1,063
		00:100	64,6	12,37	3,77	7,57	1033	52,6	0,253	1,066
	60	100:00	42,4	12,11	3,71	7,41	994	52,7	0,241	1,063
		50:50	44,1	11,94	3,94	7,04	962	50,5	0,229	1,062
		00:100	50,5	11,94	3,71	7,24	993	52,3	0,238	1,063