

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“EFECTO DEL CARBONATO DE CALCIO PROVENIENTE DE
VALVAS DE CONCHAS DE ABANICO Y NAVAJA, SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE CARNE”**

**Presentado por
CHRISTIAN GUSTAVO YALLICO HUAMAN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima - Perú

2014

INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	Calcio	2
2.1.1	Función del calcio	2
2.1.2	Absorción del calcio	3
2.1.4	Biodisponibilidad del calcio	6
2.2	Solubilidad del calcio	7
2.3	Fuentes de carbonato de calcio	8
2.4	Fuentes de carbonato de calcio inorgánico	9
2.5	Fuentes de carbonato de calcio orgánico	9
2.5.1	Conchas de abanico (<i>Argopecten purpuratus</i>)	11
2.5.2	Conchas navaja (<i>Ensis macha</i>)	12
2.6	Proceso de producción de la concha de abanico y la concha de navaja	13
2.6.1	Recepción y almacenamiento	13
2.6.2	Lavado y drenado	13
2.6.3	Almacenamiento	15
2.6.4	Secado	15
2.6.5	Enfriamiento	16

2.6.6	Molienda y clasificación	16
2.6.7	Almacenamiento de producto final	17
2.7	Valor nutritivo de las fuentes de calcio	18
2.8	Evaluaciones con diferentes fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollos de carne	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1	Lugar y periodo de evaluación	21
3.2	Animales experimentales	21
3.3	Instalaciones y equipos	21
3.4	INGREDIENTE EVALUADO	22
3.5	Manejo de la sanidad	22
3.6	Tratamientos	23
3.7	Dietas experimentales	23
3.8	Parámetros evaluados	26
3.8.1	Peso vivo y ganancia de peso	26
3.8.2	Consumo de alimento	26
3.8.3	Conversión alimenticia	26
3.8.4	Mortalidad	26
3.8.5	Retribución económica	27
3.8.6	Ceniza y calcio en huesos	27
3.9	Análisis estadístico	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1	Peso vivo y ganancia de peso	28
4.2	Consumo de alimento	30
4.3	Conversión alimenticia	32

4.4	Mortalidad	32
4.5	Ceniza y calcio en hueso	
4.6	Retribucion economica	
V.	CONCLUSIONES	35
VI.	RECOMENDACIONES	36
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
VIII.	ANEXOS	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág.
1	Contenido mineral de fuentes de calcio	18
2	Composición y valor nutricional estimado de las dietas para la etapa de inicio (0 – 21 días)	24
3	Composición y valor nutricional estimado de las dietas para la etapa de crecimiento y acabado (22 – 42 días)	25
4	Efecto de los diferentes niveles de fuentes de calcio (%) sobre el desarrollo productivo y composición de los huesos en pollos de carne	29
5	Ingestión aparente de nutrientes al final de la evaluación	31
6	Retribución económica	33

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág.
1	Proceso de producción de la concha de abanico y la concha de navaja	14

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°		Pág.
I	Contenido de proteína y calcio en dietas evaluadas	43
II	Cobb 500 suplemento de rendimientos y nutrición para pollos de engorde	44
III	Efecto de las dietas experimentales sobre el comportamiento productivo de los pollos de inicio	45
IV	Efecto de las dietas experimentales sobre el comportamiento productivo de los pollos de crecimiento y acabado	46
V	Efecto de las dietas experimentales sobre el comportamiento productivo de los pollos al final de la evaluación	47
VI	Análisis de varianza del peso	48
VII	Análisis de varianza de la ganancia de peso	49
VIII	Análisis de varianza del consumo de alimento	50
IX	Análisis de varianza de la conversión alimenticia	51
X	Análisis de varianza de la mortalidad	52
XI	Análisis de varianza de la materia seca en tibias	52
XII	Análisis de varianza de la ceniza en tibias	52
XIII	Análisis de varianza del calcio en tibias	52
XIV	Costo de ingredientes utilizados en la evaluación	53

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos fuentes de carbonato de calcio orgánico (valvas de conchas de abanico y navaja) e inorgánico (piedra caliza) sobre el comportamiento productivo de pollos de carne, tomando como criterios de evaluación: la ganancia de peso, el consumo de alimento, la conversión alimenticia y retribución económica del alimento, en cuanto a los parámetros que se determinaron en las tibias fueron los de materia seca, cenizas y calcio. Las aves fueron alimentadas *ad libitum* durante 42 días. Se utilizaron 160 pollos BB machos y hembras, de un día de nacidos de la línea Cobb 500, fueron distribuidos en unidades experimentales según el diseño completamente al azar (DCA), en cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, cada repetición estuvo formada por ocho pollos. Se utilizó la prueba estadística de Duncan, para encontrar diferencias entre los valores promedios de los parámetros productivos determinados. Los cinco tratamientos fueron los siguientes: 100% de carbonato de calcio inorgánico, la mezcla de carbonato de calcio inorgánico y concha de abanico (50% c/u), la mezcla de carbonato de calcio inorgánico y concha de navaja (50% c/u) y ambos ingredientes orgánicos. A los 42 días no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros evaluados. Sin embargo, numéricamente se observaron mejoras en la performance de los pollos, al utilizar concha de navaja, en forma parcial y/o total.

Palabras clave: *calcio, carbonato de calcio, concha de abanico, concha de navaja, pollos.*

ABSTRAC

The objective in this research, have to evaluate the effect of two sources of organic calcium carbonate (scallop: abanico and navaja) and inorganic (limestone) to the productive performance of broilers. Weight, feed intake, feed/gain ratio and economic rewards of food, in terms of the parameters were determined in the warm dry matter, ash and calcium, was the criteria adopted. The birds were fed ad libitum for 42 days. 160 broilers males and females of one day old Cobb 500 line, were divided into experimental units according to the completely randomized design (CRD), in five treatments with four replicates each were used, each replicate consisted of eight chickens. Duncan statistical test was used to find differences between the mean values of production parameters. The five treatments were as follows: 100% limestone, the mixture of limestone and abanico scallop (50 % w / u), the mixture of limestone and navaja scallop (50 % w / u) and both organic ingredients. At 42 days no significant differences for any of the parameters evaluated were found. However, improvements in performance numerically, broilers were observed using navaja scallop, partial and/or total.

Keywords: calcium, limestone, scallops, abanico, navaja, broilers.

I. INTRODUCCION

Los minerales comprenden aproximadamente el 4 por ciento de la composición corporal de los animales vertebrados, el calcio y el fósforo representan más de la mitad de esta cantidad. El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo de los animales, estando presente, aproximadamente en 99 por ciento en los huesos, los dientes y la propagación resto de fluidos y tejidos corporales. Es requerido por las aves para la formación de hueso y estructura mantenimiento, crecimiento adecuado y el uso eficiente de los alimentos, la formación de la cáscara de huevo, la transmisión del impulso nervioso, coagulación de la sangre contracción del músculo, y activador de los sistemas enzimáticos implicados en la secreción de varias hormonas.

En Perú, se utilizan fuentes de carbonato de calcio inorgánicas, sin embargo en la costa peruana se cuenta con fuentes orgánicas, proveniente de conchas marinas, como la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), concha de navaja (*Ensis macha*), caracol thais (*Thais chocolata*), caracol rojo (*Bursa ventricosa*) y almeja (*Semele sp.*), además de mejillones (*Glycemeris ovata*), conchita (*Transenella sp.*) y caracolito (*Anachis nigricans*), entre otros. En nuestro medio aún no se ha evaluado biológicamente, fuentes de carbonato de calcio orgánico, provenientes de las valvas de conchas de abanico y navaja, desconociendo el nivel óptimo en la dieta y su efecto sobre la performance en pollos, siendo necesario realizar pruebas de alimentación.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del carbonato de calcio proveniente de valvas de conchas de abanico y navaja, en reemplazo del 50 o 100% de calcio de fuente inorgánica respectivamente, sobre el comportamiento productivo de pollos de carne, tomando como criterios de evaluación: la ganancia de peso, el consumo de alimento, la conversión alimenticia, los parámetros que se determinarán en las tibias fueron los de materia seca, cenizas y calcio, además la retribución económica del alimento.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Calcio

Los minerales son requeridos para la formación del esqueleto, de los componentes de varios compuestos, en particular de las funciones dentro del cuerpo, como cofactores de enzimas y para el mantenimiento del balance osmótico en el ave. El calcio y el fósforo son esenciales para la formación, mantenimiento de los huesos y formación de la cascara del huevo.

La genética, la alimentación, el manejo y el control sanitario, contribuyen al mayor requerimiento de calcio y otros minerales, siendo el primero, el de mayor proporción dentro del organismo animal. Por ello las aves con frecuencia padecen de escasez de este mineral, siendo necesaria su adición en el alimento para cubrir los requerimientos del ave (Rojas, 1979).

1.1.1 Función del calcio

El calcio desempeña un importantísimo papel en algunas de las funciones metabólicas del cuerpo como son: formación y mantenimiento de los huesos; contracción de los músculos esqueléticos, cardíacos y lisos; coagulación de la sangre; regulación del ritmo cardíaco en unión del sodio y el potasio; ganancia de peso y utilización de los alimentos; producción de huevos y calidad de la cáscara, como catalizador de enzimas; secreción de hormonas y de factores liberadores de hormonas.

Otras funciones del calcio son la coagulación de la sangre y segundo mensajero en la transmisión intracelular (NRC, 1994), a través del cual las células responden a los estímulos de las hormonas y los neurotransmisores (Adeola *et al.* 2005).

En gallinas en postura, la demanda de Ca aumenta durante el período de producción y se cubre por un incremento en la absorción de Ca del intestino y una reducción de la excreción del calcio por el riñón. También se ha reportado que la absorción de Ca en el intestino aumenta en gallinas con dietas bajas en calcio suplementadas con vitamina D₃. En condiciones de bajo consumo de calcio, se produce más 1,25(OH)₂ D₃ por el riñón. El esqueleto también responde a la restricción de Ca aumentando la resorción de este mineral, y el riñón aumenta la reabsorción tubular del calcio (Coon *et al.* 1999)

1.1.2 Absorción del calcio

La absorción del calcio es de vital importancia para la homeostasis del organismo animal. Van der Klis *et al.* (1990), describe los lugares de absorción y secreción del calcio y fosforo en el sistema digestivo de pollos de carne; dándose la secreción de calcio y fosforo en el duodeno, mientras que en el yeyuno se realiza la absorción.

El calcio es absorbido desde el lumen intestinal hasta el sistema circulatorio por vías intracelulares (Wasserman y Fuller, 1995). La absorción del calcio se realiza especialmente en el intestino proximal (duodeno y yeyuno superior, estas rutas reguladas por la hormona 1,25-dihidroxicolecalciferol (metabolito de la vitamina D producido en el riñón como respuesta a las bajas concentraciones de Ca⁺² en el plasma); existe evidencia de que este metabolito de vitamina D induce a la formación de proteínas cuya función es ligar al calcio para que sea transportado por la sangre (Clunis y Leeson, 1994).

1.1.3 Homeostasis del calcio

Mantener la concentración de calcio sérico en equilibrio es complejo y requiere de acciones integradas de la paratohormona (PHT), los metabolitos de la vitamina D y la calcitonina. Siendo la hormona paratoidea y el calcitrol (1.25 dihidroxivitamina D₃), los principales reguladores de la homeostasis del calcio; además de cumplir efectos reguladores entre sí, siendo los principales órganos influidos por estas hormonas reguladoras de calcio, el intestino, hueso y riñón. El intestino y el riñón son los principales órganos reguladores del equilibrio del calcio en la salud; mientras la calcitonina tiene acción fundamentalmente sobre el hueso y de forma secundaria sobre el riñón (García, 2003).

La hormona paratiroidea es almacenada y secretada como un péptido de 84 aminoácidos. Los efectos de la hormona paratiroidea sobre el metabolismo mineral se inician por la unión a un receptor hormonal paratiroideo tipo 1 en los tejidos sensibles. De este modo la hormona regula los flujos de calcio a través del hueso, riñones e intestino (Clunis y Leeson, 1994).

La PTH estimula la reabsorción de calcio desde el hueso y la reabsorción desde los túbulos renales, y la conversión de la 25-hidroxivitamina D a calcitriol en el riñón, además de la absorción intestinal de calcio y fosfatos. La secreción de PTH es estimulada por la hipocalcemia y por la hipomagnesemia. En conjunto, estos procesos aumentan la concentración sérica de calcio. En las glándulas paratiroides se encuentra un sensor que detecta los cambios en la concentración de calcio, lo que produce un mecanismo de retroalimentación negativa que disminuye la producción de PTH. La hipomagnesemia severa también inhibe la acción de la PTH y de la vitamina D sobre el hueso (García, 2003).

La calcitonina (CT) es un péptido de 32 aminoácidos producido por las células parafoliculares del tiroides. Al contrario que la PTH y la vitamina D, la calcitonina posee una acción hipocalcemiante, siendo el equilibrio entre las tres hormonas lo que determina finalmente la concentración de calcio y fósforo en la sangre (Clunis y Leeson, 1994).

La secreción de CT es estimulada por niveles altos de calcio así como también es conocido que varias hormonas gastrointestinales como la gastrina, CPK-PZ y hasta el glucagón la favorecen. En el hueso, la calcitonina activa a las células osteoblásticas para aumentar la formación ósea introduciendo en este órgano calcio y fósforo. En el riñón la CT disminuye la reabsorción tubular de fosfato y calcio produciendo como resultante una acción parcialmente inversa a la de la PTH. El papel de la calcitonina en el metabolismo de calcio y de fósforo parece radicar en prevenir las hipercalcemias postprandiales y favorecer la formación ósea introduciendo calcio y fósforo en el mismo (Hernández, 1984).

En la industria de avícola, la vitamina D₃ ha sido suplementada en concentraciones muy altas. Estas altas concentraciones han sido normalmente incluidas en la dieta como factor de seguridad, debido a las variabilidades en los análisis pasados, para prevenir la incidencia de anomalías de piernas en el caso de pollos de engorde y reducción en la calidad de huevos en el caso de gallinas ponedoras (Applegate *et al.* 2003). Esta vitamina tiene diversas funciones dentro de la fisiología de las aves, entre éstas se encuentran: mantener el nivel sanguíneo de calcio y fósforo, estimular la absorción intestinal, estimular la reabsorción de los riñones, la incorporación de calcio y fósforo en la matriz ósea, regular el crecimiento y el desarrollo del hueso (Barroeta *et al.* 2002).

Se ha demostrado que el metabolismo del colecalciferol (Vitamina D₃) a 25 hidroxicolecalciferol es necesario para la actividad efectiva de esta vitamina. Esa observación estimuló la investigación acerca de los posibles beneficios de varios metabolitos de la vitamina D₃ cuando son adicionados al alimento de aves. Muchos trabajos informan que la adición de metabolitos de vitamina D₃ mejoran la calidad del cascarón de huevo. El 25 hidroxicolecalciferol constituye una forma más activa que la vitamina D₃, está reconocido como un complemento nutricional efectivo (García *et al.* 2005).

La deficiencia de vitamina D₃ produce niveles deficientes de calcio en el organismo a pesar que la dieta contenga una cantidad adecuada de este mineral (Moreno, 2007). La hipovitaminosis D puede ocasionar trastornos nerviosos por déficit de Ca y el exceso de calcio provoca una escasa viabilidad de los espermatozoides (Torrent, 1982)

En el caso de que disminuya el calcio ingerido con la dieta, descendería la absorción de calcio y bajaría la concentración de calcio sérico. Ello estimularía la secreción de PTH, que aumentaría la resorción ósea, la reabsorción renal de calcio y la producción renal de calcitriol. Éste aumentaría la absorción intestinal y reabsorción renal de calcio y, en el hueso, favorecería la acción resorptiva de la PTH. El balance entre entradas y salidas del organismo tendería a ser neutro, con estabilidad en los valores plasmáticos, pero a expensas de un balance negativo del hueso.

La absorción de calcio es favorecida por la acidificación del medio intestinal (por mantener las sales de calcio en solución), por la presencia de vitamina D y el fósforo; y puede ser inhibida por factores dietéticos que causan la formación de sales insolubles de calcio en el intestino como los fitatos y oxalatos presentes en los vegetales y por exceso de grasa en el intestino, por reaccionar con estas para formar jabones insolubles.

También puede verse afectada por la presencia incrementada o por la ausencia nutricional de otros iones bivalentes como el magnesio Mg^{+2} , manganeso Mn^{+2} , zinc Zn^{+2} , cobre Cu^{+2} y hierro Fe^{+2} ; con los cuales este puede presentar interacciones nutricionales ó competir por sitios de absorción (Clunis y Leeson, 1994).

1.1.4 Biodisponibilidad del calcio

Generalmente, se considera que el calcio de las diversas fuentes de suplementación es disponible, sin embargo, poco se sabe acerca de la disponibilidad de este mineral en los ingredientes y/o en fuentes naturales de calcio (Fialho *et al.* 1992). Según Veloso *et al.* (1995), es posible que las necesidades nutricionales de las aves no son completamente conocidas, lo cual causa deficiencias en el crecimiento y la mineralización ósea. La biodisponibilidad se refiere a la parte del nutriente que se utilice realmente en el animal, expresada como un porcentaje de la contenida en los ingredientes.

La amplia variación en la disponibilidad de los calcio en los ingredientes se debe principalmente a la composición química de la fuente utilizada, la combinación químicos y/o asociación física del calcio con otros componentes, que se forman en algunos y fitatos y quelatos, de baja solubilidad y disponibilidad (Nunes, 1995).

Con respecto al requisito de calcio para los pollos carne, Yoshida y Hoshii (1982) recomiendan calcio 1,30 por ciento y 0,75 por ciento de fósforo para pollos de carne en la fase 1 a 21 días de edad. Según Hurwitz *et al.* (1995), el requerimiento de calcio para el crecimiento máximo es 1,01 por ciento y 1,33 por ciento, es el nivel requerido para una mayor deposición de ceniza en los huesos, para los pollos en la fase inicial.

El exceso de calcio dietario interfiere en la disponibilidad de otros minerales, como el fósforo, magnesio, manganeso y zinc. La relación aproximada entre el calcio y fósforo disponible es de 2:1, que es apropiado para muchas dietas en pollos excepto para las dietas de gallinas ponedoras, las cuales requieren un alto nivel de calcio para la formación de los huevos, en la relación de calcio y fósforo disponible de 12:1 (Blair, 1993).

1.2 Solubilidad del calcio

La solubilidad de una fuente orgánica o inorgánica se da al colocar la muestra en diversos solventes, pero dentro de la solubilidad, también existen reglas de peso molecular, ubicación y los disolventes que causan la reacción química.

La solubilidad *in vitro*, depende de la fuente de Ca y el tamaño de partícula, además la conchilla suele tener mayor solubilidad *in vitro* en comparación con otras fuentes de piedra caliza de similar tamaño de partícula (Saunders *et al.*, 2009).

El tamaño de partícula y la fuente de calcio es influenciada por el tiempo de permanencia en ácido clorhídrico, a mayor tiempo de permanencia de la muestra en ácido clorhídrico, se incrementa la solubilidad *in vitro* disminuyendo la solubilidad a menor tiempo de permanencia ya a mayor tamaño de partícula.

Además la solubilidad *in vivo* de la piedra caliza se reduce en relación al aumento, ello indica que la solubilidad *in vivo*, se correlaciona negativamente con la solubilidad *in vitro* de Ca y que a mayor tamaño de partícula (>0.8 mm) de piedra caliza, dan menor solubilidad *in vitro* (Zhang y Coon, 1997).

1.3 Fuentes de carbonato de calcio

Según Reid y Weber (1976), las fuentes de calcio difieren en origen (animal o mineral) y en el tamaño partícula, resultando en características físico-químicas diferentes. En las dietas de pollos de carne, el calcio es generalmente suplementado en forma de carbonato de calcio de la piedra caliza y algas calcáreas, las cuales pasan por un proceso de molienda. Además de brindar un aporte de calcio de aproximadamente 38 por ciento, por su origen, el CaCO_3 podría contener agentes contaminantes en cantidades variables de otros minerales (Mateos y García, 1998).

Además, otro problema de los depósitos calcáreos, está relacionado a la insuficiente solubilidad de algunos carbonatos que se utilizan en forma de granulos para la alimentación de gallinas dando malos malos rendimientos y una excesiva deposición calcáreos en las deyecciones, pero parece que las aves son capaces de adaptarse fácilmente cuando el carbonato de calcio de la dieta se cambia de productos de alta a baja solubilidad (Whitehead, 1995).

Existen también varias fuentes naturales, tales como el fosfato de roca, depósitos de guano, carne y/o huesos. Sin embargo, la mayoría de los fosfatos utilizados en la alimentación de aves de corral consiste en un proceso químico.

El grupo de fosfato dicálcico se produce a través de la reacción del ácido fosfórico y el calcáreo, formando los fosfatos monocálcicos y dicálcicos en estos procesos químicos (Reid y Weber, 1976).

1.4 Fuentes de carbonato de calcio inorgánico

El carbonato cálcico (CaCO_3) es la principal fuente de calcio (Ca) utilizada en alimentación animal. Se obtiene directamente de yacimientos de piedra caliza, tras secado y trituración a distintas granulometrías. Su contenido en Ca está en torno al 38 por ciento, dependiendo de la riqueza en caliza de la roca original. Debido a su origen, el CaCO_3 contiene cantidades variables de minerales, tales como Mg y Fe. El CaCO_3 se presenta en forma de polvo, sémola o piedra gruesa, siendo la primera presentación la más frecuente. En ponedoras que reciben piensos en harina se prefiere que un 30-50 por ciento del CaCO_3 de la dieta vaya en forma granular (sémola o piedra), a fin de aumentar el tiempo de retención en la molleja y mejorar la calidad de la cáscara. Además, el CaCO_3 granular mejora la textura del pienso facilitando la fluidez del mismo, pudiendo mejorar el consumo (FEDNA, 2011).

De acuerdo a Rojas (1979), las características de los depósitos de piedra caliza son aquellas que están ausentes de contaminantes minerales y el producto es uniforme. El problema de los yacimientos calcáreos es relativo a la insuficiente solubilidad de algunos carbonatos que se utilizan en forma de gránulos para la alimentación de gallinas, disminuyendo la producción e incrementa la deposición calcárea en las deyecciones, pero aparentemente las aves son capaces de adaptarse fácilmente cuando el carbonato de calcio de la dieta se cambia por fuentes de alta y baja solubilidad.

La principal restricción en el uso de la piedra caliza dolomítica como fuente de calcio es el alto contenido de magnesio, en comparación con los depósitos de harina de ostras, ya que el exceso de este ion puede hacer daño a la absorción de calcio, limitando su uso, demostrado en investigaciones realizadas por Peixoto (1994a, 1994b).

1.5 Fuentes de carbonato de calcio orgánico

La conchilla de ostras y de moluscos es otra importante fuente de Ca que debido a su origen marino, incorpora cantidades variables de Mn, Mo y otros oligoelementos. Previo a su Utilización, estos productos sufren un tratamiento térmico a fin de eliminar la posible contaminación microbiana.

Para ello se utiliza ácido fosfórico con secado posterior a 60°C durante 3 minutos. En estos casos el contenido en fósforo de la conchilla puede llegar al 1 por ciento. A veces, especialmente con conchillas de alto valor económico, se calienta a altas temperaturas (300-500°C). El calcio de la conchilla tiene una disponibilidad similar al de la piedra caliza, pero es menos soluble y de tamaño más grueso, por lo que se libera más lentamente en contacto con el ácido clorhídrico producido en el proventrículo.

Por tanto, la suplementación con conchilla a últimas horas de la tarde podría mejorar la calidad de la cáscara, especialmente en aves viejas, épocas de calor y piensos con bajo contenido en Ca (FEDNA, 2011). La conchilla de ostras proveniente de fosas marinas, libre de materia orgánica, está constituido prácticamente por carbonato de calcio puro. Las conchillas deben ser lavadas adecuadamente para remover sustancias indeseables como arena, carbón, objetos líticos, etc.

Para su uso animal, las conchas deben ser molidas y tamizadas en diversos tamaños, posibilitando su uso en las diversas dietas. La cantidad de calcio de estas harinas varía entre 36 y 38 por ciento (Andriquetto, 1981).

Otro producto utilizado como fuente de Ca son las algas calcáreas que se extraen de cuencas oceanográficas. Por ejemplo, el alga Lithotamne o Algomin (*Lithothamnium calcareum*) se extrae viva en las costas marinas del oeste de Francia. El maërl, esqueleto coralífero calcáreo de esta alga, es muy rico en calcio (30-34 por ciento), Mg (2-5 por ciento) y oligoelementos. Por su precio, composición y propiedades físicas especiales, el uso de estas fuentes queda reservado a la producción de piensos minerales y productos especiales.

Otras fuentes de Calcio importantes a considerar en alimentación práctica son los fosfatos minerales utilizados como fuentes de fósforo y las harinas animales, actualmente prohibidas en la Unión Europea (excepto la harina de pescado en fábricas que no producen piensos para rumiantes y las harinas de carne en animales de compañía).

El Calcio contenido en la harina de huesos, las espinas del pescado, el cloruro cálcico y el fosfato bicálcico es, en general, más disponible que el contenido en fosfatos defluorinados o en el carbonato cálcico (FEDNA, 2011).

El contenido de calcio de la harina de huesos es de 37 por ciento y de fósforo de 12 por ciento, además es una fuente muy utilizada en América Latina. Estas harinas son fabricadas con huesos provenientes de la industria de la carne y embutidos de productores minoristas. Su elaboración consiste en lavar, remover la sangre y materiales extraños, luego los huesos son chancados y cocinados en tanques de presión para la remoción de la grasa, son cocidos hasta sacar la gelatina, se prensan para remover el exceso de humedad y grasa y finalmente se secan y muelen (Rojas, 1979).

Fundamentalmente la materia inorgánica de los huesos está formada en su mayor parte por fosfato tricálcico. El fosfato de magnesio, carbonato y fluorato de calcio, como trazas de cloratos y sulfatos alcalinos, completan el contenido de cenizas de los mismos. Además la materia mineral de los huesos contiene oseína, agua, lípidos y adherencias de carne, variando de acuerdo a las edades de los animales y las condiciones en las cuales fueron conservados (Andriquetto, 1981).

El control de calidad del CaCO_3 incluye la determinación de la humedad (problemas de apelmazamiento), el contenido en Ca y la solubilidad en HCl 0,2 N como medida indirecta de su digestibilidad in vivo (FEDNA, 2011).

1.5.1 Conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*)

Es un bivalvo pectínido que habita en el Pacífico suroriental a lo largo de la costa del Perú y Chile, su distribución abarca desde Paíta Perú (5°S) hasta Valparaíso, Chile (33°S). Esta especie vive, en las aguas costera entre los 5 a 30 m de profundidad, (Cantillanez *et al.*, 2010).

En el Perú existen numerosos bancos naturales de esta especie, tales como los de Bahía de Sechura y lobos de Tierra en Piura, Bahía de los Chimús y el Dorado en Chimbote, Bahía de Guaynuna en Casma y Bahía de Independencia y Paracas en Pisco. Se encuentran en aguas costeras entre 3 a 30 m, con fondos variables; fondo blando, arena endurecida, de conchuela con algas y cascajo, las Conchas de abanico vive normalmente en bahías protegidas del oleaje a temperatura entre 14 a 20°C.

Esta especie requiere de agua bien oxigenada y con una salinidad de 34.4 a 34.9 por mil incluyendo este parámetro en el desarrollo, alimentación y reproducción. Esta especie tiene dos valvas en forma orbicular, siendo una de ellas más convexa que la otra, las valvas presentan expansiones laterales denominadas orejas que poseen además de 23 a 25 estrías y presentan anillos de crecimiento representado por líneas concéntricas (Martíncz *et al.* 2000).

1.5.2 Conchas navaja (*Ensis macha*)

La concha navaja es un molusco bivalvo marino de gran tamaño, sus valvas llegan a medir hasta 20 cm de largo. Estas tienen forma alargada y de bordes paralelos, la superficie es lisa y suavemente arqueada formando un cilindro aplanado. El borde anterior es redondeado y el posterior truncado, y están recubiertas de un periostraco de color café con tonalidades amarillentas (IMARPE, 2010).

Es una especie dioica, sin dimorfismo sexual externo. Se alimenta de plancton que incorpora a su organismo a través de branquias. Habita en sustratos blandos donde excava agujeros hondos, en sedimentos constituidos por arenas de grano fino y fango, desde el submareal somero hasta profundidades cercanas a 20 m, formando agregaciones con límites acotados denominados "bancos". Se distribuye en la costa americana del Océano Pacífico desde Caldera hasta Magallanes, alcanzando por la costa atlántica hasta el Golfo de San Matías (Argentina) (Lannan, *et al.* 1980).

La creciente demanda de este recurso con fines de exportación a partir del año 2000 determinó el desarrollo de una actividad extractiva cada vez más intensa, inicialmente en la Bahía Independencia, Pisco, en el banco natural de Morro Quemado, extendiéndose posteriormente a otras áreas de la misma bahía y otras zonas de la costa como San Juan de Marcona y Huacho, alcanzando volúmenes de desembarque superiores a 2500 TM anuales a partir del 2004.

1.6 Proceso de producción de la concha de abanico y la concha de navaja

A continuación se describe el proceso de producción de la concha de abanico y la concha de navaja, además en la figura 1, se muestra dicho proceso.

1.6.1 Recepción y almacenamiento

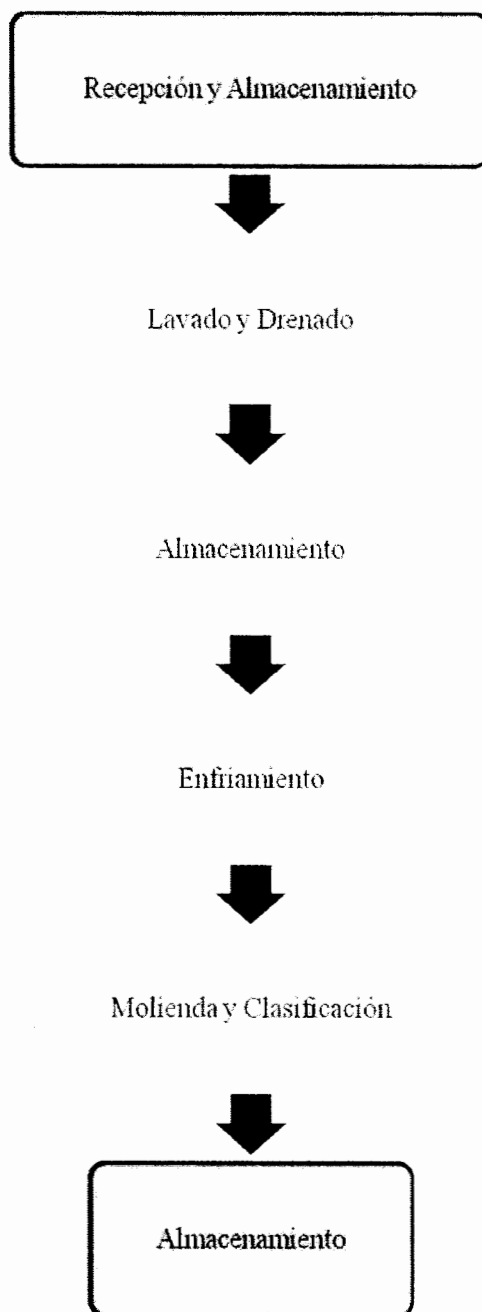
La materia prima es recogida de los “botaderos” de valvas en las costa. Las conchas son transportadas desde las plantas de procesamiento. En la entrada se pesan y previamente a su aceptación, una muestra es analizada para verificar el cumplimiento de las especificaciones requeridas. Una vez aceptados, los camiones descargan las conchas en dos tolvas de recepción que se encuentran a nivel del suelo para facilitar la operación. El material se mantiene en estas tolvas hasta que se procesa (Barros *et al.* 2009)

Mediante un transportador de tornillo se lleva el material a la zona de lavado. En este punto, hay un detector de metales para la identificación de elementos metálicos en las conchas y prevenir cualquier riesgo en la operación de las unidades; específicamente durante la molienda.

1.6.2 Lavado y drenado

Esta etapa consiste en la limpieza de la concha con agua dulce a fin de reducir el contenido de sal del producto final, evitar el desgaste del equipo por corrosión y para obtener un producto más concentrado CaCO_3 . Por lo tanto, es muy exigente en agua, alrededor del 80 – 90 por ciento del consumo total de agua. Con un consumo aproximado de 0,2 hasta 0,8 m^3 por tonelada de concha. Esta actividad se lleva a cabo en dos máquinas de lavado rotativos que funcionan en contracorriente para aumentar el rendimiento de la extracción de la sal. Después de salir del equipo, existe un bastidor agitador de drenaje para eliminar el agua arrastrada por el producto.

Figura 1. Proceso de producción de la concha de abanico y la concha de navaja



El desecho de aguas residuales y lodo ira a la planta de tratamiento de aguas residuales donde son sometidos a tratamiento fisicoquímicos. Estos tratamientos se componen de homogeneización de sólidos y flotación por aire disuelto. También los procesos de floculación y coagulación llevarán a cabo y una vez que los flóculos se separan, pasan a la fosa de lodos. Después, se espesan y es deshidratado en una centrífuga. Parte de las aguas tratadas se recicla para la unidad de lavado inicial, porque la segunda opera con agua dulce (Barros *et al.* 2009).

1.6.3 Almacenamiento

El material lavado completa su drenado en cinco silos de acero inoxidable de 130 m³ por tres días como máximo. Se cargan y descargan por gravedad por medio de sistema de vibración que está conectado con la máquina de dosificación en la etapa posterior.

1.6.4 Secado

Tiene lugar en hornos rotatorios, que recibe el material almacenado en silos por una máquina de dosificación con el fin de regular la entrada.. El tiempo de permanencia del material depende de la velocidad de giro del horno. Se trata de 20 - 30 min si el horno gira 2 veces por minuto. El flujo de los gases y el material dentro del horno van a contracorriente por lo que la eficiencia energética de la unidad se incrementa. Esto permite la integración de la operación a dos: el secado en una sola pieza de equipo.

El secado es a 190 °C durante 18 min. Varios pasos o fases tienen lugar: un proceso endotérmico entre 100 y 140 °C con el fin de la eliminación de agua.

Antes de dejar el escape del horno los gases de intercambio transfieren su energía con el material que entra en la unidad. A continuación, los gases se lavan en un filtro de bolsa a temperaturas de 170 a 190 ° C y en un oxidante regenerativo. El equipo de reducción asegura no sólo la eliminación de partículas de la corriente gaseosa (menos de 10 mg/m³ N).

1.6.5 Enfriamiento

El material calcinado debe ser enfriado desde temperaturas de 170 – 190 °C, ya que el equipo de molienda no resiste temperaturas tan altas. Este proceso se lleva a cabo por un sistema de refrigeración de aire que se completa la reducción de la temperatura de 170 - 190 °C 60 °C lo que permite la eliminación de cualquier humedad residual al mismo tiempo. A medida que el material se enfría se mueve hacia adelante mediante una correa transportadora de cangilones que alimenta el aparato de molienda. Hay veinte puntos de aspiradores de aire a lo largo del enfriador, por lo que el aire de refrigeración es conducido hacia el filtro de bolsas instaladas en la zona de molienda.

1.6.6 Molienda y clasificación

Dirigida a aplastar para obtener tamaños diferentes, obteniendo una granulometría apropiada para el producto y así satisfacer requerimientos del mercado. Así, una vez enfriado a una temperatura por debajo de 60 ° C y libre de humedad va a la unidad de molienda. Así, varios productos con niveles de pureza de 90-95% en carbonato de calcio y diferentes tamaños de partícula que determinarán su aplicación industrial son obtenidos. Las operaciones se llevan a cabo como sigue:

- Molienda, el producto resultante de secado se mueve por medio de una cinta transportadora de la molienda. Una vez allí dos molinos de martillos conectados en serie operan para obtener un tamaño de grano que van desde casi 0 hasta 8 mm. Su capacidad de procesamiento máxima es de 12 toneladas por hora.
- Pruebas de detección. Después de moler el producto se transporta mediante una cinta transportadora pasa a un tamiz vibrador para su distribución granular.

Luego, tres fracciones se obtienen una fracción fina que varía de tamaño de partícula de 2 a 4 mm y una fracción gruesa de más de 4 mm. El material va a tolvas ajustables de productos para ser almacenados, la fracción gruesa, se recicla a es molido de nuevo.

De acuerdo a la demanda granular de tamaño de los productos existentes en el mercado, el tamizado será el paso final en el proceso de valorización, de otra manera un tamaño granular de menos de 1 mm requiere un próximo paso que es la micronización.

- Micronización. Esta etapa consiste en la reducción del tamaño de grano del producto a unos pocos micrones de un diámetro de hasta 63 μm . El molino de micronización tiene una capacidad de tratamiento de 2 toneladas por hora. También dispone de un ciclón y un filtro de bolsa posterior como colectores de polvo. Hay trece puntos extractor de aire realizadas a varios equipos de reducción de polvo, como los ciclones y filtros de mangas para reducir las emisiones de material a la atmósfera. El polvo recuperado se reincorpora al proceso.

1.6.7 Almacenamiento de producto final

Los productos finales se almacenan en tres tolvas ajustables cada una de 6,5 m³ de acuerdo con su tamaño de grano. Finalmente el producto se empaquetan en bolsas a granel o grandes de 1 tonelada.

Al 2007, IMARPE menciona que se extraen 18,518 TM de concha de abanico, utilizando solo el 10% del producto, quedando un 90% disponible para utilizarlo en diversas actividades. El costo de la concha de abanico y concha de navaja es de S/. 0.22 por kilogramo.

1.7 Valor nutritivo de las fuentes de calcio

El Ca de la conchilla es tan disponible como el de la piedra caliza, pero al ser menos soluble y de tamaño más grueso, se libera más lentamente. Por tanto, la suplementación con conchilla suele mejorar la calidad de la cáscara, especialmente en aves viejas, condiciones de calor y raciones con bajo contenido en calcio total (FEDNA, 2013).

El cuadro 1 presenta el contenido mineral de las principales fuentes de calcio inorgánicas y orgánicas.

Cuadro 1. Contenido mineral de fuentes de calcio.

Contenido (%)	Carbonato cálcico Ca(CO ₃)	Conchilla de ostras Ca(CO ₃)	Conchilla de moluscos Ca(CO ₃)	Algas marinas de Maëri	Carbonato dolomítico CaMg(CO ₃) ₂
Humedad	2.00	0.30	1.00	1.00	0.5
Cenizas	98.00	97.50	96.70	97.00	97.0
Calcio	38.60	37.20	37.00	34.00	21.0
Fósforo	0.01	0.03	0.02	0.05	ND
Sodio	0.07	0.40	0.30	0.50	ND
Potasio	0.07	0.06	0.05	0.04	ND
Cloro	0.02	0.08	0.05	0.50	ND
Magnesio	0.30	0.28	0.35	2.2-5.0	11.0
Azufre	0.07	0.08	0.08	ND	ND
Hierro (mg/kg) ^b	620.00	400.00	400.00	8000.0	ND
Cobre (mg/kg)	12.00	8.00	8.00	ND	ND

^aND: Datos no disponibles.

^bContenido muy variable (rango entre 300 y 1000 mg/kg para la conchilla de ostras y de 5000 a 16000 mg/kg para las algas marinas tipo Maëri).

Fuente: FEDNA (2011)

La composición cálcica de la conchuela es muy semejante a la de las rocas calcáreas, por ejemplo ciertos yacimientos de piedra caliza ubicados en el departamento de Ancash, tienen un contenido de 94 a 97 por ciento de carbonato de calcio y en general la disponibilidad biológica del calcio de las rocas calizas y de la conchuela y cáscara de huevo está comprendida entre el 90 y 100 por ciento (Fernandez, Alegre, 1985).

Además del carbonato de calcio, acompañan en la conchuela diversas sales, por ejemplo, el análisis de muestras de conchuela procedente del litoral chileno mencionan con los componentes: óxido de magnesio (MgO, 0.18; sílice (SiO₂), 2.50; alúmina (Al₂O₃), 0.97; Óxido férrico (Fe₂O₃), 0.13; Óxido de titanio (TiO₂), 0.03; óxido de potasio (K₂O), 0.09; Óxido de sodio (Na₂O) y anhídrido sulfúrico(SO₃), 0.12 de valores en porcentaje (MINAL, 2013)

La composición química de las calizas refleja prácticamente su composición mineralógica. Es posible considerar que las calizas están formadas esencialmente por calcita, con lo cual las proporciones de CaO y CO₂ serán elevadas llegando a 95 por ciento del total. Otros componentes incluyen MgO, el que puede representar una variable importante, si su proporción excede el 1 ó 2 por ciento, lo que seguramente dará lugar a la formación del mineral dolomita (Ponce, Gambaudo, 2013)

Análisis realizados por Fernandes y Peixoto (2000), encontraron en la roca calcárea sangali, en unical y en harina de concha los valores de calcio de 20.44; 17.28 y 36.60 por ciento de calcio respectivamente y 11.34, 9.65 y 0.18 por ciento de magnesio.

1.8 Evaluaciones con diferentes fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollos de carne

Da Silva y Rodrigues (2000), analizaron fuentes alternativas de calcio (piedra calcárea dolomítica de sangali y unical), en sustitución de la harina de conchas en dietas de pollos de engorde. Con 0.6 por ciento de harina de conchas se obtuvo menor conversión alimenticia y mayor contenido de cenizas en los huesos que al utilizar 1.08 por ciento de piedra calcárea dolomítica de sangali. Con 0.6 por ciento de harina de conchas se obtuvo menor conversión alimenticia y menor contenido de cenizas en los huesos que al utilizar 0.41; 0.82 ó 1.24 por ciento de piedra calcárea dolomítica de unical.

Al alimentar pollos de carne con raciones que contienen como fuente de calcio la roca fosfatada de Bayóvar y harina de huesos, sola o combinadas, se produjo una disminución en el incremento de peso, cuando se suplemento cada una como única fuente de calcio, en cambio la combinación de ambas mejoró la conversión alimenticia (Espada, 1975 y Vicente, 1977).

En pollos de carne se evaluó el efecto del fosfato dicalcico dihidratado, fosfato monodicalcico y la harina de hueso, da lugar a un mayor incremento de peso asociado al mayor consumo de alimentos y mejor conversión alimenticia, mientras los que consumieron dietas que contenían harina de hueso, produjeron menor contenido de ceniza y fosforo en la tibia en pollos de 21 días, pero a los 42 días no se presentaron diferencias (Navarro, 1993).

Roa (2010), evaluó como fuentes de calcio la piedra caliza, valvas de concha de abanico y valvas de navaja, solas o combinadas. Su efecto sobre la calidad de cascara de huevo, no mostró diferencias estadísticas significativas en la cascara y la gravedad específica del huevo. Además el uso de la fuente orgánica de calcio mejoró el espesor de la cascara y el porcentaje de cascara del huevo, sola o combinada con la fuente inorgánica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Lugar y periodo de evaluación

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA), Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El periodo de evaluación duro 8 semanas comprendidos entre los meses de Julio – Setiembre del 2009.

2.2 Animales experimentales

Para la fase pre- experimental, se utilizaron 180 pollos BB machos y hembras, de un día de nacidos de la línea Cobb 500. Para la fase experimental se realizó una selección de pollos para reducir el error experimental, de los cuales se escogieron 160 pollos, los que fueron distribuidos al azar en 20 unidades experimentales de 8 pollos cada uno.

2.3 Instalaciones y equipos

- Etapa de Inicio 2 baterías
- Etapa de Crecimiento acabado 3 baterías

La crianza de los animales para la fase de inicio (tres primeras semanas) se realizó en jaulas de inicio para pollos, en un ambiente cerrado con luz natural de día y artificial de noche, ventilación suficiente, y una temperatura constante de 32°C debajo de la campana a una altura de 1 m., durante la primera semana, al término de la cual fue reducida gradualmente en 3 ° C por semana de tal forma que al final de la tercera semana, ya no fue necesario el calor artificial.

Para la fase de crecimiento y acabado se utilizaron 2 jaulas sin calefacción, cada una de ellas cuenta con 8 unidades experimentales de 1 metro cuadrado de área (4 pisos y 2 divisiones por piso), de estructura metálica y mallas de alambre galvanizado, ambas jaulas provistas de 2 comederos y 1 bebedero. Cada jaula albergó 80 pollos a una densidad de 8.5 pollos por metro cuadrado. Además se contó con una balanza de 5 Kg de capacidad para el pesado de los animales y el alimento, además cortinas para el manejo adecuado de la ventilación.

2.4 INGREDIENTE EVALUADO

Fueron tres los ingredientes evaluados:

- Piedra caliza, como fuente de carbonato de calcio inorgánico, de color blanco cremoso, fino, inoloro e insoluble en agua, con tamaño de partícula entre 120 – 170 μm y conteniendo 39.68 por ciento de calcio.
- Concha de abanico y Concha de navaja, como fuentes de carbonato de calcio orgánicos de color blanco cremoso e insoluble en agua, con tamaño de partícula de 300 – 370 μm y conteniendo 38.73 y 38.34 por ciento de calcio, respectivamente. Fueron recogidas de los “botaderos” localizados en la playa de Pisco – Perú, estas valvas fueron lavadas, secadas en un secador rotatorio a 150°C, molidas y tamizadas para su posterior evaluación.

2.5 Manejo de la sanidad

El suministro del alimento y el agua fueron *ad libitum*. La fuente de calor se utilizó hasta la tercera semana de edad, momento en que se trasladaron las aves a las jaulas de crecimiento – acabado, también se suministró en el agua de bebida complejo B, al momento de llegar y luego de cada pesaje.

2.6 Tratamientos

Para el presente trabajo de investigación se establecieron diferentes niveles de inclusión de carbonato de calcio orgánico y carbonato de calcio inorgánico, dando origen a cinco tratamientos:

Tratamiento 1: Dieta control con carbonato de calcio inorgánico.

Tratamiento 2: Dieta con 50 por ciento de carbonato de calcio inorgánico y 50 por ciento de carbonato de calcio orgánico proveniente de las valvas de concha de abanico

Tratamiento 3: Dieta con 100 por ciento de carbonato de calcio orgánico proveniente de las valvas de concha de abanico

Tratamiento 4: Dieta con 50 por ciento de carbonato de calcio inorgánico y 50 por ciento de carbonato de calcio orgánico provenientes de las valvas de navaja.

Tratamiento 5: Dieta con 100 por ciento de carbonato de calcio orgánico proveniente de las valvas de navaja.

2.7 Dietas experimentales

Se formuló una dieta basal, teniendo como fuente de calcio al carbonato de calcio, en el nivel de 1.15%, al cual se reemplazó en 50 y 100% por carbonato de calcio proveniente de las fuentes orgánicas: concha de abanico y navaja, respectivamente. La dieta basal cubrió los requerimientos nutricionales para pollos de carne machos y hembra Cobb 500, recomendados por manual de la línea Cobb 2008 (Anexo II), utilizando la formulación al mínimo costo, por programación lineal. Las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas. La elaboración de las dietas se realizó en la Planta de alimentos de la UNALM. Los distintos ingredientes y sus respectivas cantidades determinadas para cada dieta fueron mezclados, incorporando los ingredientes de mayor a menor cantidad, se utilizó una mezcladora horizontal de cintas, la mezcla se dio durante 5 minutos. La composición porcentual y el aporte nutricional estimado de las dietas experimentales para la fase de crecimiento y acabado se muestran en los Cuadros 2 y 3. El Anexo XIV muestra los costos de los ingredientes utilizados en la evaluación.

Cuadro 2. Composición y valor nutricional estimado de las dietas para la etapa de inicio (0 – 21 días)

Ingredientes (%)	Nivel de la fuente de calcio (%)				
	100% carb. de calcio de fuente inorgánica	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha navaja	100% concha navaja
Maíz	52.82	52.82	52.82	52.82	52.82
Torta de soya, 47	40.13	40.13	40.13	40.13	40.13
Aceite vegetal	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
Fosfato dicálcico	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio inorgánico	1.15	0.57	-	0.57	-
Carbonato de calcio concha de abanico	-	0.57	1.15	-	-
Carbonato de calcio navaja	-	-	-	0.57	1.15
Sal	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
DL-Metionina	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
L-Lisina	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Cloruro de colina, 60	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Premix pollos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Inhibidor de hongos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Absorbente de micotoxinas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo/Kg de alimento (S/. / Kg)	1.543	1.544	1.544	1.544	1.544
Valor Nutricional estimado					
Proteína total, %	23.86	23.86	23.86	23.86	23.86
Fibra, %	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93
Grasa, %	4.86	4.86	4.86	4.86	4.86
EM. Aves, Mcal/kg	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Lisina, %	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Metionina, %	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Met-cist, %	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Arginina, %	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
Treonina, %	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Fen-tir, %	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
Fósforo total, %	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Fósforo disponible, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calcio, %	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sodio, %	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

En precios por Kg en nuevos soles, para el costo del carbonato de calcio S/.0.18 y de las valvas de concha de abanico y navaja S/. 0.22 (Anexo XIV)

Cuadro 3. Composición y valor nutricional estimado de las dietas para la etapa de crecimiento y acabado (22 – 42 días)

Ingredientes (%)	Nivel de la fuente de calcio (%)				
	100% carb. de calcio de fuente inorgánica	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha navaja	100% concha navaja
Maíz	64.42	64.42	64.42	64.42	64.42
Torta de soya, 47	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
Aceite vegetal	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
Fosfato dicálcico	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
Carbonato de calcio inorgánico	1.16	0.58	-	0.58	-
Carbonato de calcio concha de abanico	-	0.58	1.16	-	-
Carbonato de calcio navaja	-	-	-	0.58	1.16
Sal	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
DI-Metionina	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
L-Lisina	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Cloruro de colina, 60	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Premix pollos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Inhibidor de hongos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Absorbente de micotoxinas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo/Kg de alimento (S/. / Kg)	1.491	1.492	1.492	1.492	1.492
Valor Nutricional estimado					
Proteína total, %	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
Fibra, %	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
Grasa, %	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
EM. Aves, Mcal/kg	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16
Lisina, %	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Metionina, %	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Met-cist, %	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Arginina, %	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Treonina, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Triptofano, %	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Fen-tir, %	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Fósforo total, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Fósforo disponible, %	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Calcio, %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Sodio, %	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

2.8 Parámetros evaluados

2.8.1 Peso vivo y ganancia de peso

Al iniciar la fase experimental, a los 22 y 42 días, se tomó el peso de los pollos en cada unidad experimental, siendo este el peso inicial del experimento. Para tal efecto se utilizó una balanza con capacidad de 5,000 g y precisión de 1gr. Posteriormente el peso vivo fue controlado semanalmente. La ganancia de peso se obtuvo por diferencia del peso vivo inicial y el que se tomó en cada semana.

2.8.2 Consumo de alimento

El alimento fue proporcionado diariamente *ad libitum* y se controló la cantidad ofrecida así como el residuo y por diferencia se determinó el consumo real.

2.8.3 Conversión alimenticia

Se obtuvo la conversión alimenticia semanal y acumulada de los tratamientos tanto para la etapa de crecimiento como para la de acabado, mediante la siguiente fórmula:

$$CAA = \frac{\text{Consumo semanal de alimento}}{\text{Ganancia semanal de peso}}$$

$$CAA = \frac{\text{Consumo acumulado de alimento}}{\text{Ganancia de peso acumulado}}$$

2.8.4 Mortalidad

Se evaluó la mortalidad por cada tratamiento por etapa de evaluación, la cual se expresó en porcentaje y se determinó por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{Número de aves muertas}}{\text{Número de aves iniciales}}$$

2.8.5 Retribución económica

Para determinar la retribución económica para cada tratamiento, se consideró, el consumo de alimento, el precio por kilogramo de pollo y el costo por Kg. de alimento en base a precios de los insumos utilizados.

2.8.6 Ceniza y calcio en huesos

Se determinó la ceniza por calcinación de la muestra en mufla (AOAC, 1995) y el calcio por el método de digestión en mufla y espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 985.35)

2.9 Análisis estadístico

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Se realizó un análisis de variancia para determinar si hay diferencias significativas en el peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad, retribución económica y ceniza y calcio en huesos. Se utilizó la prueba de Duncan para la comparación entre los promedios de los tratamientos (Calzada, 1984). Para estos análisis se utilizó el *Software SAS System for Windows V8* (1998). El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ tratamientos} \\ j = 1, 2, 3, 4 \text{ repeticiones} \end{array}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

μ = Media aritmética general de la población

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Peso vivo y ganancia de peso

Los pesos obtenidos al inicio, a los 22 días y a los 42 días se muestran en el cuadro 4 y Anexo III, IV y V. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para el peso inicial, a los 22 días y a los 42 días, ni en las ganancias de peso durante estos periodos (Anexo VI y VII).

Sin embargo, los valores numéricos a los 21 días, muestran una mayor ganancia de peso para las aves que recibieron como fuente de calcio el carbonato inorgánico al 100 %, seguida de los tratamientos que utilizaron el 50% de carbonato de calcio orgánico proveniente de valvas de navaja y conchas de abanico.

A los 42 días el mayor peso vivo obtenido fue para las aves en cuyas dietas se utilizó el carbonato de calcio orgánico proveniente de las valvas de navaja al 100% y al 50%, respectivamente, se observó mayor ganancia numérica para las aves que consumieron dietas con carbonato de calcio orgánico al 100% provenientes de las valvas de navaja, seguidos de las aves que consumieron la dieta utilizando 50% de carbonato orgánico de navaja.

Al final del experimento, se observó numéricamente, mayor ganancia de peso, para las aves que recibieron como fuente de carbonato de calcio orgánico, las valvas de concha de navaja al 100% y al 50%.

Cuadro 4. Efecto de los diferentes niveles de fuentes de calcio (%) sobre el desarrollo productivo y composición de los huesos en pollos de carne

PARÁMETROS PRODUCTIVOS / FASES	Nivel de la fuente de calcio (%)				
	100% carb. de calcio de fuente inorgánica	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha navaja	100% concha navaja
Peso corporal (Kg)					
Inicial	0.041	0.040	0.041	0.041	0.041
Inicio (21 días)	0.843	0.829	0.825	0.836	0.828
Crecimiento y acabado (42 días)	2.433 ^a	2.427 ^a	2.411 ^a	2.468 ^a	2.473 ^a
Ganancia de peso (Kg)					
Inicio (1 - 21 días)	0.803	0.789	0.784	0.795	0.787
Crecimiento y acabado (22 - 42 días)	1.589	1.598	1.587	1.632	1.646
Acumulado (1 - 42 días)	2.392 ^a	2.387 ^a	2.371 ^a	2.427 ^a	2.433 ^a
Consumo de alimento (Kg)					
Inicio (1 - 21 días)	1.349	1.337	1.280	1.352	1.290
Crecimiento y acabado (22 - 42 días)	3.148	3.142	3.143	3.091	3.199
Acumulado (1 - 42 días)	4.497 ^a	4.479 ^a	4.423 ^a	4.443 ^a	4.489 ^a
Conversión alimentaria					
Inicio (1 - 21 días)	1.680	1.695	1.633	1.699	1.640
Crecimiento y acabado (22 - 42 días)	1.980	1.966	1.981	1.894	1.944
Acumulado (1 - 42 días)	1.880 ^a	1.877 ^a	1.866 ^a	1.831 ^a	1.845 ^a
Mortalidad (%)	3.125 ^a	3.125 ^a	0.000 ^a	3.215 ^a	3.125 ^a
Análisis en huesos (%)					
Materia seca	61.69 ^a	61.84 ^a	59.90 ^a	62.18 ^a	61.61 ^a
Ceniza en tibias	40.57 ^a	42.93 ^a	39.28 ^a	39.86 ^a	39.26 ^a
Calcio en tibias	37.00 ^a	38.11 ^a	37.76 ^a	37.27 ^a	37.95 ^a

^a en la misma fila no presenta diferencias significativas ($P > 0.05$)

Similarmente, Aderson *et al.* (1984), no encontraron diferencias significativas en peso vivo y ganancia de peso en pollos de engorde alimentados con dietas que difieren en el nivel de calcio.

Buendía (2011), comparo como fuentes de calcio al carbonato de calcio y la conchilla, no obtuvo diferencias significativas en el peso y la ganancia de peso, pero numéricamente obtuvo mejor performance en los pollos alimentados con conchilla.

De igual forma, Fernandez y Peixoto (2000), no obtuvieron diferencias significativas al comparar el carbonato de calcio de sangali y unical con la harina de concha sobre la performance de pollos de carne, pero numéricamente la utilización de 100% de harina de concha como fuente de calcio presento un ligero mayor peso.

3.2 Consumo de alimento

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en el Cuadro 4 y Anexo III, IV y V. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para el consumo final acumulado (Anexo VIII).

A los 21 días se encontró una mayor tendencia al consumo para las aves alimentadas con la fuente de carbonato de calcio inorgánico. Sin embargo, se observó que a medida que aumentaba el porcentaje de calcio orgánico el consumo disminuye. A los 42 días el mayor consumo observado fue para las aves alimentadas con las dietas que utilizaron 100 por ciento de carbonato de calcio orgánico de las valvas de navaja. Sin embargo al final del experimento, el mayor consumo se observó en la dieta con carbonato de calcio inorgánico, seguido de la dieta con carbonato de calcio orgánico de las valvas de navaja al 100%. El Cuadro 5 presenta la ingestión aparente de nutrientes.

Cuadro 5. Ingestión aparente de nutrientes al final de la evaluación¹

Nutriente	100% carb. Ca fuente inorg.	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% carb. Ca fuente inorg. + 50% concha navaja	100% concha navaja
Proteína, g.	935.66	931.73	918.26	925.31	931.60
Energía Metabolizable, Mcal/Kg	13.99	13.94	13.77	13.82	13.98
Lisina, g.	58.77	58.53	57.72	58.11	58.56
Calcio, g.	41.82	41.65	41.09	41.34	41.69

¹ Calculada en base al alimento consumido

En cuanto a la ingestión aparente de nutrientes hasta el final de la evaluación, no presenta diferencias significativas de los mismos. Numéricamente es mayor en la dieta con 100 por de piedra de caliza, pero no presenta efectos significativos en el peso final de los pollos.

Buendía (2011), encontró diferencias significativas en el consumo, siendo mayor con el carbonato de calcio como fuente inorgánica de calcio. Sin embargo Fernandez y Peixoto (2000), no encontraron diferencias significativas, pero numéricamente el consumo fue mayor utilizando la fuente de calcio inorgánico, que brindaba el 100% de calcio suplementado.

Este efecto puede explicarse, debido a que el tamaño de partícula de las fuentes orgánicas fue de mayor tamaño (mas groseras) que las otras fuentes evaluadas, presentó mayor resistencia a la solubilización y mayor tiempo de tránsito intestinal, debido a la retención por molienda en la molleja.

3.3 Conversión alimenticia

En el Cuadro 4 y el anexo III, IV y V, se observan los resultados de la conversión alimentaria. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas (Anexo IX).

Sin embargo numéricamente, la mejor conversión alimenticia observada fue en las aves que consumieron las dietas que contenían carbonato de calcio orgánico de valvas de navaja (50 y 100 por ciento), fue hasta 2 y 3 por ciento menor, respectivamente, en comparación a la dieta que contenía 100 por ciento de piedra caliza.

3.4 Mortalidad

En el cuadro 4, se observan los resultados de mortalidad. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas (Anexo X), demostrándose que los ingredientes evaluados son inocuos para la crianza avícola.

3.5 Ceniza y calcio en hueso

En el cuadro 4, se observan los resultados del contenido de materia seca, ceniza y calcio en las tibias. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas (Anexo XI, XII y XIII).

Los resultados del efecto de las diferentes fuentes de carbonato de calcio, sobre las cenizas en las tibias demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. El porcentaje del ceniza encontrado para los tratamientos se encuentra entre 39.26 a 40.57 por ciento. El rango del porcentaje de calcio encontrado para los tratamientos se encuentran entre 37.0 y 38.11 por ciento.

Fernandez y Peixoto (2000), no encontraron diferencias significativas en el contenido de calcio en tibias entre las diferentes fuentes de calcio, sin embargo numéricamente mayor en la fuente inorgánica. El cuadro 4 presenta el contenido de ceniza y calcio en las muestras de tibias de los diferentes tratamientos.

4.6 Retribución económica

En el Cuadro 6, se muestran los resultados obtenidos sobre el análisis económico de las dietas experimentales por kilogramo de peso del pollo vivo, teniendo en cuenta los precios de los insumos de las dietas suministradas considerando S/. 4.60 el precio del pollo vivo en los centros de acopio en el mes de Enero del 2014. Se puede observar que todos los tratamientos con inclusión de calcio orgánico, presentan menor conversión alimenticia y por ende mayores retribuciones económicas, dado el similar costo de las dietas.

La mayor retribución económica (3.94%) se logró con la inclusión de 50% piedra caliza y 50% concha navaja, en comparación a la dieta control, atribuido a la menor conversión alimenticia que presenta este tratamiento. La inclusión de 100% de carbonato de calcio de origen orgánico (concha de navaja) mejora hasta en 2.8% la retribución económica.

Cuadro 6. Retribución económica

RUBRO	Nivel de la fuente de calcio (%)				
	100% piedra caliza	50% piedra caliza + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% piedra caliza + 50% concha navaja	100% concha navaja
Peso promedio de 1 - 42 días (Kg)	2.43	2.43	2.41	2.47	2.47
Precio pollo vivo (S/. x Kg)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
TOTAL DE INGRESOS	11.19	11.16	11.09	11.35	11.38
Consumo de alimento en el inicio (Kg/pollo)	1.35	1.34	1.28	1.35	1.29
Costo de alimento (S/. x Kg)	1.5434	1.5436	1.5439	1.5436	1.5439
Consumo de alimento en el crecimiento y acabado (Kg/pollo)	3.148	3.142	3.143	3.091	3.199
Costo de alimento (S/. x Kg)	1.4914	1.4916	1.4918	1.4916	1.4918
COSTO DE ALIMENTACIÓN	6.776	6.751	6.665	6.698	6.764
RETRIBUCIÓN ECONÓMICA					
Por pollo vivo (S/.)	4.41	4.41	4.43	4.65	4.61
Por Kg de peso vivo (S/.)	1.81	1.82	1.84	1.89	1.87
Retribución económica relativa (%)	100.00	100.22	101.18	103.94	102.80

IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevo a cabo el presente estudio se concluye:

1. La fuente orgánica de carbonato de calcio, proveniente de las valvas de la concha de abanico y navaja en reemplazo parcial y total del carbonato de calcio inorgánico (piedra caliza) en dietas de pollos de carne, no afecta el comportamiento productivo, niveles de ceniza y calcio en las tibias.
2. La fuente orgánica de carbonato de calcio, proveniente de las valvas de concha de navaja, en reemplazo del 50% del carbonato de calcio inorgánico (piedra caliza), genero una ligera mayor retribución económica.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones arribadas en el siguiente estudio se recomienda:

1. Se recomienda el uso de carbonato de calcio de fuente orgánica, proveniente de las valvas de concha de abanico y navaja, en alimentos comerciales para pollos de carne, como alternativa de carbonato de calcio proveniente de fuentes inorgánicas (piedra caliza).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O; DILGER, R; ONYANGO, R; JENDZA, Y. 2005. Utilización del fosforo en aves y ganado porcino. XXI Curso de especialización FEDNA. Departament of Animal Sciences. Purdue University, EU. 343-365 p.

ANDERSON, JO; DOBSON, D; JACK, OK. 1984. Effects of particle size of the calcium source on performance of broiler chicks fed diets with different calcium and phosphorus level. *Poult. Sci.*, 63:311-316.

ANDRIGUETTI, JM. 1981. Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal, os alimentos (em línea). São Paulo, BR. Consultado 8 mar. 2013. Disponible en <http://books.google.es/books?id=jIUIBJ4eeroC&pg=PA164&dq=nutricao+frangos&hl=es&sa=X&ei=Z6BjUenTFbLA4AOBxoCACg&ved=0CDMQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false>

APPLEGATE, TJ; ANGEL, R; CLASSEN, HL. 2003. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol and bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. *Poultry Science* 82:1140-1148

BARROETA, A; CALSAMIGLIA, S; CEPERO, R; LOPEZ-BOTE, C; HERNÁNDEZ, JM. 2002. Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción de alimentos de calidad: avances en la nutrición vitamínica de broilers y pavos. Editorial Pulso, ES. 208 p.

BARROS, MC; BELLO, PM; BAO, M; TORRADO, JJ. 2009. From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. *Journal of cleaner production*. 17(3): 400-407.

BLAIR, R. 1993. Nutrition and feeding of organic poultry: calcium and phosphorus (en línea). Consultado 2 ene. 2013. Disponible en http://books.google.es/books?id=9WZ9LJLoCZIC&pg=PA37&dq=calcium+%2B+poultry&hl=es&sa=X&ei=PH_rUJD0HYmm8gSKGQDA&ved=0CEYQ6AEwAw#v=onepage&q=calcium%20%2B%20poultry&f=false

BUENDÍA, M. 2011. Determinación de la solubilidad en carbonato de calcio, conchilla y su evaluación biológica en pollos de carne. Tesis Mg.Sc en Nutrición. UNALM – Perú. 54 – 58pp

CALZADA, J. 1984. Métodos Estadísticos para la Investigación, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 527p.

CANTILLANEZ, M; RIQUELME, C; AVENDANO, M. 2010. Evaluation in natural environment of use of marine biofilms, in the larval settlement of *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* .38 (1): 47-56

CLUNIS, M; LESSON, S. 1994. Calcium dynamics of hens laying thick or thin shelled eggs. *Canadian journal of animal science* 74(3): 541-546.

COOB 500. 2008. Suplemento de crecimiento y nutrición de pollos de engorde (en línea). Consultado el 27 de marzo del 2011. Disponible en http://www.Cobb-vantress.com/contactus/brochures/cobb500_BPM_supplementspanish.pdf

COON, C; LESKE K; SEO, S. 1999. Poultry feedstuffs, supply, composition and nutritive value: the availability of calcium and phosphorus in feedstuffs. Eds. JM McNab; KN Borman (en línea). Consultado 12 ene. 2013. Disponible en <http://books.google.es/books?id=b7fB29Cilx0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

DA SILVA, A; RODRIGUES, R. 2000. Avaliação de Calcários Dolomíticos como Fontes de Cálcio para Frangos de Corte em Crescimento. *Rev. bras. zootec.*, 29(6):2260-2267

ESPADA, J. 1975. Evaluación biológica de la roca fosfatada de Bayovar como fuente de fósforo en pollos parrilleros. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM – Lima Perú.

FEDNA (Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal, ES). 2011. Fuentes de calcio. Consultado el 2 dic. 2012. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-calcio

FERNÁNDEZ, A; ALEGRE, A. 1985. Alimentación de los Animales Monogástricos. Madrid: Mundi-Prensa.

FERNANDES, A; PEIXOTO, R. 2000. Avaliação de Calcários Dolomíticos como Fontes de Cálcio para Frangos de Corte em Crescimento. Rev. bras. zootec., 29(6):2260-2267

FIALHO, ET; BARBOSA, HP; BELLAVER, C. 1992. Avaliação nutricional de algumas fontes de suplementação de cálcio para suínos-biodisponibilidade e desempenho. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 21(5): 891-905

GARCÍA, M; MORALES, R; ÁVILA, E; SANCHEZ, E. 2005. Mejoramiento de La calidad Del cascaron con 25 hidroxicolecalciferol [25-(OH)D₃] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclos. México DF, MX. Vet Mex, 32(3): 167-174

GARCÍA, A. 2003. Homeostasis del calcio durante los procesos reproductores. Conferencia de la Real Academia de Ciencias Veterinarias (en línea) consultado 05 abril 2013. Disponible en <http://www.racve.es/publicaciones/homeostasis-del-calcio-durante-los-procesos-reproductores/>

HERNANDEZ, C. 1984. Metabolismo del calcio y del fósforo. Calcitonina. Salud Uninorte, CO. 1(2): 115-121.

HURWITZ, S; PLAVNIK, I; SHAPIRO, A. 1995. Calcium metabolism and requirements of chicks are affect by growth. Journal Nutrition, 2: 2679-2686

IMARPE (Instituto del Mar del Perú, PE). 2012. Concha navaja. Consultado 3 dic. 2012. Disponible en http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_detalle=0000000000000007848

LANNAN, JE; ROBINSON, A; BRESSE, WP. 1980. Broodstock management of *Crassostrea gigas*: II Broodstock condition to maximal survival. (21): 337 – 345.

MARTINEZ, G; AGUILERA, C METTIFOGO, L. 2000. Interactive effects of diet and temperature on reproductive conditioning of *Argopecten purpuratus* broodstock. (1983): 149 – 159.

MATEOS, G; GARCIA, M. 1998. Uso de premezclas en fabricación de piensos: características y composición de las materias primas utilizadas en macrocorrectores XIV Curso de especialización Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. 171-190 pp

MINAL. 2013. Conchuela carbonato de calcio natural. Soc. Minera y Comercial Alegría y Cía. Ltda, CL. Consultado 20 febrero 2013. Disponible en http://www.minalcal.cl/Conchuela_CaCo3_RT_T2.PDF

MORENO, E. 2007. Las vitaminas y las aves. (En línea) consultado el 23 de octubre del 2011 <http://64.233.169.104/search?q=cache:h3Hp900hD5kJ:www.timbrado.com/artvitaminas.shtml+exeso+de+calcio+en+las+aves&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=pe>.

NAVARRO, B. 1993. Evaluación de tres fuentes comerciales de fosforo en dietas para pollos de carne. Tesis Magister Scientiae UNALM. Lima – Perú

NRC (National Research council, EU). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Ninth revised edition. Washington, EU. 14,15 p.

NUNES, IJ. 1995. Nutrição animal básica. Belo Horizonte, BR. 334p.

PEIXOTO, RR. 1994a. Calcários sulriograndenses como fonte de cálcio para aves. XIX. Avaliação do calcário calcítico Andreazza. para poedeiras In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 31, Maringá, 1994. *Anais...* Maringá, BR.

_____. 1994b. Calcários sulriograndenses como fonte de cálcio para aves. XX. Avaliação do calcário dolomítico DB de Caçapava do Sul para pintos. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 31, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá, BR.

PONCE, M; GAMBAUDO, S. 2013. Las rocas carbónicas en Argentina, AR. Consultado 17 abril 2013. Disponible en http://www.unsam.edu.ar/institutos/centro_ceps/investigaciones/fertilizantes/capitulo5.pdf

REID, L; WEBER, CW. 1976. Calcium availability and trace minerals composition of feed grade calcium supplements. *Poultry Science*, 55: 600-605

ROA, F. 2010. Evaluación in vitro y biológica con gallinas ponedoras del carbonato de calcio orgánico proveniente de valvas de conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*) y navaja (*Ensis macha*). Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Lima – Perú (Sin Publicar)

ROJAS, S. 1979. Nutrición animal aplicada. La Molina, PE. 250 p.

SAS (Statistical Analysis System, EU). 1998. Aplicaciones del SAS en la investigación científica. Eds. E Flores; G Gutiérrez. Lima, PE.

SAUNDERS, JL; MACISAAC, JL; KORVER, DR, ANDERSON, DM. 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poult Sci.* 2009 Feb;88(2):338-53.

TORRENT, M. 1982. Zootecnia Básica Aplicada. Editorial Aedos. Madrid, ES. 522p.

VANDER KILS, J; VERSTEGEN, M; DE WIT, M. 1990. Absorption of mineral and retention time of dry matter in the gastrointestinal tract of broilers. *Poultry Sci.* 69: 2185-2194.

VICENTE, R. 1977. Utilización de la roca fosfatada de bayóvar como fuente de fósforo en dietas de pollo de carne. Tesis Ing. Zootecnista. Lima-Perú.

VELOSO, JAF; REZENDE, MJ; HOSSAIN, SM. 1992. Biodisponibilidade de cálcio de cinco fosfatados semi-elaborados para frangos de corte. In: reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 31. Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia.

WASSERMAN, R; FULLER, C.1995. Vitamin D and intestinal calcium transport facts, speculations and hipótesis. Journal of nutrition 125(7): 1971-1979.

WHITEHEAD, C. 1992. Influencia de la nutrición sobre el metabolismo macromineral: desarrollo del hueso y calidad de la cascara. XI curso de especialización FEDNA, Instituto Roslin, Edimburgo. 8 pp

YOSHIDA, M.; HOSHII, H. 1982. Reevaluation of requirement of calcium and available phosphorus for starting meat-type chicks. Japanese Poultry Science. 19: 101-109

ZHANG, B; COON, C. 1997. Procedure for the determination of solubility using a pH method with 0.2 N HCl. Poultry res 6(1): 94-99.

VII. ANEXOS

ANEXO I. CONTENIDO DE PROTEÍNA Y CALCIO EN DIETAS EVALUADAS

Contenido (%)	Nivel de la fuente de calcio (%)				
	100% piedra caliza	50% piedra caliza + 50% concha abanico	100% concha abanico	50% piedra caliza + 50% concha navaja	100% concha navaja
Dieta inicio					
Proteína	21.95	21.79	21.99	21.98	21.64
Calcio (base seca)	1.26	1.23	1.13	1.25	1.23
Calcio (tal como ofrecido)	1.10	1.07	0.98	1.09	1.07
Dieta crec. y acabado					
Proteína	19.82	21.06	21.06	21.33	20.27
Calcio (base seca)	1.18	1.11	1.09	1.15	1.10
Calcio (tal como ofrecido)	1.03	0.97	0.95	1.00	0.96

LENA (2009)

*Valores expresados en materia seca

ANEXO II. Cobb 500 SUPLEMENTO DE RENDIMIENTOS Y NUTRICIÓN PARA POLLOS DE ENGORDE

Nutrición de Pollos de Engorde

Formulación recomendada para pollos de engorde					
		Inicio	Crecimiento	Término 1	Término 2
Cantidad de alimento/ave		250 g	1 000 g		
Periodo de alimentación (días)		0 - 10	11 - 22	23 - 42	42 +
Proteína cruda	%	21.00	19.00	18.00	17.00
Energía metabolizable	(Kcal/Lb)	1358	1401	1444	1444
Energía metabolizable	(Kcal/Kg)	2988	3083	3176	3176
Lisina	%	1.20	1.10	1.05	1.00
Lisina digestible	%	1.08	0.90	0.95	0.90
Metionina	%	0.46	0.44	0.43	0.41
Metionina digestible	%	0.41	0.40	0.39	0.37
Met + Cis	%	0.89	0.84	0.82	0.78
Met + Cis digestible	%	0.80	0.75	0.74	0.70
Triptófano	%	0.20	0.19	0.19	0.18
Treonina	%	0.79	0.74	0.72	0.69
Arginina	%	1.26	1.17	1.13	1.08
Calcio	%	1.00	0.96	0.90	0.85
Fósforo disponible	%	0.50	0.48	0.45	0.42
Sodio	%	0.22	0.19	0.19	0.18
Cloro	%	0.20	0.20	0.20	0.20
Tasa calorías/proteína	%	142	162	176	187

Fuente: Cobb 500 (2008)

ANEXO III. EFECTO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE INICIO

Tratamiento	Repetición	Peso vivo (Kg)	Ganancia de peso (Kg)	Consumo de alimento (Kg)	Conversión alimenticia
100% carb. de calcio de fuente inorgánica	R1	0.856	0.816	1.335	1.636
	R2	0.843	0.801	1.372	1.713
	R3	0.844	0.804	1.387	1.727
	R4	0.831	0.790	1.301	1.646
	PROMEDIO	0.843	0.803	1.349	1.680
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de abanico	R1	0.886	0.845	1.425	1.686
	R2	0.790	0.750	1.288	1.717
	R3	0.831	0.792	1.288	1.627
	R4	0.808	0.768	1.346	1.752
	PROMEDIO	0.829	0.789	1.337	1.695
100% concha de abanico	R1	0.864	0.823	1.349	1.638
	R2	0.777	0.736	1.172	1.592
	R3	0.848	0.808	1.364	1.689
	R4	0.809	0.768	1.236	1.609
	PROMEDIO	0.825	0.784	1.280	1.632
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de navaja	R1	0.808	0.768	1.305	1.701
	R2	0.845	0.804	1.310	1.629
	R3	0.844	0.803	1.435	1.787
	R4	0.847	0.807	1.356	1.681
	PROMEDIO	0.836	0.795	1.352	1.700
100% concha de navaja	R1	0.789	0.748	1.265	1.692
	R2	0.827	0.788	1.279	1.625
	R3	0.855	0.814	1.326	1.629
	R4	0.840	0.799	1.291	1.617
	PROMEDIO	0.828	0.787	1.290	1.640

ANEXO IV. EFECTO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CRECIMIENTO Y ACABADO

Tratamiento	Repetición	Peso vivo (Kg)	Ganancia de peso (Kg)	Consumo de alimento (Kg)	Conversión alimenticia
100% carb. de calcio de fuente inorgánica	R1	2.503	1.647	3.183	1.933
	R2	2.439	1.596	3.242	2.031
	R3	2.379	1.535	3.027	1.972
	R4	2.411	1.580	3.139	1.987
	PROMEDIO	2.433	1.589	3.148	1.981
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de abanico	R1	2.530	1.644	3.173	1.930
	R2	2.401	1.611	3.257	2.022
	R3	2.297	1.465	3.026	2.065
	R4	2.480	1.672	3.114	1.862
	PROMEDIO	2.427	1.598	3.142	1.970
100% concha de abanico	R1	2.552	1.688	3.180	1.884
	R2	2.368	1.591	3.168	1.992
	R3	2.399	1.551	3.060	1.972
	R4	2.326	1.517	3.164	2.085
	PROMEDIO	2.411	1.587	3.143	1.983
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de navaja	R1	2.575	1.767	3.299	1.867
	R2	2.486	1.641	3.124	1.903
	R3	2.360	1.517	2.922	1.927
	R4	2.449	1.602	3.021	1.886
	PROMEDIO	2.468	1.632	3.091	1.896
100% concha de navaja	R1	2.525	1.736	3.273	1.885
	R2	2.457	1.630	3.074	1.885
	R3	2.444	1.589	3.215	2.024
	R4	2.468	1.628	3.232	1.986
	PROMEDIO	2.473	1.646	3.199	1.945

ANEXO V. EFECTO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS AL FINAL DE LA EVALUACIÓN

Tratamiento	Repetición	Peso vivo (Kg)	Ganancia de peso (Kg)	Consumo de alimento (Kg)	Conversión alimenticia
100% carb. de calcio de fuente inorgánica	R1	2.503	2.463	4.519	1.834
	R2	2.439	2.397	4.614	1.925
	R3	2.379	2.338	4.414	1.888
	R4	2.411	2.370	4.440	1.873
	PROMEDIO	2.433	2.392	4.497	1.880
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de abanico	R1	2.530	2.489	4.598	1.847
	R2	2.401	2.361	4.545	1.925
	R3	2.297	2.257	4.315	1.911
	R4	2.480	2.440	4.460	1.827
	PROMEDIO	2.427	2.387	4.479	1.878
100% concha de abanico	R1	2.552	2.511	4.529	1.804
	R2	2.368	2.327	4.340	1.865
	R3	2.399	2.359	4.424	1.875
	R4	2.326	2.285	4.399	1.925
	PROMEDIO	2.411	2.371	4.423	1.867
50 % carb. de calcio de fuente inorgánica + 50% concha de navaja	R1	2.575	2.535	4.605	1.816
	R2	2.486	2.445	4.433	1.813
	R3	2.360	2.320	4.357	1.878
	R4	2.449	2.409	4.377	1.817
	PROMEDIO	2.468	2.427	4.443	1.831
100% concha de navaja	R1	2.525	2.484	4.538	1.827
	R2	2.457	2.418	4.354	1.801
	R3	2.444	2.403	4.541	1.890
	R4	2.468	2.426	4.524	1.864
	PROMEDIO	2.473	2.433	4.489	1.845

ANEXO VI. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO

Análisis de variancia del peso inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	1.1828125	0.29570313	0.82	0.5337	ns
Error	15	5.42578125	0.36171875			
Total	19	6.60859375				

C. V.= 1.484785

ns: no significativo

Análisis de variancia del peso a los 21 días

Peso 21 días

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	908.812	227.203	0.25	0.9057	ns
Error	15	13683.3375	912.2225			
Total	19	14592.1495				

C. V.= 3.629931

ns: no significativo

Análisis de variancia del peso a los 42 días

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	11606.3	2901.575	0.45	0.7699	ns
Error	15	96403.0494	6426.86996			
Total	19	108009.3494				

C. V.= 3.282303

ns: no significativo

ANEXO VII. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA GANANCIA DE PESO

Análisis de variancia de la ganancia de peso en la etapa de inicio (0 – 21 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	905.26481	226.316203	0.25	0.9046	ns
Error	15	13529.25703	901.950469			
Total	19	14434.52184				

C. V.= 3.794143

ns: no significativo

Análisis de variancia de la ganancia de peso en la etapa de crecimiento y acabado (22 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	11447.1692	2861.7923	0.46	0.7619	ns
Error	15	92724.2607	6181.61738			
Total	19	104171.4299				

C. V.= 4.882313

ns: no significativo

Análisis de variancia de la ganancia de peso total (0 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	23019.4491	5754.86228	0.53	0.7137	ns
Error	15	162014.339	10800.9559			
Total	19	185033.788				

C. V.= 3.348104

ns: no significativo

ANEXO VIII. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONSUMO DE ALIMENTO

Análisis de variancia del consumo en la etapa de inicio (0 – 21 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	18330.73231	4582.68308	1.24	0.3356	ns
Error	15	55375.9946	3691.73297			
Total	19	73706.72691				

C. V.= 6.705854

ns: no significativo

Análisis de variancia del consumo en la etapa de crecimiento y acabado (22 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	23012.5494	5753.13735	0.53	0.7155	ns
Error	15	162787.5385	10852.5026			
Total	19	185800.0879				

C. V.= 3.312853

ns: no significativo

Análisis de variancia del consumo total (0 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	16119.2141	4029.80353	0.40	0.8061	ns
Error	15	151383.332	10092.2221			
Total	19	167502.546				

C. V.= 2.249382

ns: no significativo

ANEXO IX. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Análisis de variancia de la conversión alimenticia en la etapa de inicio (0 – 21 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0042472	0.0010618	0.47	0.7567	ns
Error	15	0.033853	0.00225687			
Total	19	0.0381002				

C. V.= 3.819771

ns: no significativo

Análisis de variancia de la conversión alimenticia en la etapa de crecimiento y acabado (22 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0211568	0.0052892	1.18	0.3603	ns
Error	15	0.067393	0.00449287			
Total	19	0.0885498				

C. V.= 3.428761

ns: no significativo

Análisis de variancia de la conversión alimenticia final (0 – 42 días)

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0036218	0.00090545	1.09	0.3952	ns
Error	15	0.012421	0.00082807			
Total	19	0.0160428				

C. V.= 1.998899

ns: no significativo

ANEXO X. ANALISIS DE VARIANZA DE LA MORTALIDAD

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.02620880	0.00655220	0.25	0.9052	NS
Error	15	0.39313200	0.02620880			
Total	19	0.41934080				

C. V.= 10.80284

ns: no significativo

ANEXO XI. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA MATERIA SECA EN TIBIAS

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0012923	0.00032308	1.01	0.4314	ns
Error	15	0.00478025	0.00031868			
Total	19	0.00607255				

C. V.= 1.981651

ns: no significativo

ANEXO XII. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CENIZA EN TIBIAS

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0037583	0.00093958	0.87	0.5061	ns
Error	15	0.01625625	0.00108375			
Total	19	0.02001455				

C. V.= 4.782503

ns: no significativo

ANEXO XIII. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CALCIO EN TIBIAS

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Tratamiento	4	0.0003705	9.2625E-05	0.91	0.4839	ns
Error	15	0.00152925	0.00010195			
Total	19	0.00189975				

C. V.= 1.529274

ns: no significativo

ANEXO XIV. COSTO DE INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN

Ingredientes (%)	S/. / Kg
Maíz	1.10
Torta de soya, 47	1.80
Aceite vegetal	4.20
Fosfato dicálcico	0.80
Carbonato de calcio inorgánico	0.18
Carbonato de calcio concha de abanico	0.22
Carbonato de calcio navaja	0.22
Sal	0.23
DI-Metionina	20.00
L-Lisina	8.00
Cloruro de colina, 60	2.40
Premix pollos	18.00
Inhibidor de hongos	5.20
Adsorbente de micotoxinas	4.80
Antioxidante	4.90

Fuente: Programa de alimentos (Enero 2014)