

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POST GRADO

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN



**“DETERMINACIÓN DE LA SOLUBILIDAD DEL CARBONATO DE
CALCIO, CONCHUELA Y SU EVALUACIÓN BIOLÓGICA
EN POLLOS DE CARNE”**

Presentado por:

Marilyn Aurora Buendía Molina

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGÍSTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima - Perú

2013

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad, se estudió la solubilidad 'In Vitro' de las fuentes de calcio y la evaluación biológica en pollos de carne, utilizando dos fuentes de calcio, una de origen de orgánico (conchuela) y otra de origen inorgánico (carbonato de calcio); la fuente inorgánica presentó una coloración más blanca en comparación con la conchuela, ya sea en forma de harina o granulada, siendo el tamaño de partícula de las harinas 180 μm ; mientras las formas granuladas son de 4 mm. Las fuentes de calcio; carbonato de calcio y conchuela contienen 39.96 y 38.81% de calcio, respectivamente. Estas dos fuentes fueron sometidas a dos técnicas 'In Vitro' de Pérdida de Peso y de Cambio de pH. La prueba biológica se evaluó en pollos de carne, con dos tratamientos y cuatro repeticiones, en la fase de inicio (0 a 21 días) recibieron una dieta con 1% de calcio total, mientras que en la fase de crecimiento (22 a 42 días) la dieta contiene 0.9% de calcio total. Los resultados de solubilidad in vitro mediante la técnica de Pérdida de Peso para la muestra de harina de carbonato de calcio y carbonato de calcio granulado fueron 83.16 y 54.16% respectivamente; mientras que la solubilidad obtenida en la harina de conchuela y conchuela granulada fue 76.96 y 46.87% respectivamente; mientras los porcentajes de solubilidad hallada mediante la técnica de Cambio de pH para la muestra de harina de carbonato de calcio y carbonato de calcio granulado fueron 90.81 y 53.66% respectivamente, mientras para la harina de conchilla y conchilla granulada fue 78.60 y 51.44%. La solubilidad está influenciada principalmente el tamaño de partícula y en menor grado por la composición físico química de las fuentes de calcio.

Los resultados de la evaluación biológica en pollos de carne alimentados con dos fuentes de calcio para la fase de inicio y crecimiento, analizando el comportamiento productivo, ganancia de peso, porcentaje de cenizas y calcio en tibias; se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el consumo y conversión alimenticia en la fase de inicio, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la fase de crecimiento. Se recomienda el uso de las fuentes de calcio teniendo en cuenta el costo del producto.

Q54.
B9d
T
c.1

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 EL CALCIO: GENERALIDADES	3
2.1.1 Homeostasis del calcio	4
2.1.2 Absorción de calcio	8
2.1.3 Funciones del calcio	10
2.1.4 Deficiencia del calcio	13
2.2 FUENTES DE CALCIO	14
2.2.1 Fuente inorgánica de calcio	15
2.2.2 Fuentes orgánicas de calcio	15
2.3 SOLUBILIDAD DE CALCIO	16
2.3.1 Técnicas de Solubilidad del calcio	17
2.3.2 Evaluación biológica del calcio	18
2.4 REQUERIMIENTO DE CALCIO EN POLLOS DE CARNE	18
2.5 FACTORES QUE AFECTAN LA UTILIZACIÓN DE CALCIO.	19
2.5.1 Interacción entre minerales	19
2.5.2 Relación Ca: P	19
2.5.3 Magnesio y Zinc	21
2.5.4 Cloruro de Sodio	22
2.5.5 Balance electrolítico	22
2.5.6 Estrógeno	23
2.5.7 Fibra y grasas	23
2.5.8 Granulometría	24
2.6 FUENTES DE CALCIO Y EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE CARNE	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 SOLIBILIDAD IN VITRO	27
3.1.1 Lugar de Ejecución	27

32887

3.1.2 Productos a Evaluar	27
3.1.3 Tratamientos	28
3.1.4 Técnica porcentaje de pérdida de peso (WLM)	28
a. Materiales	28
b. Método	28
3.1.5 Técnica de cambio de pH	29
a. Materiales	29
b. Método	29
3.1.6 Diseño experimental	30
3.2 EVALUACIÓN BIOLÓGICA	31
3.2.1 Lugar de ejecución	31
3.2.2 Instalaciones y equipos	31
3.2.3 Fuentes de calcio	31
a. Carbonato de calcio en Harina	31
b. Conchuela en Harina	31
3.2.4 Animales experimentales	32
3.2.5 Tratamientos	32
3.2.6 Dietas	32
3.2.7 Alimentación	34
3.2.8 Análisis Químicos	34
3.2.9 Controles Efectuados	34
a. Peso Vivo y Ganancia de de peso vivo	34
b. Consumo semanal de alimento (CSA)	35
c. Conversión de alimento (CA)	35
d. Determinación de la ceniza y calcio de la tibia	35
e. Diseño experimental	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 SOLUBILIDAD IN VITRO	37
4.2 EVALUACIÓN BIOLÓGICA	40
4.2.1 Fase Inicio (21 días)	40
a. Peso Vivo y Ganancia de Peso	40
b. Consumo de alimento	43
c. Conversión alimenticia (CA)	43

d. Porcentaje de Ceniza de las tibias	44
e. Porcentaje de calcio de las tibias	45
4.2.2 Fase Crecimiento (22 a 42 días)	46
a. Peso Vivo y Ganancia de Peso	46
b. Consumo de alimento	47
c. Conversión alimenticia	48
d. Retribución económica del alimento	49
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	53
IX. ANEXOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

Nº		Pág.
1	Formulas y contenido nutricional calculado de la dieta de inicio y crecimiento	33
2	Análisis químico proximal de las dietas experimentales de las fases de inicio y crecimiento	34
3	Porcentaje de solubilidad in Vitro de las fuentes de calcio, determinada por la técnica de porcentaje de pérdida de peso (WLM) y Cambio de Ph	38
4	Efecto de las dos fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollo de carne en la etapa de inicio, crecimiento y el porcentaje de ceniza y calcio en tibia	42
5	Retribución económica	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº		Pág
1	Fuentes de macrominerales para aves y cerdos (en materia natural)	66
2	Recomendaciones nutricionales para pollos	67
3	Cobb 500 Suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde.	68
4	Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño regular	69
5	Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño medio	70
6	Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño superior	71
7	Análisis de variancia con la variable dependiente pérdida de peso	72
8	Análisis de variancia con la variable dependiente cambio de pH	72
9	Efecto de las dos fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollo de carne en la etapa de inicio (0 a 42)	73
10	Comportamiento productivo de pollo de carne de Cobb 500	74
11	Análisis de variancia del peso vivo inicial (1 d)	75
12	Análisis de variancia de los pesos vivos en la etapa de inicio (21 d)	75
13	Análisis de variancia de la ganancia de peso en la etapa de inicio (0-21 días)	76
14	Análisis de variancia del consumo de alimento en la etapa de inicio (0-21 días)	76
15	Análisis de variancia de la Conversión alimenticia en la etapa de inicio (0-21 días)	77
16	Análisis de variancia del porcentaje de ceniza (21 días)	77
17	Análisis de variancia del porcentaje de calcio de las tibias (21 días)	78
18	Análisis de variancia del peso vivo en la etapa de crecimiento (42 días)	78
19	Análisis de variancia de la ganancia de peso vivo en la etapa de crecimiento (42 días)	79

20	Análisis de variancia para el consumo de alimento en la etapa de crecimiento (42 días)	79
21	Análisis de variancia de la conversión alimenticia en la etapa de crecimiento (42 días)	80

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca buenas fuentes de calcio que sean solubles en el sistema digestivo del ave; mas solubles en pollos y menos solubles en aves ponedoras ello es debido al requerimiento de dicho mineral para las diferentes funciones dentro del organismo y maximizar la producción, además los componentes mayores del alimento son granos y subproductos vegetales que son pobres en dicho mineral en comparación con la piedra caliza y conchuela.

El calcio es un macromineral de importancia en el alimento, por ser el de mayor presencia en el organismo y el cuarto componente del cuerpo después del agua, proteínas y grasas. Además cumple múltiples funciones dentro del organismo animal; como formación ósea en unión con el fósforo y el magnesio; también forma parte de la cáscara del huevo; siendo la cantidad y disponibilidad del calcio dietario un factor crítico en la etapa del crecimiento y en la resorción ósea en las aves en producción.

El ácido clorhídrico es el responsable de solubilizar el calcio de las diferentes fuentes y ello tiene lugar en el proventrículo y ventrículo del ave. En nuestro país se utiliza las rocas calcáreas generalmente como fuente de calcio en el alimento de los animales, pero también se cuenta con yacimientos de conchuela en las zonas costeras.

La necesidad de tener mayor precisión del requerimiento de calcio en el animal, implica un claro y acertado conocimiento de los valores cuantitativos y cualitativos de las fuentes de calcio. Por un lado, permite reducir el Ca excretado, racionalizar los aportes y contribuir a la economía de la alimentación. El concepto de solubilidad relaciona a la parte realmente utilizada; en este sentido se puede diferenciar entre compuestos que teniendo igual contenido químico del elemento no son utilizados y/o absorbidos en igual forma; debido a la existencia de factores inherentes a la fuente, como el origen del mineral, la estructura físico-química, así como la superficie expuesta de la partícula, como también los tratamientos tecnológicos pueden aumentar o disminuir la disponibilidad biológica del

mineral indirectamente haciendo variar la cantidad excretada en las heces. En estudios realizados sobre la solubilidad del Ca de diferentes fuentes de origen, se han encontrado resultados variables de solubilidad de acuerdo a la fuente y granulometría (Melo *et al.*, 2006).

El objetivo del presente estudio fue determinar la solubilidad In Vitro en carbonato de calcio y conchuela mediante dos técnicas, la de pérdida de peso y el cambio de pH y la evaluación biológica en pollos de carne alimentados con dos fuentes de calcio durante el inicio y crecimiento; además se determinó el porcentaje de cenizas y calcio en las tibia de pollos de 21 días de edad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CALCIO: GENERALIDADES

El calcio y fósforo son macro minerales (Whitehead, 1995); conocidos como elementos estructurales y constituye más del 70% de las cenizas del cuerpo. Aproximadamente 99% Ca y 80% de P del organismo están en los huesos y dientes; existiendo una estrecha relación entre ellos en el metabolismo, principalmente en la formación de huesos (Maynard *et al.*, 1992). El 85% de la materia mineral del hueso es fosfato de calcio (Vincente, 1981).

Actualmente por el avance genético, la alimentación, el manejo y el control sanitario han contribuido al mayor requerimiento de Ca y otros minerales, siendo el Ca el mineral con 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).

La concentración de iones de calcio intracelular (Ca^{2+}) es baja en comparación con la concentración de calcio sérico. La concentración de calcio dentro de la célula es menor que la concentración de calcio sérico. Una forma rápida para mantener el nivel de calcio es mediante la difusión del calcio hacia el citoplasma desde el líquido extracelular (Dibartola, 2000).

El calcio intracelular en su mayor parte se encuentra secuestrado por organelos, unido a membranas celulares o proteínas celulares. El secuestro de Ca^{2+} en la mitocondria sirve para disminuir el aumento de la concentración citosólica de calcio, mientras que el retículo endoplasmático actúa como reservorio para aumentar la concentración citosólica de calcio cuando sea necesario. Además una manera eficaz de regular la concentración interna de calcio es mediante su unión con la membrana específica o proteínas citosólicas; esta última actúa también como

sistema mensajero cuando se modifica la actividad y configuración de la proteína (Dibartola, 2000).

El calcio extracelular existente en el plasma y suero, se encuentra en tres formas; la forma ionizada es el 50%; el calcio quelado (unido a fosfato, bicarbonato, sulfato, etc.) es alrededor del 10%; y el 40% está unido a la proteína. El calcio ionizable y el calcio quelado son capaces de atravesar el filtro de membrana, además el calcio ionizable es la fracción biológicamente activa de mayor importancia en el suero (Toffaletti, 1983, citado por Dibartola, 2000).

2.1.1 Homeostasis del calcio.

Mantener la concentración del calcio sérico en equilibrio es complejo y requiere de acciones integradas de la Parathormona (PTH), los metabolitos de la vitamina D y calcitonina. Siendo la hormona paratiroidea y el calcitriol (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).

Los órganos comprometidos en la homeostasis del calcio y fósforo es el hueso que actúa como órgano de sostén, locomoción y es el principal reservorio mineral de calcio y de fósforo en el organismo; el intestino y el riñón son órganos que participan en el metabolismo del calcio y fósforo (Cassis, 1984).

El riñón es el órgano que regula el metabolismo de calcio y de fósforo; debido a la reabsorción tubular tanto de calcio como de fósforo, mediante el aumento o disminución de la reabsorción tubular de acuerdo a la acción de otras hormonas que actúan en el riñón, Kaplan (2007) menciona que cuando

hay demasiado calcio en el sistema, los riñones no pueden excretar más calcio de lo que excreta cuando el cuerpo está llevando una carga normal. La PTH incrementa la reabsorción tubular renal de calcio y disminuye la reabsorción tubular renal del fósforo; por ello se retiene calcio y excreta fósforo (García, 2003).

La calcitonina (CT) actúa parcialmente contraria a la PTH y produce la disminución en la absorción tubular de P e incrementan la absorción del Ca (García, 2003). Los metabolitos de la vitamina D₃ aumenta la reabsorción tubular de calcio y de fósforo de esa manera mantiene los niveles séricos de calcio y/o de fósforo de acuerdo con el tipo de metabolito que actúe en cada estado fisiológico (Cassis, 1984).

La vitamina D es un esteroide que se presenta en muchas formas, de las cuales las más importantes en nutrición animal son D₂ (ergocalciferol) y D₃ (colecalciferol); y son obtenidas a partir de provitaminas de origen vegetal (ergosterol) o animal (7-deshidrocolesterol) respectivamente se activa en la piel por acción de los rayos ultravioleta provenientes del sol. En el caso de las aves hay que considerar que la vitamina D₂ no manifiesta actividad biológica (Fraga, 1985), por lo que se debe suplementar con vitamina D de origen animal o sintética (Urefia, 2004).

La vitamina D es precursor de la vitamina D₃, y cumple un rol esencial en la utilización del calcio y fosforo; además es esencial en la dieta para el mantenimiento o regulación de la homeostasis del calcio ya que favorece su absorción a nivel intestinal y de esa manera la vitamina D mantiene o regula la homeostasis del calcio (Cassius, 2005), con ello concuerda Dukes (1960) quien menciona que la vitamina D es importante en la nutrición debido a que previene o cura el raquitismo, pero su requerimiento varia en las diferentes especies. Siendo su reserva limitada en los animales.

La vitamina D₃ favorece la absorción de calcio a nivel intestinal y su deposición en los huesos, regula el metabolismo del calcio (Torrent, 1982), además ayuda a la hormona de la paratiroides (parato-hormona) a mantener en el suero sanguíneo los niveles de calcio necesarios para la formación de los huesos (Rojas, 1979) y Núñez (1999), menciona que la vitamina D₃ (colecalfiferol) presente en el alimento; es absorbido y transportado al hígado donde es hidroxilado y transformado en hidroxicolecalciferol 1,25-(OH)D₃; pasando luego al riñón donde será hidroxilado dando como resultado el metabolito dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃) siendo este esencial para la síntesis de la proteína responsable de la absorción del calcio a nivel intestinal (Soares, 1984).

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

La vitamina D se absorbe en las micelas del intestino igual que todos los lípidos; siendo la forma fisiológicamente activa el 1,25-(OH)₂D₃, que además es considerada como una hormona debido a que comparte características con éstas como son el producirse en un lugar como el hígado y riñón; además de actuar a distancia en otro órgano como en el hueso y estar regulada por retroalimentación de calcio y fósforo. Cuando hay exceso de Ca y P estimula la hidroxilación del carbono 24 convirtiéndose en 1,24,25 trihidroxicolecalciferol con lo que la actividad vitamínica se frena (Ureña, 2004).

En varios estudios se ha demostrado que a mayor edad de las aves, la tasa de absorción de calcio disminuye, lo que estaría asociado a una disminución en la actividad de la enzima 25-hidroxicolecalciferol 1- α hidroxilasa a nivel renal y la consecuente disminución en la concentración plasmática de la 1,25-dihidroxicolecalciferol (Frost *et al.*, 1991).

En el pollo joven la absorción de calcio es dependiente de la vitamina D en un 70% (Hurwitz, 1992) y dicha vitamina D es obtenida mediante el consumo de los precursores de esta vitamina que se encuentra en los vegetales, productos sintéticos y productos de origen animal como en el pescado, hígado, huevo, etc., también se puede obtener vitamina D mediante la exposición al sol para permitir que los precursores acumulados en la piel se transformen en la vitamina activa (Urefia, 2004)

La regulación del calcio y fósforo plasmático circulante es similar, siendo la paratiroidea, el 1,25-dihidroxicolecalciferol (forma activa de la vitamina D) y la calcitonina las hormonas implicadas en la regulación (Bronner, 1987); Además están inversamente relacionadas con el nivel de calcio en la sangre (Naupay, 2001).

La hormona paratiroidea (HPT) es liberada en el torrente circulatorio en respuesta al descenso del calcio plasmático; siendo esta hormona la que estimula la síntesis de vitamina D activa en el riñón, incrementando la reabsorción de calcio y fósforo de los huesos; a la vez que la vitamina D activa es producida en los riñones en respuesta a la HPT incrementando la movilización del calcio de los huesos y la actividad de los osteoclastos (Case *et al.*, 1997). En contraste, concentraciones elevadas de calcio, la HTP es inhibida mediante un mecanismo de feedback negativo; liberándose la hormona calcitonina (Adeola *et al.*, 2005).

La calcitonina es una hormona secretada por el tejido ultimobranquial en las aves. Siendo la concentración del ion calcio en los líquidos extracelulares el estímulo principal para la secreción de calcitonina por las células C; la calcitonina preformada es almacenada en las células C y es liberada rápidamente en respuesta a las elevaciones moderadas de calcio circulante, evitando la hipercalcemia (Giraldo y Osorio, 2006).

La secreción de calcitonina se incrementa al ingerir alimentos ricos en calcio, las hormonas gastrointestinales pueden desencadenar la liberación precoz de calcitonina (Giraldo y Osorio, 2006). Calcitonina estimula la deposición de calcio en los huesos, por medio de receptores específicos, en los osteoclastos (Cassius, 2005) reduciendo el flujo de calcio a través de las células intestinales (Taylor & Dacke, 1984). Mientras reduce las concentraciones de 1,25 dihidroxivitamina D en el plasma.

La calcitonina cumple una función inversa a la HPT, siendo antagonista a la reabsorción del hueso pero es sinérgica para disminuir la reabsorción tubular renal de fósforo. Una de las actividades de la calcitonina es inhibir la resorción del hueso que es estimulada por la HPT y otros factores (Giraldo y Osorio, 2006).

2.1.2 Absorción de 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, secreción de calcio y fósforo en el sistema digestivo de pollos de carne; dándose la secreción de calcio y fósforo en el duodeno; mientras en el yeyuno (Superior e Inferior) se realiza la absorción.

Van der Klis *et al.* (1999), comprueban que la mayor absorción de calcio se produce en el duodeno y yeyuno aves de producción; pero en las gallinas también se ha observado que la absorción también se da en otros segmentos del tracto digestivo siendo dicha absorción dependiente del estado de formación de la cáscara de huevo (Waddington *et al.*, 1989).

El calcio es absorbido desde el lumen intestinal hasta el sistema circulatorio por vías para e intracelulares (Wasserman y Fuller, 1995). El proceso paracelular es un proceso no saturable que se presenta a lo largo del intestino delgado el cual es independiente de regulaciones fisiológicas y nutricionales, siendo únicamente dependiente de la concentración de calcio

a nivel luminal; la vía intracelular es un proceso saturable; predominantemente de bajas concentraciones de calcio, para transportar el calcio en contra de un gradiente, requiere energía.

La absorción de calcio se realiza especialmente en el intestino proximal (duodeno y yeyuno superior); Estas rutas están reguladas por la hormona 1,25-dihidroxicolecalciferol (Wasserman y Fuller, 1995).

Un aumento en el consumo de calcio reducirá la regulación de los procesos transcelulares saturables e incrementa en forma directa el consumo de calcio; mientras que la disminución del consumo de calcio genera una respuesta opuesta y se asume que los procesos transcelulares son más importantes; Soares (1984), señala que cuando la dieta contiene niveles de calcio adecuados predominan los procesos paracelulares.

La diferencia acerca del requerimiento del tamaño de partícula varía entre las especies animales; como por ejemplo la gallina requiere se le suministre calcio en forma de granulo; ello puede deberse al tiempo de puesta del huevo (Sánchez, 2004).

Actualmente se acepta que la secreción del ácido gástrico predispone el proceso de solubilidad de calcio en el tracto gastrointestinal, por tener la condición de acidez, ayudando a mantener la solubilidad del Calcio y otros minerales, permitiendo una mejor absorción (Dibartola, 2000). El calcio puede ser absorbido cuando se encuentra en estado ionizado.

En los pollos la fracción soluble de calcio se da en el proventrículo, ventrículo y en el intestino delgado la solubilidad es dependiente del pH (Tobin, 2004). Además en el ave cada compartimiento del tracto digestivo presenta un pH y una duración media del tiempo de tránsito del alimento en forma de harina en pollo de engorde de seis semanas de alimentación ad libitum (Gauthier, 2005).

Al nacimiento, el tracto digestivo del pollo se ha desarrollado pero el sistema digestivo está todavía inmaduro (Nir *et al.*, 1993). La máxima proporción de los segmentos del tracto digestivo se alcanza hasta los 5 u 8 días después del nacimiento y ello se debe al incremento del número de eritrocitos por vellosidad. Aunque el mecanismo de absorción del intestino está bien desarrollado al momento de la eclosión, este tiende a continuar su desarrollo hasta igualar o mejorar el consumo de nutrientes (Sell, 1997).

En pollos jóvenes el sistema digestivo es muy sensible entre la primera y tercera semana de edad; siendo sensible a los niveles de calcio; que incrementaría el nivel de pH intestinal de 6.5 a más. Cuando incrementa el pH a básico; el magnesio, zinc, calcio, fósforo forman complejos insolubles disminuyendo su disponibilidad (Cassius, 2005). Cuando el nivel de pH es 6 se da la absorción óptima para el fósforo, pero cuando el pH incrementa a un nivel superior de 6.5, se reduce notablemente la absorción de calcio y fósforo. Por ello altos niveles de calcio o fósforo en el intestino disminuye la absorción de ambos minerales (Anon, 2001, citado por Cassius, 2005).

2.1.3 Funciones del calcio

El organismo animal requiere Ca^{2+} para las funciones vitales intracelulares y extracelulares, aparte de la función de soporte del esqueleto. Según Adeola *et al.* (2005), el calcio es un catión divalente que ejerce una gran diversidad de funciones en el animal, siendo su principal función la formación del hueso, cáscara de huevo y como segundo mensajero intracelular a través del cual las células responden a los estímulos de las hormonas y los neurotransmisores (Hand *et al.*, 2000).

El calcio es el mineral más abundante en el organismo animal; por ello es necesaria su inclusión en la dieta en grandes cantidades a diferencia de otros minerales (Adeola *et al.*, 2005); hablar del calcio, es referirse a un mineral clave necesario para el crecimiento, mantenimiento del tejido óseo, producción de huevos y entre otros (Elaroussi *et al.*, 1994); siendo la estructuración de los huesos una de sus principales funciones.

En los pollos de carne cada vez más, es mayor la exigencia del requerimiento de calcio por el rápido crecimiento que conlleva a la necesidad del desarrollo óseo; Encontrándose en el cuerpo del ave entre 98 a 99% en forma de hidroxapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, con pequeñas cantidades de fosfato de calcio no cristalino y carbonato de calcio (Cassius, 2005) y el 1% restante de calcio se encuentra en el plasma y otros fluidos corporales.

La ceniza del hueso se compone de fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) en un 85 a 88%; siendo el 10% carbonato de calcio (CaCO_3) y 1,5 a 2% de fosfato trimagnésico ($\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$); por lo tanto, la dieta debe proporcionar calcio y fósforo en cantidades razonables (Bissoni, 1993).

El calcio cumple funciones importantes en la constricción y relajación de los vasos sanguíneos, coagulación de la sangre, transmisión nerviosa, activación de enzimas y contracción de los músculos (McDonald *et al.*, 1995); también participa en la permeabilidad de membrana celular, facilita el paso de los nutrientes dentro y fuera de las paredes celulares (Dudek, 1997), e influye en la secreción de hormonas (Alvarado, 2007). Por lo general está asociado con las proteínas plasmáticas como el calcio unido a proteínas (CaBp) o intracelular de proteínas (calmodulina). El calcio se haya en equilibrio tanto dentro como fuera de las células (Cassius, 2005).

La coagulación de la sangre ocurre en presencia de calcio, cuando la protrombina se convierte en trombina, que reacciona con el fibrinógeno para formar el coágulo de sangre (Sturkie, 1968).

El calcio presente en los huesos cumple la función de reservorio del Ion (Sturkie, 1968), encontrándose este último en equilibrio con el calcio ionizado sérico, que se encuentra bajo control homeostático estricto (Hand *et al.*, 2000). El calcio en el tejido óseo se encuentra en un estado constante de movilización y de depósito, debido al crecimiento, mantenimiento y por

las fluctuaciones de las demandas orgánicas de calcio plasmático (Case *et al.*, 1997).

En pollos de carne el crecimiento del esqueleto es mayor durante las primeras dos semanas de vida, tanto en longitud como en anchura (Ángel, 2007); por ello el hueso periosteal tiene cavidades que no están completamente rellenas antes de que tenga lugar la reabsorción endosteal (Whitehead, 2002).

El crecimiento de los huesos largos del pollo tiene lugar según el proceso de osificación endocondrial. Los condrocitos de las placas de crecimiento óseo que pasan por procesos de desarrollo, proliferación y diferenciación; durante la diferenciación, las células secretan una matriz de colágeno intracelular que permite el inicio de la mineralización con fosfato cálcico. A ello le sigue la formación del hueso por la acción de los osteoblastos. Los cambios posteriores del hueso es un proceso continuo de resorción ósea por acción de los osteoclastos, seguida de nueva formación ósea por los osteoblastos (Whitehead, 1995).

El hueso sufre cambios cuando las pollitas alcanzan la madurez sexual. El aumento en el nivel de estrógenos circulantes estimula la formación del hueso, pero de un tipo diferente al estructural (reticulado) formado durante el periodo de crecimiento. El nuevo hueso, denominado hueso medular, es de tipo entrelazado y está formado principalmente sobre la superficie del hueso reticulado ya existente, dentro del tuétano de los huesos de las patas (Whitehead, 1995).

El calcio obtenido de la ración es retenido en un 50% para la formación de la cáscara y el huevo (Etches, 1987); siendo el órgano encargado de la formación de la primera cáscara de huevo el útero (Hurwitz y Bar, 1969), la formación de la cáscara del huevo no se forma a una tasa constante; Clunies y Leeson (1994); concuerda con Soares (1984), quien determinó que la

concentración más baja de calcio en sangre se alcanza a las 14 horas pos ovulación que es el periodo de mayor deposición de calcio en la cáscara (Clunies y Leeson, 1994).

Etches (1987), llega a la conclusión que el paso de calcio de la sangre a la glándula reduciría los niveles plasmáticos de calcio a cero si no hubiese otra fuente disponible, debido a que la deposición de calcio en el cascarón se da en horas de oscuridad y el consumo de alimento es muy bajo; siendo la única fuente que suministra calcio durante este periodo la medula ósea, de tal manera que el cascarón deriva de iones de calcio con iones de bicarbonato (Tullet, 1987).

El cascarón del huevo tiene varias cualidades estructurales, las que se determinan por gravedad específica, grosor del cascarón, propiedades fisiológicas, pérdida de humedad (peso), porosidad y longitud del poro (grosor). Además Juárez (1995), señala que el cascarón se puede considerar como parte de la estructura respiratoria del embrión; además de proteger la estructura del huevo creando una barrera contra la deshidratación, participando en el intercambio de los gases (O_2 y CO_2); es una fuente de calcio en la última etapa del desarrollo del embrión (Packard, 1994).

2.1.4 Deficiencia de calcio

Los minerales pueden clasificarse como esenciales o tóxicos, en concentraciones bajas se produce deterioro consistente y reproducible de la función fisiológica; pero, en concentraciones excesivas se produce efectos farmacológicos tóxicos y los niveles óptimos son los que cubren los requerimientos del animal (Hand *et al.*, 2000). En conclusión un consumo inadecuado se ve reflejada en la disminución de la producción del huevo, peso del huevo, consumo de alimento y densidad del hueso (Narváez-Solarte *et al.* 2006).

La deficiencia de calcio para Kaplan, 2007, es una de las posibles causas de las enfermedades metabólicas óseas siendo generalmente causada por exceso o déficit de calcio, el exceso de fósforo, exceso o déficit de vitamina D₃, poca luz ultravioleta (UV), bajo nivel de proteína o una combinación de estos factores, siendo poco común causada por enfermedad de los riñones, el hígado, el intestino delgado, o de las glándulas paratiroides o tiroides.

En la actualidad la alimentación, la mejora genética, sanidad, el mayor contenido de Ca que P en el organismo y el manejo contribuyen al mayor requerimiento de Ca y P; por lo anterior Rojas (1979), recomienda la suplementación mineral, además la deficiencia de calcio ocasiona reducción del crecimiento, disminución de la mineralización ósea; claudicación, fracturas espontáneas, convulsiones, raquitismo (Hand *et al.*, 2000). Asimismo dietas bajas en calcio incrementan el consumo del alimento, del agua, en comparación con los que están con una dieta adecuada de calcio (Cassius, 2005) y Perry (1984), citado por Cassius, 2005, sostiene que el nivel de calcio en la ración es inversamente proporcional al calcio absorbido a través de la pared del intestino delgado.

El incremento del nivel de fósforo en la ración de pollos incrementa el consumo de agua, alimento y la producción de excreta; pero el incremento del nivel de calcio en la ración disminuye el consumo de alimento pero no afecta contenido de la excreta (Keshavarz, 2001, citado por Cassius, 2005).

2.2 FUENTES DE CALCIO

Las fuentes de calcio son de origen orgánico e inorgánico; siendo los suplementos de calcio más utilizados en los alimentos, el carbonato de calcio (CaCO₃) y harina de hueso, ver Anexo 1.

Las fuentes de calcio de origen inorgánico pueden contener agentes contaminantes debido a que contienen otros minerales como: Mg, Fe y Cu; además dichas fuentes contienen entre 16 a 39% de calcio; Asimismo, el aporte de calcio de las diferentes

fuentes de origen que se adiciona a los alimentos debe ser lo más puro posible, conteniendo a lo más entre 2 a 3% de impurezas, además de contener otro tipo de nutrientes como fósforo (Hand *et al.*, 2000). El carbonato de calcio (CaCO_3) contiene 39% de calcio y la conchuela de ostras 38% (Fraga, 1985).

El control de calidad de los carbonatos incluye precisar la humedad (relacionada con problemas de apelmazamiento), el contenido en Ca y la solubilidad en HCl al 0,2 N como medida indirecta de la digestibilidad in vivo (Zhang y Coon, 1997b).

2.2.1 Fuentes inorgánicas de calcio

El carbonato cálcico (CaCO_3) es considerado como la principal fuente de calcio, siendo obtenida directamente de yacimientos de piedra caliza y pasando posteriormente por un proceso de molienda (Mateos y García, 1998); para ser utilizada en alimentos de los animales; además de brindar un aporte de calcio aproximado de 38%, por su origen el CaCO_3 podría contener agentes contaminantes en cantidades variables de otros minerales.

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 dando malos rendimientos y una excesiva deposición calcárea en las deyecciones, pero parece que las aves son capaces de adaptarse fácilmente cuando el carbonato cálcico de la dieta se cambia de productos de alta a baja solubilidad (Whitehead, 1995); variando la disponibilidad biológica del calcio de las rocas calizas entre el 95 a 100%, aunque dicha disponibilidad puede ser menor (Fraga, 1985).

2.2.2 Fuentes orgánicas de calcio

La conchuela es otra fuente importante de calcio, el cual es obtenido de depósitos geológicos marinos, constituido por valvas o conchas de ciertos moluscos que se trituran. Además el Ca es tan disponible como el de la

pedra caliza pero menos soluble y de tamaño más grueso, por ello está disponible en horas de oscuridad en el sistema digestivo, período durante el cual la gallina no come pero precisa de calcio para la formación de la cáscara. Como consecuencia la suplementación con conchuela generalmente mejora la calidad de la cáscara, especialmente en aves viejas, condiciones de calor y raciones con bajo contenido en calcio total (Mateos y García 1998).

La conchuela generalmente es sometida a tratamientos térmicos previos a su comercialización con el fin de reducir la contaminación microbiana, también puede ser esterilizado con ácido fosfórico y secado posterior a 60 °C durante tres minutos y otras veces se calientan a altas temperaturas (300 a 500 °C). La conchuela brinda un aporte de calcio de 28% a 30% cuando está libre de arena, por ser un producto marino aporta yodo (Rojas, 1979). Además las fuentes orgánicas de carbonato como las conchas de moluscos, cáscaras de huevo tienen una disponibilidad biológica generalmente alta (Fraga, 1985).

El contenido de Calcio de la harina de huesos es 37% y de fósforo 12% (Rojas, 1979); además es una fuente muy utilizada en América Latina. 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, después se cocina hasta sacar la gelatina y finalmente se prensan para remover el exceso de humedad y grasa, luego se secan y muelen.

2.3 SOLUBILIDAD DE CALCIO

La solubilidad de una fuente orgánica o inorgánica se da al colocar la fuente en diversos solventes (Bocanegra, 2008), pero dentro de la solubilidad también existen reglas de peso molecular, ubicación y los disolventes que causan la reacción química.

2.3.1 Técnicas de Solubilidad del calcio

La solubilidad in vitro depende de la fuente de Ca y tamaño de partículas; además la conchuela suele tener menor solubilidad in vitro en comparación con las otras fuentes de piedra caliza de similar tamaño de partículas (Saunders-Blades *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 y 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 correlacionó 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, 1997a); a la misma conclusión llegó Rao y Roland (1989).

El calcio de las diferentes fuentes de origen es solubilizado mediante la agregación de ácido clorhídrico, produciendo dióxido de carbono, agua y cloruro de calcio. Este método permite reconocer todas las rocas que tengan carbonatos de calcio (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 2006).

En los últimos tiempos se ha cuestionado la variación en la solubilidad de las diferentes fuentes de calcio; siendo determinada la solubilidad midiendo los cambios de pH luego de introducir la piedra caliza en una solución de ácido clorhídrico (Zhang y Coon. 1997b), se empieza a solubilizar la fuente de calcio con un pH inicial de 4; siendo deseable que la solubilidad sea del 100% y ello se logra luego de un período de tiempo prolongado; se espera además que esta solubilización se correlacione con una liberación lenta de Ca hacia el torrente circulatorio (Giraldo y Osorio, 2006).

2.3.2 Evaluación biológica del calcio

Las técnicas desarrolladas in vivo permiten conocer, en mayor o menor grado, la influencia de la composición de la dieta sobre la absorción de nutrientes mediante la solubilidad de estos. Respecto a los métodos in vitro, algunos consideran a la solubilidad como indicador de su disponibilidad; mientras que estudios realizados in vivo permiten medir el efecto de diferentes niveles de calcio dietario o su biodisponibilidad evaluando diferentes características de los huesos en animales, por ejemplo tamaño, densidad y grosor del fémur, o por parte de su composición química como sería el contenido de ceniza y calcio (Méndez y Wyatt, 2000).

2.4 REQUERIMIENTO DE CALCIO EN POLLOS DE CARNE

Los niveles de proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales utilizados en las diferentes raciones que integran un programa de alimentación para pollos, normalmente se basan en recomendaciones brindadas por diferentes autores, organismos oficiales nacionales e internacionales o por las empresas proveedoras de la estirpe de ave utilizada. En ese sentido se han publicado las recomendaciones del NRC (1994) citado por Santomá (1994), que se muestran en el Anexo 2, cabe indicar que las recomendaciones del NRC (1994) son necesidades estrictas sin incluir márgenes de seguridad, mientras que las casas de genética incluyen márgenes de seguridad superiores, lo cual explica en parte las diferencias entre los diversos valores recomendados por las distintas instituciones.

Según las recomendaciones del NRC (1994), el requerimientos de Ca en dietas de pollos es 1,0% entre las 0 a 3 semanas de edad; 0,90% entre las 3 a 6 semanas y 0,80% para la 6 a 8 semanas; mientras las recomendaciones de calcio del Cobb 500 (2008) para dietas de pollos de carne son 1% entre los 0 a 10 d (días) de edad (fase de inicio), 0.96% entre los 11 a 22 d (fase de crecimiento), 0.9% entre los 23 a 42d (fase de acabado 1) como se muestra en el anexo 3, sin embargo, estas recomendaciones pueden ser modificadas según el desempeño de las aves (Anexos 4,5,6,), consumo de nutrientes, nivel energético de la dieta, disponibilidad de nutrientes, temperatura ambiental, humedad del aire, estado sanitario, etc. dependiendo de las variables de desempeño (Rostagno, *et al.*, 2005).

2.5 FACTORES QUE AFECTAN LA UTILIZACIÓN DE CALCIO.

La utilización del calcio es afectado por diversos factores, tales como: relación Ca/P, interacción entre minerales (magnesio y zinc), lugar de absorción, la vitamina D₃, grasas, pH, nivel de Ca y P, sal, fibras y otros factores que se describen brevemente en las siguientes secciones.

2.5.1 Interacción entre minerales

El Ca interacciona con varios minerales tales como: fósforo, cobalto, azufre, zinc, magnesio, yodo, manganeso y cobre; actuando algunas de las interacciones, como antagonismo (la presencia de un mineral reduce el transporte o la eficacia biológica del otro) o sinergismo (cuando los minerales actúan de manera complementaria mediante el ahorro o la sustitución del otro mineral no mejorando en conjunto la función biológica). La mayor parte de minerales son antagónicas y se producen a través de diferentes mecanismos debido a interacciones (Hand *et al.*, 2000).

2.5.2 Relación Ca: P

Las raciones alimenticias guardan cierta relación entre Ca:P (Torrent, 1982) y está directamente relacionado con la relación Ca:P de la tibia y fémur de pollos de carne (Núñez, 1999).

La relación Ca:P óptimo para pollos de carne estaba entre 2:1 (Dukes, 1960) y 4:1 Núñez (1999) y Naupay (2001), reportó que la relación 2.5:1 fue el límite y 3.3:1 causo problemas productivos. Además, Escamilla (1958) sugiere que la relación Ca:P recomendado para pollos es 2:1. Asimismo Nelson *et al.* (1965) estudiaron el efecto de la variación de la relación Ca:P desde 2:1 hasta 4:1 en pollos de engorde llegando a la conclusión que la relación 4:1 ocasiona una alta reducción significativa del consumo de alimento y ganancia de peso.

El desbalance del Ca y P es ocasionado por la falta o suministro inadecuado de estos minerales en la dieta, pudiendo ser perjudiciales para pollos

(Damron *et al.*, 2001), originando problemas metabólicos que ocasionan disminución en la performance de las aves, siendo común la discondroplasia tibial (DT) la cual es definida como un desorden esquelético que se presenta en el pollo y pavo en crecimiento mostrándose como una masa persistente de cartílago hipertrofico en la extremidad proximal del hueso tibio-tarsal. En los casos severos las aves pueden cojear y sufrir arqueamiento de los huesos afectados (Merk, 1981).

En investigaciones en pollos de carne demuestran que raciones con altos niveles de P y bajos en Ca; así como bajos niveles de potasio y altos niveles de cloro, aumentan la incidencia de discondroplasia tibial; pero se reduce las anormalidades, tales como: la discondroplasia tibial, patas torcidas, erosión de cabeza femoral cuando las dietas contienen altos niveles de Ca y niveles relativamente bajos de P ó cuando la ración contenía niveles mayores de ambos (Núñez, 1999), ello se debe porque el calcio y fósforo son solubilizados por los ácidos gástricos, pero cuando se suministran en exceso en la ración forman precipitados de fosfato de calcio, reduciendo la absorción de ambos minerales y además de interferir con la absorción de otros minerales (Gereda, 1999).

El nivel de fósforo en la dieta afecta su absorción a nivel intestinal, siendo más eficiente cuando se encuentra a bajas concentraciones; aparentemente la baja concentración de este mineral resulta una menor competencia para su absorción a nivel intestinal, esta eficiencia de absorción es la que ayuda al animal en un estado de deficiencia a continuar viviendo aun cuando se perjudique el crecimiento (Miller, 1982, citado por Gereda, 1999) ello se debe a que cuando se alimenta a las aves con bajo contenido en fósforo, se estimula un aumento en plasma de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, así como de calcio ionizado/total de calcio (Cassius, 2005).

El exceso de fósforo en la ración genera un aumento de su nivel circulante en sangre; generando la disminución de la movilización ósea implicada en el suministro de calcio al útero; por ello altos niveles de fósforo en la ración

conduce a la cesación de la producción de huevos; Por otra parte, al reducir el nivel de fósforo en la dieta disminuye el nivel de fósforo inorgánico que influye sobre el calcio mejorando la calidad de la cáscara (Gereda, 1999).

2.5.3 Magnesio y Zinc

El magnesio es un macromineral, cuya cantidad presente en el organismo es inferior a la del Ca y P; aproximadamente entre el 60 y el 70% del magnesio presente en el organismo se encuentra en los huesos en forma de fosfatos y carbonatos; su función es dar estructura a los huesos (Case *et al.*, 1997). Por ende el magnesio tiene un rol de importancia en la formación de los huesos de las aves (Rojas, 1979); pero el exceso de Mg provoca diarreas y tiende a reducir la utilización del Ca y P; además puede tener efectos negativos sobre la absorción y metabolismo de otros minerales si su contenido en la ración es elevado.

El porcentaje de inclusión de magnesio en la ración de ponedoras desde 0,15 a 0,91% produce una disminución de la producción de huevos y que concentraciones elevadas de magnesio se asocian a un menor porcentaje de cáscara del huevo y a una disminución de la concentración de calcio en sangre, algunos autores atribuyen este efecto a la concentración de magnesio en sangre que es tan efectiva como la concentración de calcio en el control de la secreción de hormona paratiroidea (Piquer, 2002).

El zinc es un componente de más de 200 enzimas de tal manera que participa en diversas funciones fisiológicas como en el crecimiento. Pero el depósito de zinc es limitado en el organismo animal, excepto en el hueso y además tiene un efecto antagónico con el calcio de tal forma que el exceso de calcio potencia la formación del complejo insoluble calcio fitato y zinc (Hand *et al.*, 2000).

2.5.4 Cloruro de Sodio

Raciones o agua con niveles elevados de cloruro sodio (NaCl) pueden interferir con el metabolismo del calcio y tener efectos adversos sobre la calidad de la cáscara. Sin embargo, se ha observado que algunas razas son más resistentes que otras a la presencia de cloruro sódico en el agua y que esta resistencia podría estar relacionada con las concentraciones de sal utilizadas en el pienso durante el proceso de selección (Piquer, 2002).

El calcio desempeña un papel fundamental en el equilibrio ácido-base mediante el mantenimiento de un pH de 7,4 a 7,6 (Cassius, 2005).

2.5.5 Balance electrolítico.

El balance electrolítico dietario (Na+k-Cl en meq/kg) es esencial para las funciones biológicas normales. El exceso de Na⁺ y K⁺ conduce a alcalosis mientras que un exceso relativo de Cl⁻ deriva en acidosis. La situación de alcalosis deprime la puesta mientras que la acidosis tiende a empeorar el proceso de calcificación de la cáscara. Ello demuestra que dichos minerales están relacionados con la calidad de la cáscara (Mateos y Piquer, 1994).

El requerimiento de cloro varía entre 139 a 208 mg/ave/día (Wilson y Harms, 1984). La deficiencia de cloro afecta el contenido de este ión en el albumen y resulta en un aumento de la mortalidad embrionaria; mientras que el exceso de cloro perjudica la calidad de la cáscara (Austic, 1984), por lo que se recomienda mantener la relación sodio: cloro (Mateos y Piquer, 1994).

2.5.6 Estrógenos

Los estrógenos favorecen la retención de calcio y fósforo (Torrent, 1982); concordando con la teoría clásica de que los estrógenos interaccionan más con los osteoblastos que con los osteoclastos (Whitehead, 1995); Si este es el caso, los altos valores de estrógenos promueven el desarrollo del hueso medular y estimulan en el hígado la bioformación de proteínas y lípidos

para la yema; al mismo tiempo incrementan el tamaño del oviducto de la gallina para que tenga la capacidad de elaborar los diferentes componentes del huevo como la albúmina, etc. (Rueda, 2004).

Whitehead (2002) llegó a la conclusión que el incremento de los niveles de estrógeno al comienzo de la madurez sexual de las pollitas estimula a los osteoblastos para producir el hueso medular y es este osteoblasto es el que previene la resorción del hueso estructural.

Las aves tienen gran demanda de calcio en la época de puesta, han desarrollado una estructura ósea especial, el hueso medular, cuya formación se inicia por la acción de los estrógenos desde el momento de la madurez sexual, junto con una depresión de la formación de hueso estructural (Piquer, 2002), lo que puede ser una de las causas de la osteoporosis después de un período largo de puesta.

La puesta de huevo eleva los niveles de calcio en el plasma y ello es controlado por estrógenos endógenos, los que a su vez estimulan la aparición de fosfoproteínas en el plasma las que tienen capacidad de fijar el calcio (Sturkie, 1968).

2.5.7 Fibra y grasas.

La fibra es inhibidora de la absorción intestinal de calcio, debido a que atrapa al calcio favoreciendo la excreción en las heces (Méndez y Wyatt, 2000); mientras las cantidades de grasa ingeridas en la ración influyen en el tiempo de tránsito del calcio a través del tracto digestivo. Por ello cantidades moderadas de grasa aumenta el tiempo de tránsito y con ello incrementa la absorción del calcio por la mayor permanencia. La acidez de los jugos gástricos, especialmente ácido clorhídrico que es liberada por el estómago, es el responsable de disminuir el pH del contenido del tracto digestivo en el intestino delgado; favoreciendo la disociación y por tanto la absorción (Cassis, 1984).

2.5.8 Granulometría.

El tamaño de partícula de la fuente de calcio en las aves es importante para la nutrición, debido a que existen estudios que demuestran que suministrar el calcio en forma de harina, tiene una retención del 60%, para mejorar dicha retención se suministra el calcio en forma de partículas o gránulos (Lichovnikova, 2007).

Al suministrar carbonato de calcio en forma de partículas de más de 0,8 mm de diámetro, incrementa el tiempo de retención en la molleja y la solubilidad in vivo, aunque este efecto depende también del origen del carbonato cálcico. La mayor retención de calcio en la molleja se observó con partículas de diámetro superior a 2 mm (Zhang y Coon, 1997a).

Diversos estudios indican efectos positivos del uso de partículas gruesas de calcio sobre la calidad de la cáscara, siendo los estudios de larga duración los que indican que las fuentes de calcio menos solubles in vitro dan mejor calidad de cáscara que fuentes más solubles in vitro. Además, el uso de carbonato cálcico en forma de partículas de más de 3mm de diámetro tiene un efecto positivo sobre la proporción de hueso medular y la resistencia a la rotura (Piquer, 2002). Con lo mencionado concuerda Saunders-Blades *et al.* (2009) quienes llegaron a la conclusión que a mayor tamaño de partícula de Ca mejora la calidad del hueso.

2.6 FUENTES DE CALCIO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE CARNE.

Existe una gran variedad de alimentos usados como fuentes de calcio en la alimentación animal. Dependiendo el contenido nutricional de estas fuentes en parte del contenido y de la disponibilidad biológica presente (Huayamares, 1994).

Al alimentar pollos de carne con raciones que contienen como fuente calcio, roca fosfatada Bayóvar y harina de huesos, sola o combinadas; se produjo una disminución en el incremento de peso cuando se suplemento a cada una como única

fuelle de calcio, en cambio la combinación de ambas mejoró la conversión alimenticia (Espada, 1975 y Vicente, 1977).

Al evaluar la roca fosfatada de Bayóvar en pollos parrilleros se determinó un mayor consumo de alimento comparado con los tratamientos que contenían harina de hueso (Espada, 1975)

En pollos de carne se evaluó el efecto del fosfato dicálcico dihidratado, fosfato monodicálcico y la harina de huesos, llegando a la conclusión que la suplementación con fosfato dicálcico dihidratado en combinación con 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 fósforo en la tibia en pollos de 21 días, pero a los 42 días no se hallaron diferencias (Navarro, 1993).

Alimentar gallinas Leghorn con una dieta comercial de 2% de conchuela, observaron que el consumo alimenticio disminuyó con la suplementación de conchuela (Fujinaka, *et al.*, 2000). Mientras que Keshavarz y Scott (1993) al evaluar el efecto de dos fuentes de calcio de similar tamaño de partícula (harina de carbonato de calcio y harina de conchuela); obtuvieron como resultado una mayor ganancia de peso y consumo de alimento, cuando la ración contenía 3% de calcio en comparación con los otros niveles, pero los resultados obtenidos fueron menores en las aves alimentadas con harina de conchuela que para las otras fuentes de calcio. Asimismo, Scheideler (1998), llegó a similar conclusión al evaluar gallinas de primer ciclo de postura con las dos fuentes de calcio, pero obtuvo mejor calidad de cáscara con la combinación de tamaños de partícula.

La necesidad de calcio se incrementa con la edad de las aves, ello se debe a la disminución de reservas de calcio en los huesos; por ello en aves en el segundo ciclo de postura la producción de huevos disminuye y son más grandes. Cachoni *et al.*, 2008, realizó un experimento con gallinas semi-pesados y evaluaron el efecto

de los niveles de calcio (2,6, 3,2 y 3,8%), tamaño de partícula (4 tamaños) y la sustitución entre fuentes de calcio sobre la calidad de los huevos, etc., no hallando diferencias significativas en los tratamientos sobre la calidad interna del huevo, pero sí obtuvieron diferencias en los niveles de calcio, en la calidad de la cáscara, obteniéndose mejores resultados para 3,8% de calcio y con tamaño de partícula gruesa de piedra caliza y ostras molidas; llegando a la conclusión que se mejora la producción con el incremento del nivel de calcio y con la sustitución del carbonato en forma de harina de buena calidad por gránulos de carbonato de calcio o de ostras.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 SOLUBILIDAD IN VITRO

3.1.1 Lugar de ejecución

La determinación de la solubilidad, de las fuentes de calcio, mediante las técnicas de porcentaje de pérdida de peso y cambio de pH con HCl al 0.2N se llevaron acabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA), Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia; Universidad Nacional Agraria la Molina.

3.1.2 Productos a Evaluar

Se evaluaron las siguientes fuentes de calcio, orgánico e inorgánico; de dos tamaños de partícula, realizándose tres réplicas a cada muestra.

Harina de Carbonato de calcio: fuente de calcio inorgánica con tamaño de partícula de 180 μm .

Carbonato de calcio granulado: fuente de calcio inorgánica con tamaño de partícula de 4mm.

Harina de Conchuela: fuente de calcio orgánica con tamaño de partícula de 180 μm .

Conchuela granulada: fuente de calcio orgánica con tamaño de partícula de 4mm.

3.1.3 Tratamientos

Se evaluaron 8 tratamientos, obtenidos al evaluar dos fuentes de calcio, con dos tamaños de partícula por medio de dos técnicas In Vitro.

T1: Harina de Carbonato de calcio por la técnica de Pérdida de peso.

T2: Carbonato de calcio granulado por la técnica de pérdida de peso.

T3: Harina de Carbonato de calcio por la técnica de cambio de pH.

T4: Carbonato de calcio granulado por la técnica de cambio de pH.

T5: Harina de Conchuela por la técnica de Pérdida de peso.

T6: Conchuela granulado por la técnica de pérdida de peso.

T7: Harina de Conchuela por la técnica de cambio de pH.

T8: Conchuela granulado por la técnica de cambio de pH.

3.1.4 Técnica de porcentaje de pérdida de peso

La utilización del método In Vitro mediante la técnica de porcentaje de pérdida de peso es importante para determinar la solubilidad de las fuentes de calcio; siendo de fácil aplicación y alta confiabilidad (Zhang y Coon, 1990).

a. Materiales.

- Ácido clorhídrico (HCl) al 0.1 N
- Agua destilada
- Beakers de 400ml
- Balanza digital
- Estufa para llevar a baño Maria
- Estufa
- Papel Whatman N° 42

b. Método

Se agrega al beaker, 100 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 0.1N, dejado en reposo y luego se calienta durante 15 minutos en baño maría a 42°C. A continuación, se adiciona lentamente 2 g de cada una de las fuentes de calcio. Después de 10 minutos es filtrado con papel Whatman N° 42

arrastrando el contenido de calcio con el agua destilada. La parte retenida en el filtro es secada durante 12 horas en una estufa ventilada a 105°C y finalmente pesado.

Obteniéndose el porcentaje de solubilidad mediante la siguiente formula.

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{(\text{Peso final} - \text{peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.1.5 Técnica de cambio de pH.

La utilización del método In Vitro de cambio de pH utilizó HCl al 0.2N (Zhang y Coon, 1997b).

a. Materiales:

- Ácido clorhídrico (HCl) al 0.2 N
- Beakers de 400 ml
- Branza digital
- Calculadora (para realizar las diferentes operaciones)
- Electrodo para medir el pH.
- Estufa para llevar a baño maría

b. Método:

Calentar el agua en baño maría a 42°C (107°F) a una profundidad de 4cm. Adherir 200 ml de HCl al 0.2N en el beaker de 400 ml y mantenerlo en baño maría por un periodo de 15 minutos con oscilaciones de 80hertz (rev/min). Agregar 2 g de cada una de las fuentes de calcio en un beaker; se prepara dos muestras para una misma fuente; una muestra servirá para el control (pH inicial) y el otro servirá para el ejemplo (pH final). Se debe de mantener a 80hertz y 42°C durante el periodo de incubación. Después de 10 minutos de reacción se hace la medición de pH de la solución control y diez minutos después se hace la medición del pH de la solución ejemplo. La medida de pH para el ejemplo y el control

se hace después de agitar la solución vigorosamente mediante el proceso de homogenización.

Calculo:

Cambio de pH = pH del ejemplo - pH del control = x natural

Ln de X natural = Z

Euacion: Y

$$Y: 22.045 + 5.9277 \text{Ln}(z) - 1.2494 \text{Ln}(z)^2 - 0.36916 \text{Ln}(z)^3$$

3.1.6 Diseño experimental

Se utilizó para la fase in vitro, el diseño completamente al azar con arreglo factorial para el análisis de solubilidad de las fuentes de calcio.

El modelo aditivo lineal, según Calzada (1980) para el diseño completamente al azar con arreglo factorial fue el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Con $i = 1, 2$; $j = 1, 2$ y $k = 1, 2, 3$

Dónde:

Y_{ijk} : la solubilidad (%) en la i-ésima fuente de calcio de la j-ésima granulometría de la k-ésima repetición de la técnica In vitro.

μ : efecto de la media general.

α_i : el efecto de la i-ésima fuente de calcio.

β_j : el efecto de la j-ésima granulometría.

$\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción i-ésima fuente de calcio con la j-ésima granulometría.

ϵ_{ijk} : es el efecto del error experimental en la solubilidad en la i-ésima fuente de calcio de la j-ésima granulometría de la k-ésima repetición de la técnica In Vitro.

3.2 EVALUACIÓN BIOLÓGICA

3.2.1 Lugar de ejecución

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LNAA), Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia. Las dietas fueron preparadas en la Planta de Alimentos Balanceados, Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos, Facultad de Zootecnia.

3.2.2 Instalaciones y equipos

Los pollos fueron criados en baterías con calefacción controlada en la **fase de inicio** (0 a 21 días) y en la **fase de crecimiento** (22 a 42 días), se usaron jaulas de estructura metálica con piso de alambre, las jaulas de inicio de cinco pisos, cada uno de ellos con dos compartimientos, dos comederos laterales y un bebedero en la parte frontal. Las baterías de crecimiento de cuatro pisos con dos compartimientos, dos comederos laterales y un bebedero frontal por compartimiento.

3.2.3 Fuentes de calcio.

a. Harina de Carbonato de calcio.

El carbonato de calcio en harina es una fuente de calcio inorgánica muy utilizada en la alimentación animal, es de color blanco cremoso, fino, inoloro, insaboro, estable en el aire, insoluble en agua; además el tamaño de partícula es 180 μm y contiene 39.68% de calcio.

b. Harina de Conchuela.

La harina de conchuela es una fuente de calcio de origen orgánico, es un producto nacional perteneciente a yacimientos marinos, el porcentaje de calcio que contiene es 38.81%; además es de color crema y el tamaño de partícula es 180 μm .

3.2.4 Animales experimentales

Se emplearon 80 pollos machos de la línea Cobb 500, de un día de edad. Los que fueron distribuidos al azar en 8 unidades experimentales de 10 pollos por cada unidad experimental para la fase de inicio. En la fase de crecimiento se utilizaron 40 pollos distribuidos en 8 unidades experimentales con 5 pollos cada unidad. Los 40 restantes se sacrificaron para determinar el porcentaje de ceniza y calcio de las tibias.

3.2.5 Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos con dos diferentes fuentes de calcio.

T1: Harina de Carbonato de calcio.

T2: Harina de Conchuela.

3.2.6 Dietas

Se utilizaron dos dietas experimentales, que fueron tomadas, utilizando el programa lineal por computadora para la fase de inicio y crecimiento; el contenido nutricional estimado de las formulas se muestra en el cuadro 1; el análisis químico proximal se muestra en el cuadro 2. Las dietas fueron formuladas siguiendo las recomendaciones del manual Cobb 500 (2008); la dieta basal de la fase inicio contenía 3.00 Mcal/Kg de alimento, 23.86% de proteína, 1% de calcio y 0.5% de fósforo disponible. La dieta basal de la fase de crecimiento contenía 3.16 Mcal/Kg de alimento, 20.53% de proteína total, 0.9% de calcio y 0.42% de fósforo disponible. Las fuentes suplementarias de calcio estaban constituidas por harina de carbonato de calcio como fuente inorgánica y harina de conchuela como fuente de calcio orgánico las cuales se adicionaron a las dietas en cada fase. Cabe mencionar que las fuentes de calcio granuladas no fueron evaluadas.

CUADRO 1: Fórmulas y contenido nutricional calculado de la dieta de inicio y crecimiento

Ingrediente	DIETA			
	Inicio		Crecimiento	
	T1	T2	T1	T2
Maíz grano amarillo	52.93	52.93	59.82	59.82
Torta de Soya 47	40	40	32.0	32.0
Aceite Vegetal	2.6	2.6	4.00	4.00
Fosfato Dicalcico	2.0	2.0	1.64	1.64
Harina de Carbonato de calcio	1.23	-	1.24	-
Harina de Conchuela	-	1.23	-	1.24
Sal común	0.42	0.42	0.40	0.40
DL-Metionina	0.34	0.34	0.30	0.30
L-Lisina	0.16	0.16	0.22	0.22
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10	0.10	0.10	0.10
CL. Colina,60	0.10	0.10	0.10	0.10
Inhibidores de hongos	0.10	0.10	0.16	0.16
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100	100	100	100
CONTENIDO NUTRICIONAL				
Mat. Seca %	88.48	88.47	88.26	88.26
Proteína Bruta %	23.86	23.862	20.53	20.53
Fibra Cruda %	2.93	2.93	2.8	2.8
Extracto Etereo %	4.87	4.87	6.45	6.45
EM. Aves, Mcal/KG	3.00	3.00	3.16	3.16
Lisina %	1.44	1.44	1.25	1.25
Metionina %	0.71	0.71	0.62	0.62
Met-Cist %	1.09	1.09	0.96	0.96
Arginina %	1.64	1.64	1.38	1.38
Treonina %	0.93	0.93	0.8	0.8
Triptofano %	0.35	0.35	0.29	0.29
Calcio%	1	1	0.9	0.9
Fosf. Disp. %	0.5	0.5	0.42	0.42
Sodio%	0.18	0.18	0.17	0.17
Ac. Linol. %	2.52	2.52	3.29	3.29

T1: Harina de Carbonato de calcio; T2: Harina de Conchuela.

3.2.7 Alimentación

El alimento fue suministrado a las aves ad libitum.

3.2.8 Análisis Químicos

Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

Se tomaron las muestras que contenían harina de conchuela en las diferentes etapas de evaluación, para su análisis químico proximal (cuadro 2). Asimismo se determinó el porcentaje de calcio y ceniza del tejido óseo de las tibias de pollos machos de 21 días de edad.

CUADRO 2: Análisis químico proximal de las dietas experimentales de las fases de inicio y crecimiento.

Composición	DIETA	
	Inicio	Crecimiento
Humedad %	10.83	10.73
Proteína Bruta%	23.18	18.85
Extracto Etéreo %	5.84	6.83
Fibra %	2.45	2.01
Ceniza %	6.5	4.66
ELN %	51.20	56.92
Calcio%	1.24	0.95

Laboratorio de Evaluación Nutricional de alimentos (LENA).

3.2.9 Controles Efectuados

a. Peso Vivo y Ganancia de peso vivo

Al inicio del experimento se pesaron los pollos por cada unidad experimental. Posteriormente el control de pesos fue semanal y se registró, a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días. Las pesadas se realizaron con una balanza electrónica de 5 Kg con una sensibilidad de 0.5 g.

b. Consumo semanal de alimento (CSA)

Se registró semanalmente la cantidad del alimento ofrecido a las unidades experimentales. Al finalizar la tercera semana (fin de la fase de inicio) y hasta la sexta semana (fin de la fase de crecimiento), se pesó el alimento residual de los comederos, siendo el consumo real del alimento el resultado de la diferencia del alimento ofrecido con el residual.

$$\text{CSA} = \text{Peso del alimento ofrecido} - \text{peso del residuo.}$$

c. Conversión de alimento (CA)

El cálculo de la conversión alimentaria de cada unidad experimental para cada fase de evaluación, se efectuó con los datos del consumo de alimento y la ganancia de peso.

$$\text{CA} = \frac{\text{Consumo de alimento por semana}}{\text{Ganancia de peso por semana}}$$

$$\text{CA, total} = \frac{\text{Consumo de alimento total}}{\text{Ganancia de peso}}$$

d. Determinación de la ceniza y el calcio de la tibia.

Al término de la primera fase, se tomaron al azar 8 pollos por tratamiento, los cuales se sacrificaron para obtener sus tibias y efectuó la determinación de calcio y cenizas de tibias, se utilizó el método de la A.O.A.C. (1980).

e. Diseño experimental

Se utilizó para la fase de inicio y de crecimiento el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 2 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, cada repetición con 5 pollos. Se efectuó el análisis de varianza y prueba de significación de Tukey, para los siguientes parámetros: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia; porcentaje de calcio y el porcentaje de ceniza de la tibia.

El modelo aditivo lineal, según Calzada (1980) para el diseño completamente al azar, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Con $i = 1, 2$; $j = 1, 2, 3, 4$

Donde:

Y_{ij} : La respuesta productiva en el i -ésima fuente de calcio de la j -ésima repetición.

μ : Media poblacional.

T_i : Efecto del i -ésima fuente de calcio.

E_{ij} : Es el efecto del error experimental en la respuesta productiva de la i -ésima fuente de la j -ésima repetición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SOLUBILIDAD IN VITRO

Las fuentes de calcio y los resultados de la solubilidad in Vitro determinada por la técnica de pérdida de peso; descrito por Zhang y Coon (1990) y por la técnica de cambio de pH; descrito por Zhang y Coon (1997b) se presentan en el cuadro 3; siendo la harina de carbonato de calcio la que presenta mayor solubilidad, seguida de la harina de conchuela, carbonato de calcio granulado y conchuela granulada, respectivamente.

La solubilidad de la fuente de calcio orgánica hallada mediante las técnicas de pérdida de peso y cambio de pH es mayor que la solubilidad obtenida de la fuente inorgánica, hallándose diferencia estadísticas significativas de solubilidad entre las fuentes de calcio; además existe diferencias de solubilidad en relación a la granulometría; a mayor tamaño de partícula menor solubilidad (Anexo 7 y 8).

En la solubilidad in Vitro hallada en ambas técnicas; pérdida de peso y cambio de pH, la harina de carbonato de calcio tiene mayor solubilidad, seguida de la harina de conchuela, carbonato de calcio granulado y conchuela granulada, respectivamente. La variabilidad de la solubilidad se debe al tamaño de la partícula, la porosidad de la misma y el tiempo que transcurre la muestra con el ácido; tal como lo explica Melo *et al.* (2006), al evaluar la solubilidad in vitro de algunas fuentes de calcio utilizadas en la alimentación animal, concluyendo que la solubilidad de las fuentes de calcio está influenciada por las características físico químicas y no solo por la granulometría; a ello se debe que diferentes fuentes pero con igual tamaño de partícula presentan diferente porcentaje de solubilidad.

CUADRO 3: Porcentaje de solubilidad in Vitro de las fuentes de calcio, determinada por la técnica de porcentaje de pérdida de peso (WLM) y Cambio de pH

Muestra	% solubilidad in Vitro	
	Pérdida de peso	Cambio de pH
	83.19	90.82
	83.12	90.80
	83.16	90.80
Harina de Carbonato de calcio	83.16	90.81
	54.18	53.67
	54.14	53.67
	54.17	53.65
Carbonato de calcio granulado	54.16	53.66
	76.94	78.62
	76.95	78.58
	76.99	78.59
Harina de Conchuela	76.96	78.60
	46.88	51.45
	46.85	51.43
	46.89	51.43
Conchuela granulada	46.87	51.44

Se utilizó el diseño completamente al azar en arreglo factorial para el cuadro de solubilidad.

La harina de conchuela, con un menor contenido de Calcio que la harina de carbonato de calcio, presento menor solubilidad, esto puede estar relacionado a la composición de la fuente; el calcio presente en la conchuela proviene de una fuente orgánica, según Assoumani (1997), citado por Melo *et al.* (2006) llego a la conclusión que existe diferencias de solubilidad entre las muestras debido al tamaño de partícula; a mayor tamaño menor solubilidad, teniendo este un rol positivo en gallinas ponedoras debido al requerimiento de calcio para la formación del huevo en horas de oscuridad.

La solubilidad de una fuente orgánica o inorgánica incrementa cuando permanece mayor tiempo en el ácido clorhídrico, como lo explica Zhang y Coon (1997b); además se desea que la solubilidad sea lo más cercano al 100% y que esta solubilización se correlacione con la liberación de Ca hacia al torrente circulatorio.

La solubilidad de la harina de carbonato de calcio y la harina de conchuela obtenida es diferente a la obtenida por Melo *et al.*, (2006) quienes obtuvieron 52.37 % para el carbonato de calcio y 74.29% para la harina de conchuela en sus análisis de solubilidad in vitro por la técnica de porcentaje de pérdida de peso (WLM). Ello se puede deber al tamaño de partícula y la fuente de origen de las muestras; ya que Melo *et al.* (2006), utilizó muestras tamizadas en malla de 1.0 mm; mientras en este trabajo de investigación el tamaño de los granulados era 4mm y las harinas 180 μ m.

La solubilidad de la harina de carbonato de calcio y la harina de conchuela es mayor a la obtenida de las fuentes granuladas, los mismos resultados fueron obtenidos por Blas *et al.* (2003); ello puede deberse al área de exposición de la muestra al acido; por ello una muestra de menor tamaño presenta mayor área de superficie. Siendo favorable la diferencia de solubilidad para la suplementación en la ración de las aves de postura y en raciones de bajo contenido de calcio total.

La solubilidad del carbonato de calcio granulado es 53.66% y de la conchuela granulada es 51.44%, ambas con un tamaño de partícula de 4mm. Estos resultados son mayores a los reportados por Zhang y Coon (1997b) cuando evaluaron el

carbonato de calcio y la conchuela ambas de forma granulada cuyas muestras tienen un tamaño de partícula 3.4 a 4 mm; dicha diferencia puede deberse a la composición de la fuente de origen.

La solubilidad in vitro del carbonato de calcio granulada hallado fue similar a los reportados por Calmet *et al.* (2002) quienes determinaron que la solubilidad del carbonato de calcio granulada fue de 56%; mientras 28.5% es para la conchuela granulada, ambas con un tamaño de partícula de 4mm; en el carbonato de calcio en harina tiene una solubilidad de 94.77 a 95.49% mientras que la solubilidad obtenida en este estudio para la harina de carbonato de calcio fue 90.81%; las diferencias halladas pueden deberse a la pureza de la fuente de origen, al tiempo en el ácido clorhídrico y al nivel de concentración en Normalidad de HCl, dichas diferencias se pueden deber a que Calmet *et al.* (2002) trabajaron con HCl al 0.1 N y en este estudio se utilizó HCl 0.2N de; ello nos indica que a mayor acidez mayor concentración de iones H^+ y estos reaccionan con el $CaCO_3$ de las fuentes de calcio, incrementando la solubilidad. Influyendo también las características físico químicas en las fuentes utilizadas.

La característica de solubilidad en una solución de HCl permite diferenciar las propiedades físico-químicas de la sustancia y su forma química en relación al pH; cuando el pH es bajo (solución HCl) la solubilización es alta para las fuentes inorgánicas y media para las orgánicas. Cuando simulamos el proceso de digestión, con un pH a nivel del que se registra en el proventriculo y molleja (pH cercano a 2) y luego una elevación del pH de 5 a más (en el duodeno y yeyuno), volviendo a ser insoluble cuando el pH se alcaliniza.

4.2 EVALUACIÓN BIOLÓGICA

4.2.1 Fase Inicio (21 días)

a. Peso Vivo y Ganancia de Peso

En los pesos vivos y la ganancia de peso semanal entre tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los pollos que recibieron las dietas experimentales (anexos 11).

Las aves fueron alimentadas con 1% de calcio, el cual provenía de dos fuentes diferentes (orgánica e inorgánica), no hallándose diferencias estadísticas significativas entre el peso vivo y la ganancia de peso a los 21 días entre tratamientos (Anexo 12 y 13).

Aunque los resultados estadísticos no muestran diferencias significativas entre ambos tratamientos, se observa una ligera tendencia a obtener ligeras mejoras de pesos corporales con harina de conchuela en la fase de inicio (cuadro 4 y Anexo 9).

Así el peso vivo obtenido en pollos, de la línea Cobb500 para la fase de inicio a los 21 días de edad, alimentados con el tratamiento con la harina de carbonato de calcio fue de 820.3 g; mientras que fue 843.5 g con la harina de conchuela, sin embargo el peso de 885 g es el peso recomendado por la Cobb 500 (2008). Mientras el peso vivo de pollos de carne (machos y hembras) sugerido por Lázaro y Mateos (2008) es de 840 g. Las variaciones de los resultados pueden deberse a muchos factores tales como la ración, líneas genética, etc.

La ganancia de peso de los pollos en la fase de inicio alimentados con harina de carbonato de calcio y harina de conchuela fueron de 796.0 g y 798.3 g respectivamente; mientras que la ganancia de peso esperados en el manual Cobb 500 (2008) es de 844 g (anexo 10); la ganancia de peso de pollos puede variar debido a varios factores, tales como temperatura, medio ambiente, manejo, ración.

Similarmente, Anderson *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 (Ca), la fuente y el tamaño de las partículas; sin embargo el rendimiento no se vio afectada por la fuente de Ca en dietas con 0.9% de Ca.

CUADRO 4: Efecto de las dos fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollo de carne en la etapa de inicio, crecimiento y el porcentaje de ceniza y calcio en tibia

Parámetros	Harina de Carbonato de calcio	Harina de Conchuela
INICIO (1-21 días)		
Inicio inicial 1 día , g	47,4 ^a	45,2 ^a
Peso a los 21 días, g	820.38 ^a	843,5 ^a
Ganancia de peso, g	796.0 ^a	798,3 ^a
Consumo de alimento, g	1113,1 ^a	1081,9 ^b
Conversión alimenticia, Kg	1,40 ^b	1,36 ^a
Ceniza en tibia, %	57.63 ^a	58.74 ^a
Calcio en tibia, %	42.24 ^a	40.31 ^a
CRECIMIENTO(22-42días)		
Peso a los 42 días, g	2663.70 ^a	2666,26 ^a
Ganancia de peso, g	1820.23 ^a	1822.82 ^a
Consumo de alimento, g	3156.28 ^a	3084.53 ^a
Conversión alimenticia, Kg	1.63 ^a	1.59 ^a

b. Consumo de alimento.

Los resultados del consumo de alimento en la fase de inicio de pollos se presenta en el cuadro 4 y anexo 9; hallándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en las dietas experimentales (anexos 14).

El consumo de alimento de los pollos machos de la línea Cobb 500 para la fase de inicio alimentados con el tratamiento con harina de carbonato de calcio y harina de conchuela fue 1113.1 g y 1081.9 g respectivamente, mientras 1100 g es el consumo de alimento dado por el suplemento informativo Cobb 500 (2008); pero el promedio del consumo de alimento de los pollos de carne obtenido por Lazaro y Mateos (2008) es 1183 g las variaciones de los resultados puede deberse a la época del año, la línea genética, etc.

Guinotte y Monredont (1991) expresaron que las características físico-químicas de las fuentes de calcio varían en relación al origen y tamaño de partícula, mientras la composición mineral, la solubilidad aparente, la superficie, el volumen poroso, la gravedad específica y la compresibilidad se relacionan más con el tamaño de la partícula de calcio que a su origen. Al evaluar la retención de calcio de conchas de mar tratada con ácido fosfórico, conchas de ostras y piedra caliza con dos tamaños de partícula se obtuvo una mayor retención de calcio a mayor tamaño de partícula; por otro lado al evaluarse en 98 pollos de engorde los parámetros productivos consumo de alimento y ganancia de peso; se obtuvieron mejores resultados en aquellos que fueron alimentados con carbonato de calcio de origen inorgánico.

c. Conversión alimenticia (CA).

Al análisis de varianza de la conversión alimenticia se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los pollos que recibieron las dietas experimentales (Anexo 15).

Las aves fueron alimentadas con 1% de calcio en la dieta; la cual provenían de dos fuentes diferentes (orgánica e inorgánica), hallándose diferencia en la conversión alimenticia.

La conversión alimenticia obtenido en pollos machos de la línea Cobb 500 para la fase de inicio (1 a 21 días) alimentados con el tratamiento harina de carbonato de calcio y harina de conchuela fueron de 1.40 y 1.36 respectivamente, mientras que 1.25 es la conversión acumulada promedio para la fase de inicio dado por el suplemento informativo Cobb 500 (2008). Entonces de acuerdo a los resultados hallados entre los tratamiento, el tratamiento con harina de conchuela tuvo mejor conversión alimenticia en relación a la harina de carbonato de calcio, ello se debe a que hubo un mayor consumo de alimento en el tratamiento con carbonato de calcio.

d. Porcentaje de Ceniza de las tibias.

El porcentaje de ceniza en la tibia de pollos de 21 días de edad. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Anexos 16).

El porcentaje de ceniza obtenido de los tratamientos se muestran en el cuadro 4 obteniéndose 57.63 y 58.74% de ceniza en la tibia de los pollos que recibieron diferentes tratamientos, uno alimentado con fuente inorgánica y la otra de fuente orgánica.

El resultado obtenido en el porcentaje de ceniza de la tibia de pollo de 21 días de edad, alimentado con carbonato de calcio en harina es 57.63% mientras que Barbosa *et al.*, 2007 al evaluar diferentes fuentes de calcio en dietas de pollos de 28 días de edad obtuvieron el porcentaje de ceniza de las tibias 51,75 y 51,50% al alimentar con dos fuentes de roca caliza, la variación del contenido de ceniza puede deberse a la calidad de la fuente. Pero el porcentaje de ceniza de la tibia en pollos de

28 días de edad obtenido por Armas y Chicco (1971) fue 49.6% cuando las aves recibieron una ración con 0.2% de Ca, esta diferencia se puede atribuir a la fuente y al requerimiento de calcio del ave.

Según Whitehead (1995), los niveles óptimos de calcio y fósforo se han establecido para maximizar la producción de huevos y la calidad de la cáscara, pero mencionan que se conoce poco en relación con la calidad del hueso y que el suministro de calcio en forma de conchuela puede mejorar la calidad de la cáscara, el componente medular de los huesos y con ello el porcentaje de ceniza; pero Keshavarz y Scott (1993), en un experimento con gallinas alimentadas con tres niveles de calcio (3, 3.5 y 4%) y cuatro formas de suplementación: harina de carbonato de calcio, harina de conchuela; 2/3 de harina de carbonato de calcio con 1/3 de harina de conchuela y 2/3 de harina de conchuela con 1/3 de harina de carbonato de calcio llegaron a la conclusión que las dietas de los tratamientos no influencia en la ceniza de los huesos.

El contenido de cenizas de la tibia obtenida fue mayor a 42% en los dos tratamientos evaluados lo que indica que el ave presenta una estructura ósea normal, ello es confirmado por Holmes *et al.* (1931) quienes al investigar en pollos, determinaron que el porcentaje de ceniza (42%) es la demarcación entre considerar a un ave raquítica o un ave con buen desarrollo óseo.

e. Porcentaje de calcio de las tibias.

En el porcentaje de calcio en la tibia de pollos de 21 días de edad entre tratamientos evaluados, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (anexos 17).

El porcentaje de calcio obtenido de los tratamientos se muestran en el cuadro 4, obteniéndose 42.24 y 40.31% de calcio en la tibia de los pollos que recibieron diferentes tratamientos, uno alimentado con fuente inorgánica y la otra de fuente orgánica. Estos resultados no concuerdan con los resultados citados por Mateos y García (1998)

quienes sostienen que el porcentaje de calcio de la harina de huesos es 24.8% ello puede deberse a la edad del ave ya que el calcio es un mineral indispensable para el crecimiento, desarrollo del esqueleto y formación de la cáscara del huevo. En la primera etapa de vida los huesos empiezan a ganar masa ósea hasta llegar a la edad adulta en que la actividad ósea se limita al mantenimiento de los huesos.

El resultado obtenido en el porcentaje de calcio de la tibia de pollo de 21 días de edad, alimentado con harina de carbonato de calcio es 42.24% mientras Barbosa *et al.*, 2007, al evaluar diferentes fuentes de calcio (roca caliza) en dietas de pollos de 28 días de edad obtuvieron 35,21 y 35,14% de ceniza en las tibias; esta variación puede deberse a la biodisponibilidad relativa entre las fuentes; ya que el calcio es requerido para mantener el nivel de mineralización ósea de la tibia en las tasas de satisfactoria.

4.2.2 Fase Crecimiento (22 a 42 días)

a. Peso Vivo y Ganancia de Peso.

Los pesos vivos y la ganancia de peso semanal entre tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los pollos que recibieron las dietas experimentales evaluadas (anexos 18 y 19).

Las aves fueron alimentadas con 0.9% de calcio las que provenían de dos fuentes diferentes (orgánica e inorgánica), no hallándose diferencia estadísticas significativas entre el peso vivo y la ganancia de peso promedio como se observa en el cuadro 4 y anexo 9.

El peso vivo obtenido en pollos machos de la línea Cobb 500 para la fase de crecimiento (22 a 42 días) alimentados con harina de carbonato de calcio y harina de conchuela fue 2663.70 y 2666.26 g respectivamente, mientras 2839 g es el peso dado para pollos machos de la línea Cobb 500

por el suplemento informativo Cobb 500 (2008) y 2550 g es el promedio de peso vivo de pollos de carne (machos y hembras) obtenido por Lazaro y Mateos (2008), la diferencia entre los resultados es debido a que los datos obtenidos por Lazaro y Mateos (2008) son el promedio entre machos y hembras.

La ganancia de peso de los pollos en la fase de crecimiento (22 a 42 días) alimentados con el tratamiento harina de carbonato de calcio y harina de conchuela obtenida fue 1820.23 y 1822.82 g respectivamente; mientras que la ganancia de peso para pollos de engorde de la línea Cobb 500 dada en el suplemento informativo Cobb 500 (2008) es 1954 g para pollos en la etapa de crecimiento; Así como 1710 g es el promedio de la ganancia de peso de los pollos de carne (machos y hembras) obtenidos por Lazaro y Mateos (2008) dicha variación puede deberse a ello.

Los resultados obtenidos concuerdan con los hallados por Delgado *et al.* (1985) citado por Gutiérrez (1997) quienes al sustituir el carbonato de calcio de origen mineral por una fuente orgánica (conchas marinas molidas) en dietas para pollos de engorde; no hallaron diferencias en cuanto al indicador productivos ganancia de peso. A los mismos resultados llegó Ajakaiye *et al.* (2003), al realizar sus experimentos para determinar la disponibilidad biológica de calcio (Ca) de seis fuentes de Ca disponible en Nigeria con pollos de engorde de 168 días de edad. Las fuentes probadas: carbonato de calcio, bivalvos concha, concha de ostra, polvo de mármol y concha de caracol, no encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en relación al aumento de peso.

b. Consumo de alimento.

En el consumo de alimento no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los pollos que recibieron las dietas experimentales evaluados (anexo 20).

Las aves fueron alimentadas con 0.9% de calcio las que provenían de dos fuentes diferentes (inorgánica e orgánica), no hallándose diferencia estadísticas significativas en el consumo de alimento entre los tratamientos como se observa en el cuadro 4 y anexo 9

El consumo de alimento obtenido en pollos machos de la línea Cobb 500 para la fase de crecimiento (22 a 42 días) alimentados con harina de carbonato de calcio y harina de conchuela fue 3156.28 y 3084.53 g respectivamente, mientras que 3727 g es el promedio del consumo de alimento dado por el suplemento informativo Cobb 500 (2008), siendo para Lazaro y Mateos (2008), 3490 g es el promedio del consumo de alimento en pollos de carne (machos y hembras).

Estos resultados concuerdan con los hallados por Delgado *et al.* (1985), citado por Gutiérrez (1997) quienes al sustituir el carbonato de calcio de origen mineral por una fuente orgánica (conchas marinas molidas) en dietas para pollos de engorde; no hallaron diferencias en cuanto al indicador productivo consumo de alimento. Mientras Keshavarz y Scott (1993), en un experimento con gallinas alimentadas con tres niveles de calcio (3, 3.5 y 4%) y cuatro formas de suplementación: harina de carbonato de calcio, harina de conchuela; 2/3 de harina de carbonato de calcio con 1/3 de harina de conchuela y 2/3 de harina de conchuela con 1/3 de harina de carbonato de calcio; obtuvieron como resultado un menor consumo de alimento en las aves que recibieron como suplemento de calcio en su ración de la fuente harina de conchuela en comparación a otras fuentes; obteniéndose mayor consumo de alimento en las aves alimentadas con 3% de calcio.

c. Conversión alimenticia.

En la conversión alimenticia no se encontraron diferencias estadísticas entre los pollos que recibieron las dietas experimentales evaluadas (anexos 21).

Las aves fueron alimentadas con 0.9% de calcio en la ración; la cual provenían de dos fuentes diferentes (inorgánica e orgánica), no hallándose diferencia estadísticas entre la conversión alimenticia por semanas entre tratamientos como se observa en el cuadro 4 y anexo 8.

Estos resultados concuerdan con los hallados por Delgado *et al.* (1985) citado por Gutiérrez (1997) quienes al sustituir el carbonato de calcio de origen mineral por una fuente orgánica (conchas marinas molidas) en dietas para pollos de engorde; no obtuvieron diferencias en cuanto al indicador productivos conversión alimenticia. Este mismo resultado obtuvo Keshavarz y Scott (1993) en el experimento con gallinas alimentadas con tres niveles de calcio (3, 3.5 y 4%) y cuatro formas de suplementación: harina de carbonato de calcio, harina de conchuela; 2/3 de harina de carbonato de calcio con 1/3 de harina de conchuela y 2/3 de harina de conchuela con 1/3 de harina de carbonato de calcio llegaron a la conclusión que la conversión alimenticia no es influenciada por la fuente de origen de calcio.

La conversión alimenticia obtenido en pollos machos de la línea Cobb 500 para la fase de crecimiento (22 a 35 días) alimentados con el tratamiento 1 y 2 fue 1.63 y 1.59 respectivamente.

d. Retribución económica del alimento

En el cuadro 5 se detalla la retribución económica por kilogramo de pollo por tratamiento, habiéndose considerado el precio por kilogramo de pollo por en pie S/. 3.70, a diciembre del 2009.

Los pollos alimentados con conchuela en harina muestran una mejor retribución económica por kilogramo de pollo en pie, superando a los lotes alimentados con carbonato de calcio en harina.

CUADRO 5: Retribución económica

	TRATAMIENTOS	
	CARBONATO	CONCHUELA EN
	DE CALCIO	HARINA
	EN HARINA	HARINA
<u>INGRESO BRUTO POR AVE</u>		
Peso final (Kg)	2.66	2.67
Precio/Kg	3.70	3.70
ingreso bruto por ave S/.	9.86	9.87
<u>EGRSO POR AVE (S/.)</u>		
Costo de Alimentación	5.98	5.84
Costo de crianza	0	0
Costo total por ave	5.98	5.84
<u>RETRIBUCION ECONOMICA (S/.)</u>		
Por ave	3.88	4.02
Por Kg de peso vivo	1.456	1.509
R.E.R(&)	100	103.60

Los precios están referidos a abril de 2009.

(&) Retribución económica relativa.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Las fuentes de calcio en forma granulada presentan menor solubilidad que las mismas fuentes en forma de harina, presentando menor solubilidad la conchuela.
2. La suplementación de la harina de carbonato de calcio y de la harina de conchuela no afectaron la ganancia de peso en la fase de inicio, teniendo una mejor conversión alimenticia el uso de la conchuela.
3. La suplementación de carbonato de calcio y conchuela en forma de harina en la dieta de crecimiento, no afectó el crecimiento, consumo de alimento ni la conversión alimenticia.
4. El uso de las fuentes de calcio evaluadas no afectaron el contenido de cenizas y el calcio en las tibias de los pollos a los 21 días de edad.
5. El uso de la harina de conchuela genera una mejor retribución económica.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el método de cambio de pH para determinar la solubilidad del calcio.
2. Es recomendable el uso de conchuela en la forma física de harina en alimentos de aves de carne, debido a una mejor conversión alimenticia.
3. Antes de utilizar las fuentes inorgánicas de calcio u orgánicas es necesario realizar el análisis de su solubilidad por el método de cambio de pH.

VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ADEOLA, O., R. DILGER., E. ONYANGO y Y. JENDZA. 2005. Utilización del fósforo en aves y ganado porcino. XXI Curso de especialización FEDNA. Department of Animal Sciences. Purdue University, USA. 343-365 Pág.
2. AJAKAIYE. A., O. ATTEHJ y S. LEESON. 2003. Biological availability of calcium in broiler chicks from different calcium sources found in Nigeria. *Animal feed science and technology*, vol. 104, no1-4, 209-214 Pág.
3. ALVARADO, M. 2007. Sangre y coagulación. (En línea) consultado el 23 de marzo del 2011: <http://www.scribd.com/doc/6745057/Sangre-y-Coagulacion>.
4. ANDERSON, JO; D. DOBSON y JACK OK. 1984. Effect of particle size of the calcium source on performance of broiler chicks fed diets with different calcium and phosphorus levels. *Poult Sci.* 1984 Feb; 63 (2):311-6.
5. ANGEL, R. 2007. Metabolic Disorders: Limitations to Growth of and Mineral Deposition into the Broiler Skeleton after Hatch and Potential Implications for Leg Problems. *J. Appl. Poult. Res.* 2007 16: 138-149 Pág.
6. ARMAS, A. y F. CHICCO. 1971. Evaluación de fosfatos para pollos, Centro Investigaciones Agronómicas, Sección de Zootecnia. Maracay - Venezuela. *Agronomía Trop.* 21(3): 229-235 Pág. (En línea) consultado el 20 de abril del 2011:http://74.125.95.132/search?q=cache:TQZ0AMjc0wgJ:www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%2520Tropical/at2103/arti/armas_a.htm+ analisis+de+ceniza+en+pollo&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=pe.
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.). 1980. *Official methods of analysis*. 13th Ed. Washington D.C., 978 Pág.

8. AUSTIC, R. 1984. Excess dietary chloride depresses eggshell quality Poultry Science 63: 1773-1777 Pág.
9. BARBOSA, E., A. VARELA DE ARRUDA, SOARES y A. SALES. 2007. Avaliação de Fontes de cálcio para frangos de corte. Universidade Federal Rural do semi-árido (ufersa. Revista caatinga — ISSN 0100-316X Caatinga (Mossoró, Brasil), v.20, n.1; 05-14 Pág. (En línea) consultado el 28 de diciembre del 2010: www.ufersa.edu.br/caatinga
10. BISSONI, E. 1993. Cría de la codorniz. Editorial Albatros, Saci. Hipólito Irigoyen 3920, Buenos Aires, Republica Argentina. 117 Pág.
11. BLAS, G., G.ATEOS y P. REBOLLAR. 2003. Composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos FEDNA, Tablas FEDNA (2ª ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 Pág.
12. BOCANEGRA. F., 2008. Unidades Tecnológicas de Santander departamento de ciencias básicas, guía de laboratorio química orgánica. Citado en línea el 10 de marzo del 2011:<http://comunidaduts.com/docentes/archivos/datafbocanegra/GUIA%20%20L.O.%20Solubilidad.pdf>
13. BRONNER, F. 1987. Intestinal calcium absorption: mechanisms and applications en: journal of nutrition vol. 117 N° 5. 1347-1352 Pág.
14. CACHONI, C., H. BORBA, S. KAKIMOTO, E. GARCIA, J. MEDINA, M. SURIAN, S. BRAGA, A. DEODATO y C. LAGANÁ, 2008. Qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção suplementadas com calcário e farinha de ostra. 3 Pág. (En línea) consultado el 6 de junio del 2011: http://www.avisite.com.br/cet/img/20080506carla_trabalhoqualidade.pdf.
15. CALMET, J., H&F LABORATORIS S.A.C. y O. SANTOS. 2002. Suplemento de Calcio, Evaluación de siete productos. 11 Pág.

16. CALZADA, B. 1980. Métodos Estadísticos para la Investigación. Tercera Edición. Editorial jurídico Lima. 494 Pág.
17. CASE, P., D. CAREY y D. HIRAKAHUA. 1997. Nutrición Canina y Felina. Editorial Hcourt Brace España, S.A. 389 Pág.
18. CASSIS, C., 1984. Metabolismo del calcio y del fósforo. Salud Un;norte. Barranquilla (CoJ.), 1(2):115-121 Pág. (En línea) consultado 15 de febrero del 2011: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/salud_uninorte12/6_Metabolismo%20del%20calcio%20y%20del%20fósforo.pdf.
19. CASSIUS, J., 2005. The influence of calcium intake by broiler breeders on bone development and egg characteristics. Thesis Tesis Philosophiae Doctor (Ph.D.) Departamento de Animales, Ciencias de la Vida Silvestre y de pastizales, Universidad del Estado Libre, Bloemfontein, República de Sudáfrica. 233 Pág. (En línea) consultado el 22 de marzo del 2011: C:\DocumentsandSettings\Administrador\Escritorio\Versióntraducidade http--etd_uovs_ac_zs-ETD-db--theses-available-etd-11102005-082027-unrestricted-MOREKIJC_pdf.mht
20. CLUNIS, M. y S. LEESON. 1994. Calcium dynamics of hens layin thict or then shelled eggs en: Canadian journal of animal science vol 74, N° 3. 541 -546 Pág.
21. COBB 500. 2008. Suplemento de Crecimiento y Nutrición de pollos de engorde. (En línea) consultado el 27 de marzo del 2011: http://www.cobb-vantress.Com/contactus/brochures/Cobb500_BPN_Supplement Spanish. pdf.
22. DAMRON, B., D. SLOAN y J. GARCÍA. 2001. Nutrición Para Pequeñas Parvadas de Pollos. Publicación del Departamento de Ciencia Animal, del Servicio de Extensión Cooperativo de la Florida, del Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (En línea) consultado el 20 de octubre del 2010: <http://edis.ifas.ufl.edu> 423 Pág.
23. DIBARTOLA, S. 2000. Terapia de líquidos en pequeñas especies. McGraw_Hill Interamericana. México.115-162 Pág.

24. DUKES, H. 1960. Fisiología de los animales domésticos. Ediciones, Madrid. 471 Pág.
25. DUDEK, SG, 1997. Nutrition Handbook for Nursing Practice (Third Edition). Lippincott-Raven Publishers. Philadelphia, USA. 127-130 Pág.
26. ELAROUSSI, M., L. FORTE, EBER, SL & BIELLIER, HV, 1994. Calcio en la homeostasis de la gallina ponedora, Edad y los efectos del calcio dietético. Poul. Sci. 73:1581-1589 Pág.
27. ESCAMILLA, L. 1958 Manual práctico de Avicultura Moderna. Editorial continental, s.a., México .22, D. F. 466 Pág.
28. ESPADA, J. 1975. Evaluación biológica de la roca fosfatada de Bayovar como fuente de fósforo en pollos parrilleros. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM – Lima Perú.
29. ETCHES, R. 1987. Calcium logistic in the laying hen. Journal of Nutrition. Vol117 N°3, 619-625 Pág.
30. FRAGA, F. 1985. Alimentación de los Animales Monogástricos. Ediciones Mundi-Prensa. 265 Pág.
31. FROST, T., A. ROLAND y D. MARPLE. 1991. The effects of various dietary phosphorus levels on the circadian patterns of plasma 1,25-dihydroxycholecalciferol, total calcium, ionized calcium, and phosphorus in laying hens. Poultry Science. Vol. 70, 7 (jul. 1991); 1564-1570 Pág.
32. FUJINAKA, K., K. TATSUDA y T. YAMASAKI. 2000. Effects of Oyster Shell Supplementation on Laying Performance and Egg Shell Quality of Four Commercial White Leghorn Strains. *JtAttWft (ÏË) Bull. Hyogo Pre. Agri. Inst. (Animal Husbandry)* 36, 15-18 (2000).
33. GARCÍA, A. 2003. Homeostasis del calcio durante los procesos reproductores. Conferencia de la Real Academia de Ciencias Veterinarias. (En línea) consultado el

14 de enero del 2011: <http://www.racve.es/actividades/ciencias-basicas/2003-11-19AngelesGarciaPascual.htm>.

34. GAUTHIER, R. 2005. La Salud Intestinal: Clave de la Productividad (El Caso de los Ácidos Orgánicos) Jefe Nutrition Inc., Canadá. 18 anual convención. 10 Pág. (En línea) consultado el 15 de enero del 2010: http://www.jefo.ca/pdf/Memorias_Avicola_IASA.pdf
35. GEREDA, K. 1999. Evaluación de tres fuentes comerciales de fósforo y calcio en el comportamiento productivo de gallinas Harco sex link. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM – Lima Perú.
36. GIRALDO, C. y G. OSORIO. 2006. Metabolismo del calcio. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Medicina Veterinaria Medellín. 7 Pág.
37. GUINOTTE, F y F. MONREDONF. 1991. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. *Poult Sci.* 1991 Sep;70(9):1908-20.
38. GUTIÉRREZ, O. 1997. Requerimientos Suplement animal y utilización de fuentes nacionales en dietas para animales monogástricos. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. IV Encuentro de Nutrición sobre animales monogástricos 8 al 21 de Julio de 1999. (En línea) consultado el 20 de octubre del 2011:<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/ivencuentro/odilia.htm>
39. HAND, M., C. THATCHER, R. REMILLARD y P. ROUDEBUSH. 2000 Nutrición clínica en pequeños animales. Editorial Inter. – Medica S.A.I.C.I. Buenos Aires. Republica de Argentina. 76-93 Pág.
40. HOLMES, A., M. PIGOTT y P. CAMPBEL. 1931. The calcium-phosphorus ratio of the tibib of growing chicks. 187-198 Pág. (En línea) consultado el 20 de diciembre del 2008: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/92/2/187.pdf>

41. HUAYAMARES, F. 1994. Efecto de diferentes niveles y fuentes de fósforo disponible en el comportamiento productivo de pollos de carne. Tesis Ingeniero Zootecnista UNALM – Lima Peru.
42. HURWITZ, S. y A. BAR 1969. Intestinal Calcium Absorption in the Laying Fowl and Its Importance in calcium homeostasis. The American journal of clinical nutrition vol. 22, No. 4, April, 1969, pp. 391-395 Pág.
43. HURWITZ, S. 1992. The role of vitamin D in poultry bone biology Poultr-Sci-Symp. Oxfordshire : Carfax Publishing Company. v. 23. 87-102 Pag.
44. INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ. 2006. Curso-Taller “Minería y Medio Ambiente para profesores. Diapositiva 15-16 (En línea) consultado el 26 de febrero del 2011: [http://www.iimp.org.pe/iimp/ppts/Guia_de_Profesores.ppt#258,10,Diapositiva 26](http://www.iimp.org.pe/iimp/ppts/Guia_de_Profesores.ppt#258,10,Diapositiva%2026)
45. JUÁREZ, C. 1995. Estudio de la producción de huevo, calidad de cascarón y balance de calcio en gallinas criollas cuello desnudo (Na), en condiciones ambientales del tropico seco. Tesis Doctorado en biología de la producción. Universidad de Colima, Universidad de Colima, Tecoman, Colima. (En línea) consultado el 26 de febrero del 2011: [http://74.125.47.132/search?q=cacheF4L_hhKdOQEJ:www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_completa/0,1421,SCID%25253D18364%252526ISID%25253D452,00.html+calcio+necesario+en+la+etapa+del+desarrollo+del+embri%C3%B3n+\(Brake,+1992&hl=es&ct=clnk&cd=3&gl=pe](http://74.125.47.132/search?q=cacheF4L_hhKdOQEJ:www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_completa/0,1421,SCID%25253D18364%252526ISID%25253D452,00.html+calcio+necesario+en+la+etapa+del+desarrollo+del+embri%C3%B3n+(Brake,+1992&hl=es&ct=clnk&cd=3&gl=pe)
46. KAPLAN, M. 2007. El metabolismo del calcio y las enfermedades metabólicas óseas. (En línea) consultado el 26 de febrero del 2011: <http://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.anapsid.org/mbd2.html&ei=AlbrSdKNKdnHtgfXgaHCBQ&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3DCalcium%2Bmetabolism%2Band%2Bmetabolic%2Bbone%2Bdisease%2B%252BKaplan%26hl%3Des>.

47. KESHAVARZ, K. y M. SCOTT. 1993. The effect of solubility and partice size of calcium sources on shell quality and bone mineralization. *Poultly Science res* 2: 259-267 Pág.
48. LAZARO, L. y G. MATEOS. 2008. Necesidades nutricionales para avicultura: Pollos de carne y aves de puesta "publicación FEDNA"79 Pág.
49. LICHOVNIKOVA, M. 2007. El efecto de la dieta de calcio de origen, la concentración y tamaño de las partículas sobre la retención de calcio, cáscara de huevo de calidad y, en general, necesidades de calcio en las gallinas ponedoras. *British Poultry Science* , Volume 48 , Issue 1 February 2007 , pages 71 - 75 *Británica de Ciencia Avícola*, Volumen 48, Número 1 de febrero de 2007, 71 - 75 Pág.
50. MATEOS, G. y J. PIQUER. 1994. Diseño de programas de alimentación para reproductoras pesadas. X Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Producción Animal.Universidad Politécnica de Madrid. 1-23 Pág.
51. MATEOS, G. y M. GARCÍA. 1998. Uso de premezclas en fabricación de piensos: características y composición de las materias primas utilizadas en macrocorrectores. XIV Curso de especialización Departamento Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. 171-190 Pág.
52. MAYNARD, L; J. LOOSLI, H. HINTZ y R. WARNER. 1992. *Nutrición Animal*. Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. 352p.
53. MC DONALD, P., R. EDWARDS, GREENHALGH JFD & MORGAN CA, 1995. *Animal Nutrition (Fifth Edition)*. Pearson Education Limited, Essex, United Kingdom. 74, 101-105 Pág.
54. MELO, T., P. MENDONCA, A. MOURA, C. LOMBARDI, R. FERREIRA y V. NERY. 2006. Solubilidad In Vitro de Algunas fuentes de Calcio Utilizadas en Alimentación Animal. *Archivos de Zootecnia*, septiembre 2009, volumen. 55, número 211; Universidad de Córdoba, España. 297-300 Pág.

55. MÉNDEZ, R y J. WYATT. 2000. Contenido y absorción del calcio proveniente de la dieta del noroeste de México. Una retrospectiva bibliográfica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición ISSN 0004-0622 versión impresa .Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Hermosillo, Sonora, México. ALAN V.50 n.4 caracas dic.2000, Pág.
56. MERK. 1981. Manual de Veterinaria. Segunda edición. Editado por Merk&Co. Inc. USA. 571Pág.
57. 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:h3Hp9O0hD5kJ:www.timbrado.com/artvitaminas.shtml+exeso+de+calcio+en+las+aves&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=pe>.
58. NARVÁEZ-SOLARTE, W., H. SANTIAGO, P. RUBENS, L. URIBE, y M. SILVA. 2006. Nutritional Requirement of Calcium in White Laying Hens from 46 to 62 Wk of Age International Journal of Poultry Science 5 (2): 181-184 Pág.
59. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9 th Rev. Edition. Washington, D.C. National Academic Press.
60. NAUPAY, M. 2001. Efecto del Fosfato dicalcico dihidratado y la disponibilidad biológica sobre el comportamiento productivo y mineralización ósea de pollos de carne. Tesis Magíster Scientiae UNALM – Lima Perú.
61. NAVARRO, B. 1993. Evaluación de tres fuentes comerciales de de fósforo en dietas de pollo de carne. Tesis Magíster Scientiae UNALM – Lima Peru.
62. NELSON, T., W. HARGUS, N. STORER, y A. WALKER. 1965. The influence of calcium on phosphorus utilization by chicks. Poultry Sci. 40:1508.
63. NIR, I., Z. NITSAN, M. y MAHAGNA. 1993. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type

chicks after hatching, British Poultry Science, Volume 34, Issue 3 July 1993 , 523 - 532 Pág.

64. NUÑEZ, F. 1999. Evaluación Biológica comparativa de un fosfato Monodicalcico comercial y de la Harina de Huesos en Pollos de Carne. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM – Lima Perú.
65. PACKARD, M. 1994. Mobilization of shell calcium by the chick Chorioallantoic membrane in vitro. J. exp. Biol. 190, 141–153 (1994) 141. Printed in Great Britain © The Company of Biologists Limited 1994 Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA.
66. PIQUER, F. 2002. Interacción Nutrición-Reproducción En Aves. XVII Curso de Especialización FEDNA. 1-10 Pág. (En línea) consultado el 20 de octubre del 2011: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPIV.pdf>
67. RAO, K. y D. ROLAND. 1989. Influencia del nivel de calcio en la dieta y tamaño de las partículas de calcio en la fuente de calcio in vivo por solubilización Leghorns comercial. Poult Sci. 1989 Nov; 68 (11) :1499-1505 Pág.
68. ROJAS, S. 1979. Nutrición animal aplicada; La Molina Perú. 250 Pág.
69. ROSTAGNO, H., L. TEIXEIRA, J. LOPES, P. GOMEZ, R. OLIVERA, D. LOPES, A. SOARES y S. BARRETO. 2005. Tablas brasileñas para aves y cerdos; composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Universidad federal de vicosá –departamento de zootecnia. vicosá –mg-brasil-36570-000. 2 da edición; editor Horacio Santiago Rostagno. 186 Pág.
70. RUEDA, N. 2004. Curso de fisiología y producción del huevo de la gallina. curso el huevo. Universidad Nacional de Colombia, facultad de medicina veterinaria y de zootecnia departamento de ciencias para la salud. (En línea) consultado el 28 de marzo del 2011: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/veterinaria/2006359/lecciones/cap2/5.htm>.

71. SANTOMÁ, G. 1994. Programas de alimentación en broilers y “pollo alternativo” X curso de especialización FEDNA. Madrid. 10 y 11 de Noviembre. 41 Pág.
72. SAUNDERS-BLADES, J., J. MACISAAC, D. KORVER y D. ANDERSON. 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poult Sci* 2009. 88:338-353. doi:10.3382/ps.2008-00278 2009 Poultry Science Association.
73. SÁNCHEZ, C. 2004. Crianza y comercialización de la codorniz coturnicola. Primera Edición, Editorial Ripalme. Perú 135 Pág.
74. SCHEIDELER, S., 1998. What Level of a and P Sould we use for Optium Broiler Production?. *Misset - World. Poultry Editorial Times Offset*. Volumen 7 N°10. USA. Pag: 21-22.
75. SELL, J. 1997. Últimos avances en nutrición de aves. Madrid, 6 y 7 de Noviembre de 1997 XIII Curso de especialización FEDNA. 12Pág.
76. SOARES, J. 1984. Calcium Metabolism and it control: a review. *Poultry Science* vol. 63, N°10, 2075-2083 Pág.
77. STURKIE, P. 1968. *Fisiología Aviar*. Segunda Edición. Editorial Acribia, Zaragoza. 390-410 Pág.
78. TAYLOR, TG & DACKE, CG, 1984. Calcium metabolism and its regulation. In BM, Freeman (Ed.) *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*, Volume 5. Academic Press, London, UK. 127-164 Pág.
79. TOBIN, P. 2004. Influence of limestone particle size in layer diets on shell characteristics at peak production. *Magister Scientiae Agriculturae (Animal Science)* to the Faculty of Agricultural and Natural Sciences (Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences) University of the Free State. 75 Pág.

80. TORRENT, M. 1982. *Zootecnia Básica Aplicada*. Editorial Aedos. Madrid-España. 522 Pág.
81. TULLETT, S. 1987. *Egg shell formation and quality symposium N°20* butterwork, England.
82. UREÑA, F. 2004. *Vitaminas liposolubles II. Lección 9. Producción Animal y de Empresas*, Universidad de Cordova. Aula virtual grupo UCO-6 (En línea) consultado el 23 de diciembre del 2010: <http://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=140>
83. VAN DER KLIS, J. y H. VERSTEEGH. 1999. Phosphorus nutrition of poultry. 309-320 Pág. *Recent Developments in Poultry Nutrition 2*. J. Wiseman and P.C. Garnsworthy (Eds), Nottingham University Press, Nottingham United Kingdom.
84. VAN DER KLIS, J., M. VERSTEGEN y M. DE WIT. 1990. Absorption of minerals and retention time of dry matter in the gastrointestinal tract of broilers. *Poultry Sci.* 69:2185-2194 Pág.
85. VICENTE, R. 1977. *Utilización de roca fosfatada de bayovar como fuente de fósforo en dietas de pollos de carne*. Tesis UNALM – Lima Perú.
86. VINCENTE, P. 1981. *El cuerpo humano: anatomia, fisiologia, biologia e higiene*. Editorial reverté s.a. 37-53 Pág. (En línea) consultado el 30 de abril del 2011: books.google.com.pe/books?isbn=8429155996.
87. WADDINGTON, D., W. PEDDIE, A. DEWAR y A. GILBERT. 1989. Regulation of net intestinal calcium uptake in hens laying obligatory soft-shell eggs. *Br. Point. Sci.* 30:341-351.
88. WASSERMAN, R. y C. FULLER. 1995. Vitamin D and Intestinal calcium transport facts, speculations and hipotesis. En: *Journal of nutrition* Vol 125, suplement N° 7. 1971-1979 Pág.

89. WHITEHEAD, C. 1995. Influencia de la nutrición sobre el metabolismo macromineral: Desarrollo del hueso y calidad de la cáscara. XI curso de especialización FEDNA, Institute Roslin, Edimburgo. 8 Pág.
90. WHITEHEAD, C. 2002. Influencia de las vitaminas y minerales sobre la formación y calidad del hueso. 11ª Conferencia Europea de Avicultura. Bremen, Setiembre 2002. 3 Pág.
91. WILSON, H.R. y R. HARMS. 1984. Evaluation of nutrient specifications for broiler breeders Poultry Science 63: 1400-1406 Pág.
92. ZHANG y COON. 1990. Bone parameters of laying hens to different daily calcium intakes. Poultry DEC; 69(12):. 2009-13 Pág.
93. ZHANG y COON. 1997a. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul, USA. Poultry Science, Vol 76, Issue 12, 1702-1706 Pág.
94. ZHANG y COON. 1997b. Procedure for the Determination of Solubility Using a pH method with 0.2 N HCl. Poultry Res. 6 N°. 1, 94-99 pág.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Fuentes de macro minerales para aves y cerdos (en materia natural).

Fuentes de fósforo	Calcio		Fósforo				Fluor
	%	Total	Coef ¹ .	Disp ¹ .	Coef ² .	Dig ² .	%
			Disp.	Aves	Dig.	Sui.	
Ácido fosfórico	-	21,5	120	25,8	90,0	19,4	0,16
Ha. Hueso Autoclavada	25,0	11,4	100	11,4	63,1	7,2	-
Ha. Hueso Calcinada	33,8	16,2	92	14,9	-	-	-
Fosfato Bicalcico	24,5	18,5	100	18,5	76,1	4,1	0,14
Fosfato Monobicalcico	20,0	18,9	105	19,8	82,7	15,6	0,19
Fosfato Monocalcico	18,6	21,0	101	21,2	78,2	16,4	0,25
Fosfato Monoamónico	-	24,0	108	25,9	-	-	0,22
Fosfato Diamónico	-	23,1	125	28,9	-	-	0,10
Fosfato Triamónico	36,2	17,6	100	17,6	-	-	-
Fosf. Roca Araxá	26,2	12,1	51	6,2	-	-	1,59
Fosf. Roca Catalao	32,3	15,1	52	7,9	63,3	9,6	2,17
Fosf. Roca Jacupiranga	34,8	13,2	31	4,1	-	-	1,65
Fosf. Roca Patos Minas	20,8	10,6	58	6,1	-	-	1,50
Fosf. Roca Tapira	33,6	15,0	52	7,8	-	-	1,10
Fosf. Semidefluorinado	30,3	16,7	61	10,2	-	-	0,88
Superfosfato Simple	21,5	8,6	-	-	-	-	1,31
Superfosfato Triple	17,9	20,4	100	20,4	76,9	15,7	0,74
<u>Fuentes de Calcio y Magnesio</u>			<u>Calcio %</u>		<u>Magnesio %</u>		
Carbonato Calcítico			38,4		0,2		
Carbonato Dolomítico			18,6		10,0		
Harina de Ostras			36,4		-		
<u>Fuentes de Sodio</u>			<u>Sodio %</u>		<u>Cloro %</u>		
Sal Común			39,7		59,6		
Bicarbonato de Sodio			27,0		0,0		

1 Coeficiente (Coef.) y disponibilidad (Disp.) del P en relación al fosfato bicalcico determinados en aves.

2 Coeficiente (Coef.) y digestibilidad verdadera (Disp.) del P determinados con cerdos.

Fuente: Rostagno, *et al* (2005).

ANEXO 2: Recomendaciones nutricionales para pollos.

Edad (semanas)	Rhone-Poulenc (1993)		NRC (1994)		
	0-4	4-7	0-3	3-6	6-8
Energía Metabolizable	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Proteína Bruta	21,3	19,4	23,0	20,0	18,0
Lisina	1,20	1,00	1,10	1,00	0,85
Metionina	0,55	0,42	0,50	0,38	0,32
Met-Cis	0,92	0,79	0,90	0,72	0,60
Treonina	0,78	0,68	0,80	0,74	0,68
Triptófano	0,23	0,20	0,20	0,18	0,16
Arginina	1,31	1,03	1,25	1,10	1,00
Valina	0,99	0,86	0,90	0,82	0,70
Leucina	1,66	1,38	1,20	1,09	0,93
Isoleucina	0,90	0,74	0,80	0,73	0,62
Calcio	1,00	0,90	1,00	0,90	0,80
Fosforo disponible	0,45	0,40	0,45	0,35	0,30

Fuente: Santomá (1994).

ANEXO 3: Cobb 500 Suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde.**Formulación recomendada**

	Inicio	Crecimiento	Termino 1	Termino 2
Cantidad de alimento/ave	250 g	1000 g		
Periodo de alimentación (días)	0-10	11-22	23-42	42+
Proteína cruda %	21,0	19,0	18,0	17,0
Energía metabolizable Kcal/lb	1358	1401	1444	1444
Energía metabolizable Kcal/kb	2988	3083	3176	3176
Lisina %	1,20	1,10	1,05	1,00
Lisina digestible %	1,08	0,99	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
Treonina %	0,79	0,74	0,72	0,69
Triptófano %	0,20	0,19	0,19	0,18
Arginina %	1,26	1,17	1,13	1,08
Calcio %	1,00	0,96	0,90	0,85
Fosforo 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 4: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño regular.

		Edad, días				
		1-7	8-21	22-33	34-42	43-46
Peso medio	Kg	0,120	0,435	1,250	2,066	2,515
Ganancia de Peso	g/día	18,5	40,5	74,1	82,0	80,6
Consumo	g/día	22,2	60,0	130,2	170,3	190,0
Requerimiento lis dig.	g/día	0,289	0,668	1,366	1,690	1,765
		Nutriente				
Energía Metabolizable	Kcal/Kg	2,925	2,980	3,050	3,100	3,150
Proteína	%	21,85	20,65	19,10	17,74	16,97
Calcio	%	0,931	0,878	0,810	0,751	0,717
Fosforo disponible	%	0,466	0,439	0,405	0,374	0,357
Potasio	%	0,587	0,584	0,580	0,575	0,575
Sodio	%	0,221	0,213	0,201	0,191	0,186
Cloro	%	0,198	0,189	0,177	0,167	0,161
Ácido Linoleico	%	1,072	1,051	1,022	0,995	0,984
		Aminoácido digestible				
Lisina	%	1,302	1,113	1,049	0,992	0,929
Metionina	%	0,508	0,434	0,420	0,397	0,372
Met-Cis	%	0,924	0,790	0,755	0,714	0,669
Triptófano	%	0,208	0,178	0,178	0,169	0,158
Treonina	%	0,846	0,723	0,682	0,645	0,604
Arginina	%	1,367	1,169	1,101	1,042	0,975
Valina	%	0,977	0,835	0,808	0,764	0,715
Isoleucina	%	0,846	0,723	0,703	0,665	0,622
Leucina	%	1,406	1,202	1,143	1,081	1,013
Fenilalanina	%	0,820	0,701	0,661	0,625	0,585
Fenilalanina + Tirosina	%	1,497	1,280	1,206	1,141	1,068
		Aminoácido Total				
Lisina	%	1,435	1,227	1,157	1,094	1,024
Metionina	%	0,560	0,479	0,463	0,438	0,410
Met-Cis	%	1,019	0,871	0,833	0,788	0,737
Triptófano	%	0,230	0,196	0,197	0,186	0,174
Treonina	%	0,976	0,834	0,787	0,744	0,696
Arginina	%	1,464	1,252	1,180	1,116	1,044
Glicina - Serina	%	2,153	1,841	1,620	1,532	1,382
Valina	%	1,091	0,933	0,902	0,853	0,799
Isoleucina	%	0,947	0,810	0,787	0,744	0,696
Leucina	%	1,550	1,325	1,261	1,192	1,116
Histidina	%	0,517	0,442	0,417	0,394	0,369
Fenilalanina	%	0,904	0,773	0,729	0,689	0,645
Fenilalanina + Tirosina	%	1,636	1,399	1,319	1,247	1,167

Fuente: Rostagno *et al.* (2005).

ANEXO 5: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño medio.

		Edad, días				
		1-7	8-21	22-33	34-42	43-46
Peso medio	Kg	0,124	0,63	1,330	2,198	2,675
Ganancia de Peso	g/día	19,6	45,8	77,6	87,0	85,7
Consumo	g/día	23,0	65,8	134,5	178,4	196,1
Requerimiento lis dig..	g/día	0,306	0,754	1,443	1,814	1,902
		Nutriente				
Energía Metabolizable	Kcal/Kg	2,950	3,000	3,100	3,150	3,200
Proteína	%	22,04	20,79	19,41	18,03	17,24
Calcio	%	0,939	0,884	0,824	0,763	0,728
Fosforo disponible	%	0,470	0,442	0,411	0,380	0,363
Potasio	%	0,593	0,588	0,590	0,584	0,584
Sodio	%	0,223	0,214	0,205	0,194	0,189
Cloro	%	0,200	0,190	0,180	0,170	0,164
Ácido Linoleico	%	1,081	1,058	1,039	1,011	0,999
		Aminoácido digestible				
Lisina	%	1,330	1,146	1,073	1,017	0,970
Metionina	%	0,519	0,447	0,429	0,407	0,388
Met-Cis	%	0,944	0,814	0,773	0,732	0,698
Triptófano	%	0,213	0,183	0,182	0,173	0,165
Treonina	%	0,865	0,745	0,697	0,661	0,631
Arginina	%	1,397	1,203	1,127	1,068	1,019
Valina	%	0,998	0,860	0,826	0,783	0,747
Isoleucina	%	0,865	0,745	0,719	0,681	0,650
Leucina	%	1,436	1,238	1,170	1,109	1,057
Histidina	%	0,479	0,413	0,386	0,366	0,349
Fenilalanina	%	0,838	0,722	0,676	0,641	0,611
Fenilalanina + Tirosina	%	1,530	1,318	1,234	1,170	1,116
		Aminoácido Total				
Lisina	%	1,466	1,263	1,183	1,121	1,069
Metionina	%	0,572	0,493	0,473	0,448	0,428
Met-Cis	%	1,041	0,897	0,852	0,807	0,770
Triptófano	%	0,235	0,202	0,201	0,191	0,182
Treonina	%	0,997	0,859	0,804	0,762	0,727
Arginina	%	1,495	1,288	1,207	1,143	1,090
Glicina - Serina	%	2,199	1,895	1,656	1,569	1,443
Valina	%	1,114	0,960	0,923	0,874	0,834
Isoleucina	%	0,968	0,834	0,804	0,762	0,727
Leucina	%	1,583	1,364	1,289	1,222	1,165
Histidina	%	0,528	0,455	0,426	0,404	0,385
Fenilalanina	%	0,924	0,796	0,745	0,706	0,673
Fenilalanina + Tirosina	%	1,671	1,440	1,349	1,278	1,219

Fuente: Rostagno *et al.* (2005).

ANEXO 6: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde machos de desempeño superior

		Edad, días				
		1-7	8-21	22-33	34-42	43-46
Peso medio	Kg	0,130	0,490	1,438	2,380	2,900
Ganancia de Peso	g/día	21,00	48,30	82,40	94,00	93,00
Consumo	g/día	24,00	67,00	141,0	190,0	207,0
Requerimiento lis dig..	g/día	0,3276	0,797	1,550	1,991	2,101
		Nutriente				
Energía Metabolizable	Kcal/Kg	2,960	3,050	3,150	3,200	3,250
Proteína	%	22,11	21,14	19,73	18,31	17,51
Calcio	%	0,942	0,899	0,837	0,775	0,740
Fosforo disponible	%	0,471	0,449	0,418	0,386	0,368
Potasio	%	0,595	0,598	0,599	0,593	0,583
Sodio	%	0,224	0,218	0,208	0,198	0,192
Cloro	%	0,200	0,193	0,183	0,172	0,166
Ácido Linoleico	%	1,085	1,075	1,056	1,027	1,015
		Aminoácido digestible				
Lisina	%	1,363	1,189	1,099	1,048	1,015
Metionina	%	0,532	0,464	0,440	0,419	0,406
Met-Cis	%	0,968	0,844	0,791	0,755	0,731
Triptófano	%	0,218	0,190	0,187	0,178	0,173
Treonina	%	0,886	0,773	0,714	0,681	0,660
Arginina	%	1,431	1,248	1,154	1,100	1,066
Valina	%	1,022	0,892	0,846	0,807	0,782
Isoleucina	%	0,886	0,773	0,736	0,702	0,680
Leucina	%	1,472	1,284	1,198	1,142	1,106
Histidina	%	0,491	0,428	0,396	0,377	0,365
Fenilalanina	%	0,859	0,749	0,692	0,660	0,639
Fenilalanina + Tirosina	%	1,567	1,367	1,264	1,205	1,167
		Aminoácido Total				
Lisina	%	1,503	1,311	1,212	1,155	1,119
Metionina	%	0,586	0,411	0,485	0,462	0,448
Met-Cis	%	1,067	0,931	0,873	0,832	0,806
Triptófano	%	0,240	0,210	0,206	0,196	0,190
Treonina	%	1,022	0,891	0,824	0,785	0,761
Arginina	%	1,533	1,337	1,236	1,178	1,141
Glicina - Serina	%	2,255	1,966	1,697	1,617	1,511
Valina	%	1,142	0,996	0,945	0,901	0,873
Isoleucina	%	0,992	0,865	0,824	0,785	0,761
Leucina	%	1,623	1,416	1,321	1,259	1,220
Histidina	%	0,541	0,472	0,436	0,416	0,403
Fenilalanina	%	0,947	0,826	0,764	0,728	0,705
Fenilalanina + Tirosina	%	1,013	1,495	1,382	1,317	1,276

Fuente: Rostagno *et al.* (2005).

ANEXO 7: Análisis de variancia con la variable dependiente pérdida de peso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
f	1	136.417633	136.417633	194882	<.0001
g	1	2617.834800	2617.834800	3739764	<.0001
f*g	1	0.896533	0.896533	1280.76	<.0001
Error	8	0.005600	0.000700		
Corrected Total	11	2755.154567			

Prueba de Duncan

Grouping	Mean	N	f
A	68.66000	6	I
B	61.91667	6	O

ANEXO 8: Análisis de variancia con la variable dependiente cambio de pH.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
f	1	155.592008	155.592008	177819	<.0001
g	1	3097.974675	3097.974675	3540542	<.0001
f*g	1	75.250208	75.250208	86000.2	<.0001
Error	8	0.007000	0.000875		
Corrected Total	11	3328.823892			

Prueba de Duncan

Grouping	Mean	N	f
A	72.23500	6	I
B	65.03333	6	O

ANEXO 9:

Efecto de las dos fuentes de calcio sobre el comportamiento productivo de pollo de carne en la etapa de inicio (0 a 42)

días	Peso vivo (g)						Ganancia de peso (g)						Consumo de alimento (g)						Conversión alimenticia								
	Inicio			crecimiento			Inicio			crecimiento			Inicio			crecimiento			Inicio			crecimiento					
	1 días	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	7 días	14 días	21 días	28 días	32 días	42 días	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días		
R																											
1	47,8	170,1	422,2	840,2	1450,63	1981,8	2658,6	122,3	252,1	418	610,43	531,17	676,8	167,6	338	611,6	849,5	1019,13	1283	1,37	1,35	1,41	1,4	1,54	1,64		
2	45	175,5	425,5	835,5	1394,64	2025,4	2672,8	130,5	250	410	559,14	630,76	647,4	165,3	337,7	612	765	1032,6	1365	1,27	1,32	1,41	1,39	1,47	1,63		
3	47,2	182,3	421,4	846,78	1344	1946,8	2653	135,1	239,1	425,38	497,22	602,8	706,2	166,2	336,9	611,7	809,38	1055,23	1234,8	1,23	1,34	1,39	1,48	1,57	1,62		
4	49,7	192,1	423,8	851,3	1338,75	1988,6	2670,4	142,4	231,7	427,5	487,45	649,85	681,8	167,8	330,3	607,2	821,86	1062,4	1327,2	1,18	1,33	1,38	1,5	1,54	1,65		
i.	47,43	180	423,23	843,45	1382,01	1985,65	2663,7	132,58	243,23	420,22	538,56	603,645	678,05	166,73	335,73	610,63	811,44	1042,34	1302,5	1,26	1,34	1,4	1,44	1,53	1,63		
1	42	179,3	406,2	820,2	1310,5	1970	2716,75	137,3	226,9	434	470,3	659,5	746,75	169,7	309,7	608,9	880,63	1015,59	1210	1,24	1,32	1,36	1,55	1,55	1,57		
2	45	178,1	411,1	797,63	1367,63	1985,2	2617,4	133,1	233	424,4	532,13	617,57	632,2	167,6	327,2	599,7	861,88	1047,48	1358,2	1,26	1,3	1,36	1,47	1,54	1,69		
3	44,4	174,4	388,22	799,2	1464,57	1962,2	2636,5	130	213,82	458,56	617,79	497,63	674,3	165,4	325,3	606	792,25	953,38	1199,6	1,27	1,38	1,35	1,32	1,47	1,55		
4	49,2	180	420,5	864,5	1366,13	2039,6	2694,4	130,8	240,5	430,8	514,83	673,47	654,8	163,9	322,5	607,5	733,38	963,13	1322,6	1,25	1,28	1,35	1,38	1,4	1,55		
i.	45,15	177,95	406,51	820,38	1377,21	1989,25	2666,26	132,8	228,56	436,94	533,76	612,0425	677,0125	166,65	321,18	605,53	817,04	994,9	1272,6	1,26	1,32	1,36	1,43	1,49	1,59		

T1: Carbonato de calcio en harina.

T2: Conchuela en harina.

R: Repetición

gr: Gramos

ANEXO 10: Comportamiento productivo de pollo de carne de Cobb 500

Edad Días	Peso por edad						Ganancia diaria promedio					
	Nacimiento		Hembra		Macho		Nacimiento		Hembra		Macho	
	g	lb	g	lb	g	lb	g	lb	g	lb	g	lb
0	41	0.09	41	0.09	41	0.09						
7	164	0.36	158	0.35	170	0.37	23.4	0.052	22.6	0.050	24.3	0.054
14	430	0.95	411	0.91	449	0.99	30.7	0.068	29.4	0.065	32.1	0.071
21	843	1.86	801	1.77	885	1.95	40.1	0.088	38.1	0.084	42.1	0.093
28	1397	3.08	1316	2.90	1478	3.26	49.9	0.110	47.0	0.104	52.8	0.116
35	2017	4.45	1879	4.14	2155	4.75	57.6	0.127	53.7	0.118	61.6	0.136
42	2626	5.79	2412	5.32	2839	6.26	62.5	0.138	57.4	0.127	67.6	0.149
49	3177	7.01	2867	6.32	3486	7.69	64.8	0.143	58.5	0.129	71.1	0.157
56	3644	8.04	3235	7.13	4054	8.94	65.1	0.144	57.8	0.127	72.4	0.160

Edad Días	Conversión acumulada de alimento			Consumo acumulado de alimento					
	Nacimiento		Macho	Nacimiento		Hembra		Macho	
	g	lb	g	g	lb	g	lb	g	lb
0									
7	0.856	0.876	0.836	140	0.31	138	0.30	142	0.31
14	1.059	1.071	1.047	455	1.00	440	0.97	470	1.04
21	1.261	1.280	1.243	1063	2.34	1025	2.26	1100	2.43
28	1.446	1.475	1.417	2020	4.45	1941	4.28	2095	4.62
35	1.611	1.653	1.569	3249	7.16	3106	6.85	3381	7.46
42	1.760	1.820	1.700	4621	10.19	4389	9.68	4827	10.64
49	1.902	1.988	1.817	6043	13.32	5700	12.57	6333	13.96
56	2.045	2.156	1.927	7451	16.43	6973	15.38	7808	17.22

Fuente: Cobb 500. (2008).

ANEXO 11: Análisis de variancia del peso vivo inicial (1 día).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	1	12.50000000	12.50000000	1.92	0.2148
Error	6	39.00000000	6.50000000		
Corrected Total	7	51.50000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.242718	5.512454	2.549510	46.25000

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	47.500	4	1
A	45.000	4	2

ANEXO 12: Análisis de variancia de los pesos vivos en la etapa de inicio (21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	1	1063.757813	1063.757813	2.09	0.1987
Error	6	3059.237975	509.872996		
Corrected Total	7	4122.995788			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.258006	2.714268	22.58037	831.9138

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	843.45	4	1
A	820.38	4	2

ANEXO 13: Análisis de variancia de la ganancia de peso en la etapa de inicio (0-21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	1	649.801250	649.801250	1.08	0.3389
Error	6	3612.191100	602.031850		
Corrected Total	7	4261.992350			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.152464	3.108689	24.53634	789.2825

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	798.30	4	1
A	780.27	4	2

ANEXO 14: Análisis de variancia del consumo de alimento en la etapa de inicio (0-21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	1	1922.620050	1922.620050	77.09	0.0001
Error	6	149.642300	24.940383		
Corrected Total	7	2072.262350			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.927788	0.455007	4.994035	1097.573

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	1113.075	4	1
B	1082.070	4	2

ANEXO 15: Análisis de variancia de la Conversión alimenticia en la etapa de inicio (0-21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00361250	0.00361250	27.97	0.0019
Error	6	0.00077500	0.00012917		
Corrected Total	7	0.00438750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.823362	0.825806	0.011365	1.376250

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	1.397500	4	1
B	1.355000	4	2

ANEXO 16: Análisis de variancia del porcentaje de ceniza (21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00003200	0.00003200	0.03	0.8701
Error	6	0.00658800	0.00109800		
Corrected Total	7	0.00662000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.004834	7.404711	0.033136	0.447500

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	0.44950	4	1
A	0.44550	4	2

ANEXO 17: Análisis de variancia del porcentaje de calcio de las tibias (21 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00076050	0.00076050	0.75	0.4197
Error	6	0.00608150	0.00101358		
Corrected Total	7	0.00684200			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.111152	4.564419	0.031837	0.697500

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	0.70725	4	1
A	0.68775	4	2

ANEXO 18: Análisis de variancia del peso vivo en la etapa de crecimiento (42 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	13.132813	13.132813	0.01	0.9183
Error	6	6882.256875	1147.042813		
Corrected Total	7	6895.389688			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.001905	1.270854	33.86802	2664.981

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	2666.26	4	1
A	2663.70	4	2

ANEXO 19: Análisis de variancia de la ganancia de peso vivo en la etapa de crecimiento (42 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	13.132812	13.132812	0.01	0.9163
Error	6	6560.535975	1093.422662		
Corrected Total	7	6573.668787			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.001998	1.815333	33.06694	1821.536

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	1822.82	4	1
A	1820.26	4	2

ANEXO 20: Análisis de variancia para el consumo de alimento en la etapa de crecimiento (42 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	10294.69005	10294.69005	0.97	0.3638
Error	6	63995.29750	10665.88292		
Corrected Total	7	74289.98755			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.138574	3.309694	103.2758	3120.403

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	3156.28	4	1
A	3084.53	4	2

ANEXO 21: Análisis de variancia de la conversión alimenticia en la etapa de crecimiento (42 días).

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00405000	0.00405000	1.72	0.2372
Error	6	0.01410000	0.00235000		
Corrected Total	7	0.01815000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.223140	3.006313	0.048477	1.612500

Prueba de Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	1.63500	4	1
A	1.59000	4	2