

15



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL CASCARON
CON LA ADICION DE 25-HIDROXICOLECALCIFEROL
(25-(OH)D₃) EN DIETAS DE GALLINAS DE PRIMER
Y SEGUNDO CICLO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

MIGUEL GARCIA HERNANDEZ

277922

ASESORES: M.V.Z. MSc ERNESTO AVILA GONZALEZ
M.V.Z. RENE MORALES LOPEZ



MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la oportunidad de vivir este momento tan maravilloso.

A la memoria de mi Padre Marcos García Pineda por haberme enseñado a nunca darme por vencido, a levantarme de mis caídas y haberme inculcado el deseo de superarme.

A mi Madre Angela Hernández García por creer en mi y por brindarme todo su amor y cariño.

A mis hermanos Herlinda, Mariana y Marcos por apoyarme durante tantos años y brindarme su cariño.

A la memoria de mis hermanos Marcos y Vicente por cuidarme desde el cielo y se que hoy estarán felices junto a mi padre por este logro.

A mis cuñados Araceli, Alfonso y Carlos por todo el apoyo que me han brindado.

A mis sobrinos Rosa Angela, America Jaqueline y Carlos por enseñarme que en esta vida siempre hay que sonreír aún en momentos difíciles.

A mi gran amigo Miguel Sanchez Hernández por brindarme su amistad y apoyo en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme permitido terminar esta licenciatura.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C. E. I. E. P. A) por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, así como darme la oportunidad de aplicar mis conocimientos.

A mi asesor **M.V.Z. MSc Ernesto Avila González** por darme la oportunidad de realizar esta tesis, por impulsarme a superarme continuamente y por brindarme su confianza.

A mi asesor **M.V.Z. Rene Morales López** por brindarme su amistad y apoyo.

Se agradece al **M.V.Z. Ismael Rivera de Vimifos** y al **Dr. Mamduh Sifri de ADM**, las sugerencias, las vitaminas empleadas y el apoyo económico recibido para la realización de este estudio.

Al grupo de Académicos del C.E.I.E.P.A (**M.V.Z. Elizabeth, Ezequiel, Jaime, Tomas, Marco, Benjamin, Arturo, Roberto, Manuel**) por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mis amigos (**Monica, Oscar, Freddy, Manuel A, Arturo R, Marco G**) por los grandes momentos que pasamos juntos.

CONTENIDO

PAGINA

RESUMEN 1

INTRODUCCION 2

HIPOTESIS 28

OBJETIVOS..... 28

MATERIAL Y METODOS 29

RESULTADOS Y DISCUSION 32

CONCLUSIONES 35

LITERATURA CITADA..... 36

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

PAGINA

FIGURA 1. COMPARTIMENTOS INVOLUCRADOS EN EL TRANSPORTE DE CALCIO EN LA GALLINA DE POSTURA.....	17
FIGURA 2. RESPUESTA FISIOLÓGICA ANTE BAJOS NIVELES PLASMÁTICOS DE CALCIO.....	20
FIGURA 3. RESPUESTA FISIOLÓGICA ANTE BAJOS NIVELES PLASMÁTICOS DE FOSFORO.....	21
FIGURA 4. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA VITAMINA D₂ (ERGOSTEROL) Y DE LA VITAMINA D₃ (COLECALCIFEROL).....	23
FIGURA 5. BIOSÍNTESIS DE LA VITAMINA D.....	25
CUADRO 1. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BÁSALES EMPLEADAS EN LA GALLINA JOVEN.....	42
CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BÁSALES EMPLEADAS EN LA GALLINA VIEJA.....	43
CUADRO 3. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN GALLINA DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1).....	44
CUADRO 4. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL HUEVO EN GALLINAS DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1).....	45
CUADRO 5. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN GALLINA DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2).....	46

CUADRO 6. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL HUEVO EN GALLINAS DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2)	47
FIGURA 6. EFECTO DEL NIVEL DE CALCIO SOBRE EL PORCENTAJE DE POSTURA EN GALLINAS DE PRIMER CICLO.....	48
FIGURA 7. EFECTO DEL NIVEL DE CALCIO SOBRE LA MASA DE HUEVO DIARIA EN GALLINAS DE PRIMER CICLO.....	49
FIGURA 8. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL GROSOR DEL CASCARÓN EN GALLINAS DE PRIMER CICLO.....	50
FIGURA 9. EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL GROSOR DEL CASCARON EN GALLINAS DE SEGUNDO CICLO	51

RESUMEN

Miguel García Hernández. Mejoramiento de la calidad del cascarón con la adición de 25-hidroxicolecalciferol (25-(OH)D₃) en dietas de gallinas de primer y segundo ciclo (Bajo la dirección de: **M.V.Z. MSc Ernesto Avila González, M.V.Z. Rene Morales López**).

Con el objeto de estudiar si la adición extra a las dietas de postura con 25-hidroxicolecalciferol (25-(OH)D₃), mejora la calidad del cascarón del huevo, se realizaron dos experimentos con gallinas ISA BABCOCK B-300 de primer y segundo ciclo. Se emplearon en el primero 300 gallinas de 32 semanas de edad y en el segundo experimento 128 gallinas de 82 semanas de edad; en los dos experimentos se emplearon 4 tratamientos con 4 réplicas de 12 aves y 8 aves respectivamente. Las gallinas jóvenes (Experimento 1), se alimentaron con dietas sorgo+soya con un nivel alto en calcio 3.75 %, 0.40 % de fósforo disponible y 16 % de proteína y con un nivel bajo en calcio 3.25 %, 0.30 % de fósforo disponible y 16 % de proteína. Las gallinas viejas (Experimento 2), se alimentaron con dietas sorgo+soya con un nivel alto en calcio 4.10 %, 0.30 % de fósforo disponible y 15 % proteína y con un nivel bajo en calcio 3.25 %, 0.25 % de fósforo disponible y 15 % de proteína. En los experimentos se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2; los tratamientos fueron 1. - Dieta alta en calcio, 2. - Como 1 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro /Ton, 3. - Dieta baja en calcio y 4. - Como 3 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro /Ton. La duración de los experimentos fue de 10 semanas. Los resultados en el Experimento 1 mostraron que el peso promedio del huevo, índice de conversión y consumo de alimento no eran diferentes estadísticamente (P<0.05) entre tratamientos. El porcentaje de postura y la masa de huevo g/día fueron mejores (P<0.05) con el nivel bajo en calcio. La calidad interna del huevo, las unidades Haugh y color de la yema no mostraron diferencia (P<0.05) entre tratamientos. En la calidad externa del huevo, el grosor del cascarón fue mejor (P<0.05) con la adición de 25-(OH)D₃. En el Experimento 2, los resultados de peso promedio de huevo, porcentaje de postura, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo no mostraron diferencia (P<0.05) entre tratamientos. En la calidad interna del huevo las unidades Haugh y el color de la yema, no se encontró diferencia estadística (P<0.05) entre tratamientos. En la calidad externa del huevo, el grosor del cascarón, fue mejor (P<0.05) con la adición de 25-(OH)D₃. Esta información indica que la adición de 25-Hidroxicolecalciferol a la dieta mejora la calidad externa del huevo en gallinas ISA BABCOCK B-300 de primer y segundo ciclo de postura.

INTRODUCCION

La avicultura mexicana ha sido una de las actividades del subsector pecuario con mayor crecimiento. De 1972 a 1995 la producción de huevo creció a una tasa promedio anual del 5.75 %, tasa superior a la tasa de crecimiento promedio anual de la población la cual fue en ese mismo periodo de 2.5 %, lo que determinó, para el caso de huevo para plato, un aumento en el consumo per cápita que paso de 1972 de 6.36 kg a 15.9 Kg en 1995, además solamente diez empresas aportaron el 40 % de la producción nacional.³

La constancia, dedicación y esfuerzo de los avicultores han hecho que la avicultura mexicana en la actualidad haya alcanzado un alto nivel de eficiencia y productividad dentro de la actividad económica nacional. En 1996 se participó con el 56 % de la producción pecuaria del país. Esto y el alto nivel tecnológico mexicano en el que se ha desarrollado nuestra industria, la colocan a la altura de las mejores del mundo. Los productores avícolas mexicanos actualmente ocupan el 5º lugar dentro de la producción mundial de huevo superados por China, E.U.A, Japón y Rusia y el 4º lugar como consumidores de este producto.⁴⁵

Por muchos años los productores de huevo han pensado que el éxito de sus granjas está dado por la cantidad de huevo producido; sin embargo, actualmente y a nivel mundial se habla de la importancia de la " calidad del huevo " considerándola como el principal factor a tomar en cuenta, ya que es el resultado final de hacer bien las cosas durante todas las etapas de la cadena reproductiva. El mejorar la calidad del huevo no solo beneficiará al consumidor, si no también reportará mayores ganancias económicas al avicultor.²¹

Actualmente en todos los países que poseen una avicultura desarrollada, la proporción de huevos rotos o dañados accidentalmente supone como mínimo de un 7 a un 8 % del total producido. Por este concepto se perdieron en Francia en el año de 1985, alrededor de los mil millones de unidades lo que pudo equivaler a

unos 400 millones de Francos, en España en 1991 las pérdidas por este concepto pueden haber superado los 10,000 millones de pesetas.⁵⁸

Lamentablemente en México no se cuenta con datos acerca de las pérdidas de huevo por rompimiento, asociado con un cascarón defectuoso.

Para la actividad avícola especializada en producción de huevo, existe marcado interés en la calidad del cascarón, debido a que un cascarón defectuoso representa un huevo perdido, lo cual reduce la eficiencia económica de esta industria.¹²

La importancia de la resistencia del cascarón del huevo no puede ser subestimada. En parvadas comerciales de postura, la ruptura de huevos promedia un 6-8 %, en parvadas reproductoras pesadas es algo más alta. Esto representa una pérdida económica significativa. Washburn ⁶⁶ indicó que la ruptura en la postura promedia 3.5 %, con rangos desde 0.3 a 8.2 % durante la colecta y desde 1 a 11 % durante su procesamiento. Las pérdidas durante la transportación promedian 1%.⁷

El daño del cascarón se relaciona directamente con la resistencia del mismo y esta, a su vez está determinada por el grosor (contenido de carbonato de calcio) y la organización de la estructura. A menudo, los problemas de la calidad del cascarón pueden identificarse y corregirse antes de que se vuelvan lo bastante graves como para requerir asistencia externa.⁴³

Se han realizado numerosos trabajos de investigación en diferentes partes del mundo con el propósito de estudiar los factores y mecanismos relacionados con la formación del cascarón ¹². Una gran cantidad de investigaciones han sido realizadas para determinar el efecto que tienen los niveles de calcio en la alimentación de aves de postura.

Existe variabilidad en los resultados y esto es debido en parte a que las gallinas de postura tienen diferentes demandas de calcio en los días cuando se está formando el cascarón del huevo. El consumo de alimento es grande, en los días que se forma el cascarón comparado con los días en el cual no ocurre esto.⁸

La deposición del cascarón y la calidad del mismo están directamente relacionados con el nivel de calcio en la dieta, en un rango de 2.75 a 4 %. Aunque muchos informan que no han encontrado que el nivel del calcio afecte directamente el peso del huevo.⁵⁵

De acuerdo a la edad de la gallina, la calidad del cascarón es mejor en el primer ciclo de postura. La calidad del cascarón esta básicamente gobernada por la cantidad de cascarón por unidad de área de superficie. El peso del huevo aumenta durante las etapas finales de postura, por lo tanto la deposición del cascarón así como la calidad de este disminuye.⁴⁹

La calidad del cascarón disminuye con la edad, el grosor a las 24 semanas de edad difiere del final de la postura, esto puede ser debido a la disminución en las reservas de calcio en el tejido óseo de las gallinas viejas.²¹

Conforme la gallina se hace vieja, los requerimientos de calcio aumentan y disminuye la producción de huevo. La capacidad de absorber calcio en la dieta también decrece.⁷

La vitamina D₃ en dietas de aves es necesaria para que se absorba, transporte y utilice el calcio y el fósforo.²³

Se ha demostrado que el metabolismo del colecalciferol (vitamina D₃) a 25 Hidroxicolecalciferol es necesario para la actividad efectiva de esta vitamina. Esa observación estimuló la investigación acerca de los posibles beneficios de varios metabolitos de la vitamina D₃ cuando son adicionados al alimento de aves.

Muchos trabajos informan que la adición de metabolitos de vitamina D₃, mejoran la calidad del cascarón del huevo.³¹

La 25-Hidroxicolecalciferol, es una forma más activa que la vitamina D₃, está reconocido como un suplemento nutricional efectivo. La substitución de 25-(OH)D₃ por D₃ en dietas de gallinas, ha demostrado un pequeño efecto pero consistente sobre la calidad del cascarón del huevo, en gallinas sexualmente maduras sin tener en cuenta el nivel de calcio.⁴¹

También se produce un mejoramiento en la resistencia del cascarón comparado a la D₃, particularmente en dietas con niveles bajos de fósforo.⁵¹

En gallinas viejas (144 vs 74 semanas de edad), se mejoró la resistencia del cascarón y la postura del huevo al utilizar la 25-(OH)D₃, pero no en gallinas jóvenes.²⁹ Estos experimentos muestran que una adición extra de vitamina D₃ en forma de 25-(OH)D₃, mejora la calidad del cascarón del huevo en gallinas de primer y segundo ciclo.

FORMACIÓN DEL HUEVO

En el aparato reproductor de la gallina sólo el ovario izquierdo es funcional; el ovario derecho se atrofia durante el desarrollo embrionario. El ovario izquierdo de las aves inmaduras está constituido aproximadamente por 14 mil óvulos, de los cuales de 200 a 300 alcanzan su madurez y son ovulados durante el primer ciclo¹⁸

La yema del huevo se forma en el ovario. La yema crece lentamente hasta alcanzar cerca de 32 mm de diámetro, en este punto el folículo se rompe en el estigma y la yema se libera cayendo al infundíbulo. El **infundíbulo**, atrapa a la

yema, más el blastodermo cuando es liberado; en esta región la yema puede tardar en pasar de 15 a 30 minutos, de aquí la yema continúa su paso al magno.

El **Magno**, es la región del oviducto más larga, se deposita la mayor parte de las albúminas (fluida y densa), la yema cruza esta región en un periodo de 2 a 3 horas y sigue su paso al: **Istmo**, aquí se forman las membranas interna y externa del cascarón y se adicionan cantidades insignificantes de agua, la yema tarda en pasar 1 ¼ de hora por esta región, continúa su paso al: **útero**, en esta región se forma el cascarón y a la albúmina se le agregan agua y sales, el huevo permanece aquí aproximadamente 20 horas. El huevo posteriormente pasa a la **vagina**, y finalmente es expulsado al exterior por la **cloaca**.^{11,18,53,57,66}

FORMACIÓN DEL CASCARÓN

Diez horas después de la ovulación y mientras continúa la hidratación de la clara, se inicia el desarrollo básico de los cristales de carbonato de calcio, debido a que el útero no almacena cantidades significativas de calcio, este ion tiene que ser extraído continuamente de la sangre. El mecanismo por el cual es movilizado a través de la mucosa del útero no está claro, aunque seguramente el transporte activo está involucrado. La combinación de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ para producir el bicarbonato, es catalizado por la enzima anhidrasa carbónica, la cual ha sido localizada en la mucosa del útero. No se ha demostrado totalmente en que forma los radicales carbonato de la parte mineral del cascarón son secretados en el lumen del útero y que mecanismos están involucrados en su síntesis por lo que se sugiere lo siguiente en la formación del carbonato sea del CO_2 de origen metabólico o del bicarbonato, se producen la liberación de dos protones. Existe secreción de sodio efectuada por las células glandulares en el lumen uterino, con el fin de respetar el equilibrio de las cargas eléctricas, el sodio (Na^+) es acompañado por el cloro (Cl^-) procedente del plasma sanguíneo y por el bicarbonato (HCO_3^-) producido fundamentalmente en el interior de la célula por la

hidratación del CO₂ en presencia de la enzima, anhidrasa carbónica. La inhibición de esta enzima suprime casi totalmente la formación del cascarón y la transferencia de calcio.^{12,53,66}

Estudios realizados han demostrado que la anhidrasa carbónica, está presente en las células glandulares tubulares del útero⁵⁷. Los cristales de calcita formados se depositan sobre una matriz orgánica. Esta matriz orgánica, contiene proteínas específicas en cuya síntesis intervienen enzimas asociadas con elementos traza.

COMPOSICIÓN DEL CASCARÓN

La composición del cascarón, como término medio es la siguiente; El cascarón representa de un 8 a 9 % del huevo fresco. Contiene un 90 % de minerales, el 98 % es calcio en forma de cristales de calcita, el fósforo y magnesio están en pequeñas cantidades y se encuentran trazas de Na, K, Zn, Mn, Fe y Cu. El único oligoelemento presente en una cantidad muy pequeña es el manganeso (7ppm).^{25,30,37,38,50}

ESTRUCTURA DEL CASCARÓN

En el huevo de gallina doméstica, el espesor del cascarón, oscila entre 300-400 micras; está formado por una capa proteica en la que se depositan los cristales de carbonato de calcio.⁵⁸

La variación del grosor del cascarón es considerable a través del ciclo de postura, en general el normal oscila entre 400 a 280 micras. Las capas empalizadas y cuerpos mamilares ocupan la mayoría del grosor de cascarón y la porción restante la ocupa las membranas de la superficie cristalina de la cutícula⁵⁰. Stadelman estima que el grosor del cascarón no debe ser menor a 330 micras para que no se rompa.⁵⁷

La estructura básica del cascarón del huevo es similar en todas las especies aviares.⁵⁰ El modelo general se caracteriza por estar constituido por 6 capas que de adentro hacia fuera son las siguientes:

Membrana interna y externa; son dos capas de una fibra proteica depositadas en la región del istmo del oviducto, no están calcificadas y se encuentran adheridas entre sí, excepto en el polo ancho donde se separan para formar la cámara de aire. La superficie interior de la membrana interna tiene una capa delgada para proteger la albúmina, constituyen un 4 % del peso del cascarón y consta de una matriz proteica rodeada de mucopolisacáridos.^{7,18}

Existen tres capas, **la mamilar, la columnar o empalizada** y la **crystalina**, estas tres capas están calcificadas con calcio depositado sobre una malla orgánica formada por una matriz proteica rica en mucopolisacáridos. La sustancia orgánica del cascarón, tiene una gran afinidad por el calcio.

La **capa mamilar** es la porción interna del cascarón de huevo más calcificada. La calcificación de esta estructura comienza en la unión del istmo con el útero. La capa mamilar está íntimamente relacionada o anclada en la membrana externa, que cubre la cabeza de cada cuerpo mamilar. A partir de estas bases se inician los procesos de formación de los cristales de calcio. Los cristales crecen del centro y las fibras cercanas van quedándose abajo mientras el cristal crece. Eventualmente los cristales crecen hasta que se fusionan con formaciones adyacentes. Las protuberancias fusionadas forman el área cónica de la capa mamilar. Cerca de dos tercios de toda la materia orgánica encontrada en porción calcificada del cascarón está en la capa mamilar.^{7,18} Los cuerpos mamilares contienen gran cantidad de mucopolisacáridos.^{37,40}

La calidad del cascarón es optimizada cuando se tiene un gran número de protuberancias compactas y de tamaño similar. Una distribución dispareja, irregularidades en el núcleo y un tamaño imparcial de las protuberancias mamilares resulta en cascarones más débiles.⁷

Sobre las protuberancias mamilares se forma la **capa empalizada**. Esta, es una capa de columnas paralelas de cristal que se extienden para acercarse a la superficie del cascarón, es decir, la capa columnar está formada por los cristales perpendiculares a la superficie y es la capa de mayor espesor del cascarón.

La formación de la empalizada se lleva a cabo en el útero. El tamaño de la columna está altamente relacionado con la fusión de las protuberancias mamilares. Las columnas estrechas resultan en cascarones más fuertes.^{7,16}

La **capa cristalina** se caracteriza por tener mayor materia orgánica que cualquiera de las anteriores capas cálcicas. Esta formada por pequeños cristales depositados sobre una matriz proteínica muy densa.¹⁶

La estructura exterior final del cascarón es la **cutícula**, una cubierta orgánica grasosa que se deposita sobre el cascarón conforme pasa a través de la vagina. Esta estructura se seca para formar grietas y escamas, la mayoría cubriendo los poros. La cutícula funciona para regular el intercambio de gases a través del cascarón y para prevenir la invasión microbiana ⁷. Krampitz ³⁷ menciona la presencia de la anhidrasa carbónica en la matriz del cascarón.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL CASCARÓN

Tanto los huevos comerciales como incubables deberán tener un cascarón de grosor adecuado para soportar el manejo.^{12,53}

La calidad del cascarón se ve afectada como consecuencia directa o indirecta a distintos factores que ocurren en todas las líneas de aves, como son los siguientes:

FISIOLÓGICOS

Se ha comprobado experimentalmente que las aves que ponen huevos de mejor cascarón, son las que tienen los oviductos de mayor peso; sin embargo, no se explica cual es la causa y el efecto. Las aves ponen huevos en forma secuencial con pausas intermedias. El primer y el último huevo de cada secuencia suelen ser los de mejor cascarón. Los huevos puestos por la mañana tienen menor calidad de cascarón que los puestos por la tarde, ya que éstos tienen mayor concentración de minerales y un mayor contenido de fósforo y magnesio.²¹

El porcentaje de huevos rotos aumenta en situaciones de estrés, en esta situación se responde liberando adrenalina, lo que produce una contracción del útero. Si esto ocurre en los primeros estadios de calcificación aumenta la incidencia de huevos rotos.²¹

AMBIENTE EN EL ÚTERO

Un mayor peso en el tejido del útero da como resultado cascarones más densos y un pH más bajo es de gran beneficio. Agregar sal al agua de bebida ocasiona un incremento en los defectos del cascarón y puede causar daño permanente al tejido uterino⁶. Esto puede ser el resultado de una reducción en la actividad de la

anhidrasa carbónica de la glándula cascarógena. ⁴⁴ Las gallinas que producen cascarones de alta calidad son capaces de movilizar más calcio, lo cual es evidenciado por la ATPasa altamente dependiente de calcio. ⁶⁷

TIEMPO EN EL ÚTERO

Generalmente, cuando el huevo pasa mucho tiempo en el útero se forma más cascarón, si la secuencia de postura es interrumpida, la primera ovoposición resulta en un cascarón débil. Esto puede pasar debido al tiempo que tarde la postura, los huevos al final de la postura se retienen más tiempo, o esto puede ocurrir por un comportamiento anormal de las aves. ⁷

TIEMPO DE OVOPOSICIÓN

Los cascarones de los huevos de la mañana no son tan resistentes como los de la tarde y éstos además son más pequeños y de forma más normal. El aumento en la resistencia del cascarón puede deberse a más horas luz durante la formación del cascarón, permitiendo así un mayor consumo de calcio aunque esto no explica totalmente el fenómeno. Los huevos puestos en la tarde tienen en el cascarón más ceniza, magnesio y fósforo en comparación con los huevos de la mañana. El contenido de calcio de los cascarones no es diferente, pero los de la tarde tuvieron más cascarón total. ³²

NIVEL DE DEPOSICIÓN DE CASCARÓN

Las gallinas difieren entre cada una en su nivel de deposición de cascarón y ésta diferencia no es debida al intervalo entre posturas o el largo de la misma. Las gallinas que producen cascarones más delgados tienen mayor retención de calcio de la dieta, pero también utilizan calcio óseo para formar cascarones, estas

gallinas también retienen más calcio en los días en que no forman cascarones, aparentemente para recuperar sus reservas de hueso.⁹

La hormona paratiroidea, que es secretada por la glándula paratiroides, moviliza el calcio del hueso e incrementa la excreción de fosfatos en la orina. La calcitonina secretada en el último par braquial, es la hormona que reduce el calcio sérico e inhibe la resorción ósea. Aunque el papel de la calcitonina parece ser relativamente menor, éstas hormonas actúan concertadamente, manteniendo la constancia de la concentración de Ca en los líquidos corporales, la resorción es regulada por la hormona paratiroidea.^{24,61}

MANEJO

Entre los principales problemas que pueden afectar la calidad del huevo tenemos los siguientes:

- a) Interrupciones en el suministro de agua y alimento.
- b) Aves subalimentadas durante la crianza.
- c) Falta de ajuste en comederos y bebederos.
- d) Densidades de población alta.

Los manejos adecuados en el equipo y en la recolección del huevo reducen el porcentaje de huevo roto.^{5,21,30,57}

EDAD

La calidad del cascarón disminuye con la edad; el grosor del cascarón a las 24 semanas de edad difiere al del final del período de postura, esto puede ser debido a la disminución en las reservas de calcio en el tejido óseo de las gallinas viejas.²¹

Conforme la gallina se hace vieja, los requerimientos de calcio aumentan y la producción de huevo disminuye, la capacidad de absorber calcio en la dieta

también disminuye ², tal vez debido a la baja capacidad renal en hidroxilar el 25-(OH)D₃. ¹ Así que la ingesta diaria y los requerimientos nutricionales para el calcio permanecen relativamente constantes. Proporcionando 1,25-(OH)₂D₃ en el alimento mejora la calidad del cascarón en gallinas viejas. ⁶³

El mayor tamaño del huevo con la edad, ocasiona en el cascarón, un factor de contribución importante en la disminución de la resistencia del cascarón, pues el útero necesita la misma cantidad de calcio, pero tiene que ser distribuida en una mayor superficie. La importancia de los cambios en la fuerza del cascarón y rompimiento con la edad es obvia, cuando algunas comparaciones se han hecho de la resistencia del cascarón en las fases tempranas y tardías de la producción ^{18,25,28,53,58,68}

En gallinas viejas la calidad del cascarón disminuye y el hueso se debilita en la cantidad de minerales conforme avanza la edad. ²³

MEDIO AMBIENTALES

Las temperaturas altas ocasionan un descenso en la actividad de la anhidrasa carbónica en el útero y el riñón, dando como resultado cascarones más delgados. Cuando se presentan temperaturas altas disminuye la cantidad de anhidrasa carbónica en la sangre, pero no hay cambio en los niveles del hígado, pulmón e hígado. El decremento en la actividad de la anhidrasa carbónica en el útero y el riñón está asociado a la presencia de granulaciones en el cascarón. ²⁶ Las gallinas que están sometidas a una temperatura moderada constante, son menos tolerantes al estrés por calor que las expuestas a un patrón de temperatura cíclico. ¹⁷ También las temperaturas altas reducen el consumo de alimento y por consiguiente se reduce el consumo de calcio. ³⁷ A la vez que las concentraciones de Ca sanguíneo disminuyen durante el estrés calórico. Se ha encontrado mayor pH sanguíneo en aves sometidas a temperaturas mayores a 35°C, este efecto es

debido a la eliminación de CO₂ durante el jadeo, disminuyendo la presión parcial de CO₂ en sangre y entonces el organismo recurre a su reserva de bicarbonato.

La elevación en el pH sanguíneo, reduce las reservas de Ca libre al aumentar las concentraciones de calcio ligado a proteínas. En gallinas de postura la alcalosis respiratoria en el estrés calórico, disminuye la calidad del cascarón y este efecto es exclusivamente debido a la disminución de bióxido de carbono disponible.^{39,57} El peso específico del huevo, el peso del cascarón y su grosor alcanzan sus valores más elevados en invierno y los más bajos en verano.²¹ Estos factores indican el grado con el cual las altas temperaturas ambientales pueden repercutir sobre el proceso fundamental de la formación del cascarón.

INFECCIOSOS

Afectan principalmente el aparato reproductor, los virus de Bronquitis Infecciosa, Enfermedad de Newcastle y las enfermedades bacterianas también puede afectar el consumo de alimento como: Colibacilosis, Enteritis inespecíficas en general, reducen el consumo de alimento y de calcio ingerido y a su vez se afecta la calcificación del hueso y del cascarón.⁵

GENETICOS

La genética juega un papel muy importante en la calidad del cascarón, en las gallinas para producir cascarones fuertes.³⁰ La selección genética de las estirpes modernas en cuanto a la calidad del huevo se basa fundamentalmente en el espesor del cascarón²¹ y la heredabilidad de la dureza del cascarón tiene una media de 0.30 a 0.40 %.⁵⁷

Existen diferencias entre el espesor del cascarón blanco y café, los últimos son generalmente más gruesos.^{13,48} La resistencia del cascarón es heredable, sin

embargo, su correlación es negativa con otras características de producción.³⁰ El tamaño del huevo típico de una estirpe influirá en la calidad del cascarón, se produce menos cascarón en huevos más grandes. Esta deficiencia en la calidad del cascarón puede ser compensada mediante la limitación del incremento en el tamaño de los huevos conforme las aves se hacen viejas, por medio de manipulación de dietas.⁵⁶

CALCIO

La función del calcio en el organismo es múltiple, actuando como un macroelemento, además es un constituyente esencial para la normal hipertrofia y meduración de los condrocitos del hueso, en el que se acumula. El calcio libre iónico de los líquidos, actúa en los procesos metabólicos de coagulación de la sangre, en la regulación de la excitabilidad nerviosa y contracción muscular, clave para la normalidad del ritmo cardíaco y en el mantenimiento ácido-base, así como en la producción y calidad de cascarón.^{52,61}

Las necesidades de calcio de las gallinas en postura, de acuerdo con lo indicado por el Consejo Nacional de Investigación en 1994, son de 3.25 %; sin embargo, algunos investigadores han encontrado que si aumenta el contenido de calcio, hasta 5 % se obtiene mejora del cascarón cuando su calidad está declinando, pero este nivel no es recomendable ya que en muchos de los experimentos la producción se redujo, por una disminución en el consumo de alimento¹², hubo menor tamaño del huevo, heces más líquidas y mayor incidencia de depósitos calcáreos en la superficie del cascarón.²¹ El mayor requerimiento con la edad, aparentemente radica en una menor metabolización de calcio en las gallinas viejas y se presentan por tal razón, principalmente problemas de mala calidad del cascarón. En virtud de los altos requerimientos del calcio para la formación del cascarón, no es sorprendente que un consumo inadecuado, resulte en cascarones delgados. En promedio un huevo contiene aproximadamente 2g de calcio y el

peso de una gallina ponedora es de 2 kg, su esqueleto contiene aproximadamente 20g de calcio, lo que significa que cada huevo contiene aproximadamente 10 % del calcio total del organismo. Es importante señalar que la necesidad de calcio para máxima producción de huevo, es menor que la necesidad para máxima calidad del cascarón.¹² Una deficiencia de calcio en la dieta conduce a un progresivo adelgazamiento del cascarón, seguido de un cese completo de la puesta, probablemente por la inhibición en la secreción de gonadotropinas.⁶¹

Existen ciertos límites de consumo en la práctica (3.5-4.5g Ca/ave/día). El espesor del cascarón aumenta en 0.06g por cada g, extra de calcio ingerido.²¹

Las fuentes de calcio compuesto que son utilizadas para la formación del cascarón, fundamentalmente vienen de la dieta, de la corteza o de la médula de los huesos. Durante el pico de producción, la gallina deberá obtener el calcio a partir de éstas reservas para formar los cascarones. La absorción de calcio en el intestino se ve incrementada por la conversión de 25-(OH)D₃ hacia 1,25-(OH)₂D₃ en el riñón. Esto ocurre cuando los niveles de calcio o fósforo sanguíneo están bajos, o por la presencia de hormona paratiroidea, durante la formación del cascarón. Después de está conversión el 1,25-(OH)₂D₃ es dirigido hacia el intestino donde activa la síntesis de una proteína ligadora de calcio, la cual transporta el calcio hacia la sangre. En gallinas de 42 semanas de edad, al incrementar el calcio en la dieta, aumenta la retención del mismo y mejora el cascarón.⁸

La presentación de la fuente de calcio también es un factor importante, conforme la partícula se hace más pequeña hasta llegar a ser muy fina, la gravedad específica, las cenizas del hueso y el peso del cascarón disminuyen su peso por unidad de superficie.¹⁶ Las fuentes de calcio en presentación de partículas gruesas aumentan la fuerza de los huesos y el contenido de cenizas de los mismos, pero tienen poco efecto sobre la calidad del cascarón.²⁷

El transporte de calcio hacia el cascarón, involucra a algunos sistemas fisiológicos especializados presentes en la gallina de postura.²² Los compartimentos involucrados en el transporte de calcio hacia el útero en la gallina de postura se muestran en la Figura 1.

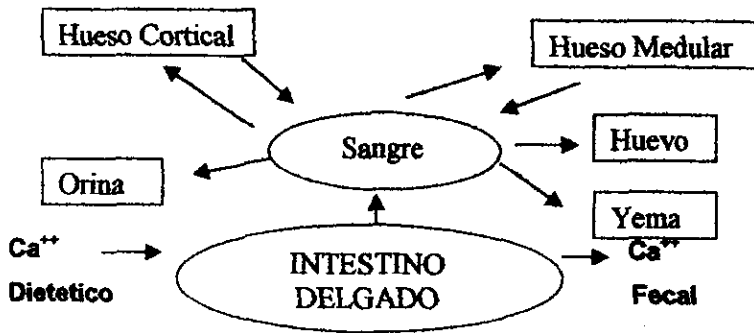


Figura 1: Compartimentos involucrados en el transporte de calcio en la gallina de postura. Fuente: Etches, 1987.²²

Pocos elementos, si los hay, pueden estar involucrados en tantas reacciones metabólicas como el calcio, por lo que su control dentro de límites estrechos es de suma importancia. En este aspecto, el control hormonal parece ser el factor que ejerce mayor influencia sobre las reservas corporales de este elemento. Cuatro sistemas endocrinos regulan estos procesos: La vitamina D₃ (1,25-Dihidroxicolecalciferol), la hormona paratiroidea, la calcitonina y los estrógenos.^{33,39}

FÓSFORO

El fósforo es un elemento importante para la formación del cascarón, no por que el cascarón contenga una cantidad importante de este elemento, sino por la relación que tiene con el calcio para la formación del cascarón. El calcio es almacenado en el esqueleto casi totalmente como fosfato cálcico, por lo que la síntesis del hueso medular requiere de fósforo de la dieta.¹²

Una deficiencia de fósforo o una alteración grande en la relación Ca: P de la ración produce raquitismo, el exceso de uno de los elementos precipita al otro en el intestino.⁵⁷

Cuando las gallinas reciben una dieta inadecuada en fósforo, se observan huevos con cascarón delgado, la resistencia se reduce y hay un aumento en el número de huevos sin cascarón; es probable, que el fósforo ejerza su efecto sobre la formación del cascarón, afectando el metabolismo mineral en el hueso.¹²

Las necesidades diarias en fósforo utilizable de las aves en general varían alrededor de 300 mg en gallinas viejas y 400 mg en gallinas jóvenes. Niveles inferiores a los recomendados pueden producir cascarón delgado y problemas de fatiga de jaula; niveles superiores afectan la calidad del cascarón, debido a que el fósforo limita la utilización de calcio por el organismo e influye indirectamente con la resistencia del cascarón.²¹ La relación Ca: P disponible, en gallinas ponedoras debe ser de 10:1 en general.

INTERACCIONES CALCIO-FÓSFORO DIETARIO Y SU CONTROL HOMEÓSTATICO EN GALLINAS DE POSTURA

Las concentraciones plasmáticas de calcio en gallina de postura fluctúan diariamente entre 20 y 25 mg/decilitro.²²

Durante los periodos de obscuridad y en ayunas, la gallina generalmente se encuentra en estado activo de formación del cascarón, en este momento, la secreción de calcio de la sangre al útero es de aproximadamente de 100-200 mg/hora. De continuar está tasa de secreción y no tener alguna fuente disponible de calcio, las reservas de este elemento se agotarían en un tiempo no mayor de 7-15 minutos.²² Sin embargo un incremento en la absorción intestinal y la movilización ósea, son fuentes alternativas para cubrir esas demandas. Ambas opciones dependerán de las concentraciones de calcio presentes en la dieta.⁴

Se ha demostrado que la cantidad de calcio y fósforo contenidos en la dieta ejercen un profundo efecto sobre la tasa de absorción intestinal de calcio. La absorción de calcio y el consumo del mismo guardan una relación proporcional, es decir, a consumos elevados de calcio existe una absorción incrementada del mismo. Sin embargo, si se considera la tasa de absorción en función al porcentaje de consumo, la relación resulta inversa, esto es, conforme disminuye el consumo de calcio, se incrementa la tasa de absorción.²²

Existe una adaptabilidad de las gallinas a los diferentes contenidos de calcio presentes en la dieta. En caso de consumos bajos de calcio, la capacidad de absorción está mediada por la hormona paratiroidea y por la estimulación directa a la 1-alfa-hidroxilasa renal, con la cual se incrementa la síntesis de la 1,25-(OH)₂D₃ y por consiguiente, la absorción de calcio se incrementa como se ve en la Figura 2.^{4,10,54} En está respuesta además de intervenir la proteína ligadora de calcio,

otros constituyentes intestinales como la adenosin trifosfatasa y la leucina aminopeptidasa potencializan el incremento en la absorción.²²

También se ha mostrado que niveles bajos de fósforo en la dieta, estimulan la síntesis de $1,25-(OH)_2D_3$, y por consiguiente la absorción de calcio ^{4,22}, aún en presencia de niveles normales o elevados de calcio en la dieta.²²

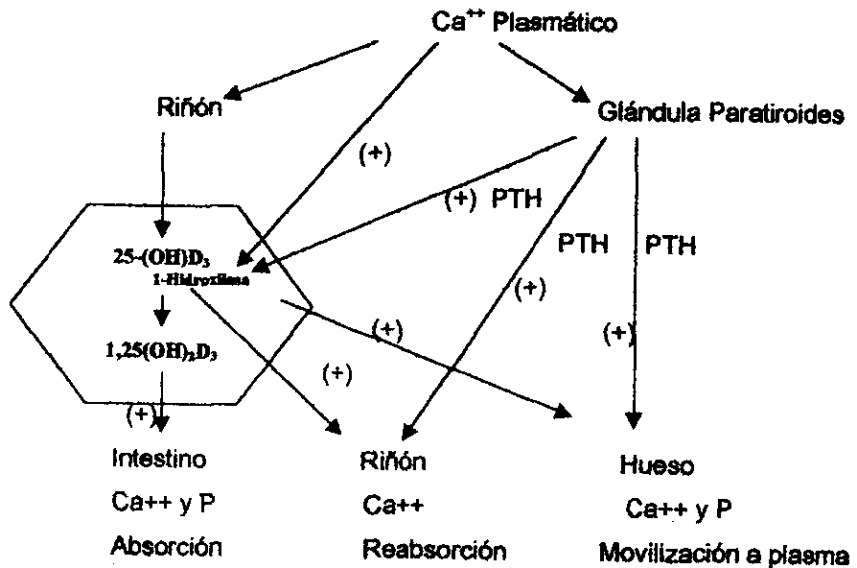


FIGURA 2. Respuesta fisiológica ante bajos niveles plasmáticos de calcio.

Fuente: Audiffred, 1997.⁴

El mecanismo por el cual se presenta este fenómeno es posiblemente mediado por un "Factor de Crecimiento" análogo a la insulina (FCAI) y no por la acción de la hormona paratiroidea, como en el caso de una deficiencia de calcio, ya que esta última se encuentra inhibida (Figura 3).^{4,22} Este último punto es de suma importancia, ya que al estar inhibida la hormona paratiroidea, ocurre una

excreción elevada de calcio a través de la orina y de continuar esta pérdida por un tiempo prolongado, conduce a un estado de osteopenia.⁴

La función del hueso medular como fuente alternativa de calcio para la formación del cascarón es importante. Primeramente, la tasa de recambio del hueso cortical en esos momentos. Segundo, el hueso medular está presente en las gallinas solamente cuando la ovulación es eminente y este se forma bajo influencia estrógena y androgénica. Finalmente, los niveles de fosfatasa ácida y fosfatasa alcalina, las cuales reflejan actividad osteoclástica y osteoblástica respectivamente, cambian de manera alternante, es decir, durante los periodos de calcificación, el nivel de fosfatasa ácida es alto, mientras que el de fosfatasa alcalina lo está cuando no está ocurriendo la formación del cascarón.²²

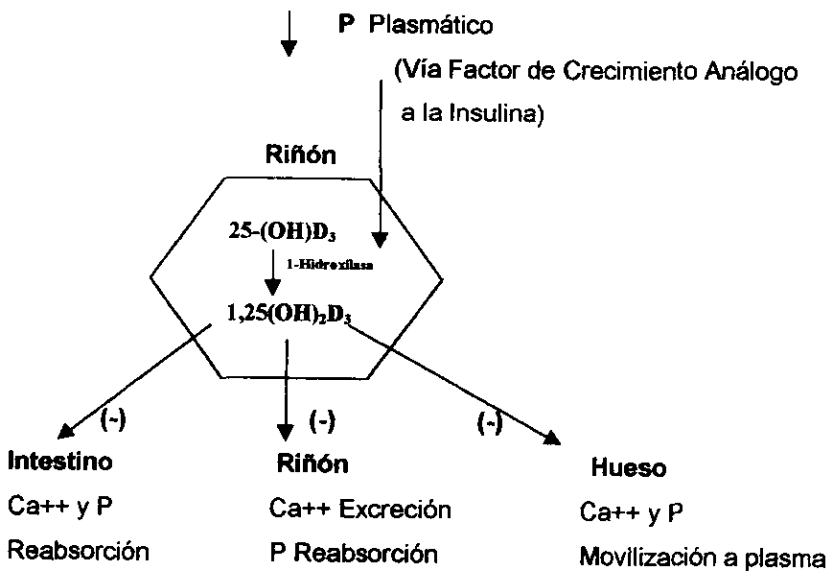


Figura 3. Respuesta fisiológica ante bajos niveles plasmáticos de fósforo.

Fuente: Audiffred, 1997.⁴

BALANCE ÁCIDO – BÁSICO

El pH sanguíneo es controlado por el sistema "buffer" o amortiguador de bicarbonatos. Este sistema está altamente relacionado con la calidad del cascarón durante la formación de carbonato de calcio para el cascarón del huevo, el cual se necesita en altos niveles, esto tiende a producir condiciones más ácidas. El ácido es removido por hiperventilación (remoción de CO₂) y la formación de orina acidificada, la acidosis resulta si ésta remoción no es adecuada, los minerales que incrementan la carga ácida (cloro, fósforo, sulfato) en altos niveles causan problemas en la calidad del cascarón.³⁶

VITAMINA D

La vitamina D es un secoesterioides ^{48,60} es considerada como el factor más importante que determina la tasa de absorción del calcio a nivel intestinal y mantiene la homeostásis de este elemento. Se menciona que es necesaria para la reproducción normal de la gallina y para la pigmentación normal del plumaje en algunas razas de gallinas.¹⁸ Todas las formas vitamínicas D derivan del núcleo esteroide de la colesteroína, del cual la vitamina D₃ o el colecalciferol es la más habitual.⁵² Las dos fuentes naturales de vitamina D son el ergosterol (vitamina D₂) presente en el follaje de las plantas y el colecalciferol (vitamina D₃) es sintetizado en la piel.^{19,46} Sin embargo las aves solo pueden metabolizar eficientemente el colecalciferol, ya que el ergosterol es poco funcional para ellas, ya que posee solamente 1/10 de actividad de la D₃ **Figura 4.**⁴⁶

Nuevamente el 25-(OH)D₃ se liga a DBP para llegar al riñón, donde sufre una nueva hidroxilación, con participación de la 1 alfa- hidroxilasa y la 24- hidroxilasa respectivamente, ambas enzimas son mitocondriales del tipo citocromo P-450^{19,60}, originando diferentes metabolitos, tales como 24,25 dihidroxicolecalciferol de la cual no se ha encontrado alguna función biológica específica de importancia^{4,46}, aunque parece ser que bajo ciertas condiciones fisiológicas, es necesario junto con la 1,25-(OH)₂D₃ para regular la movilización de calcio durante el proceso de calcificación del cascarón⁶⁴, así como, para que se lleve a cabo una incubabilidad normal del huevo⁴⁷ 25,26-dihidrocolecalciferol y la 1,25-dihidrocolecalciferol son requeridos. La 1 alfa hidroxilasa es activada por la paratohormona, la que a su vez inhibe a la 24-hidroxilasa. El 1,25 dihidrocolecalciferol es la forma metabólicamente activa de la vitamina D₃, la cual es considerada como hormona por su mecanismo de acción, a través de la vía clásica de interacción hormona – receptor con el genoma.^{19,46}

Esta hormona (1,25-(OH)₂D₃), se liga a una proteína ligadora que actúa como receptor de membrana (DVR), presente en la glándula paratiroides, las células intestinales, renales y óseas, de esta manera es transportada al genoma. En el genoma induce la transcripción de proteínas ligadoras de calcio, la que tiene como función la de transportar el calcio o bien de almacenarlo. Es así como la presencia de esta proteína favorece la absorción de calcio a nivel intestinal, la reabsorción renal en túbulos contorneados distales y la resorción del tejido óseo, mediante la proliferación de osteoclastos creando un microambiente ácido para la desmineralización. Todos estos mecanismos de absorción, reabsorción y resorción están encaminadas a conservar la homeostasis de Ca: P.¹⁹

También hay otras hormonas que participan en la homeostasis del calcio como la paratohormona, la calcitonina, los estrógenos, la progesterona y los andrógenos. En la Figura 5 se aprecia la síntesis de los metabolitos de la vitamina D₃.^{19,60}

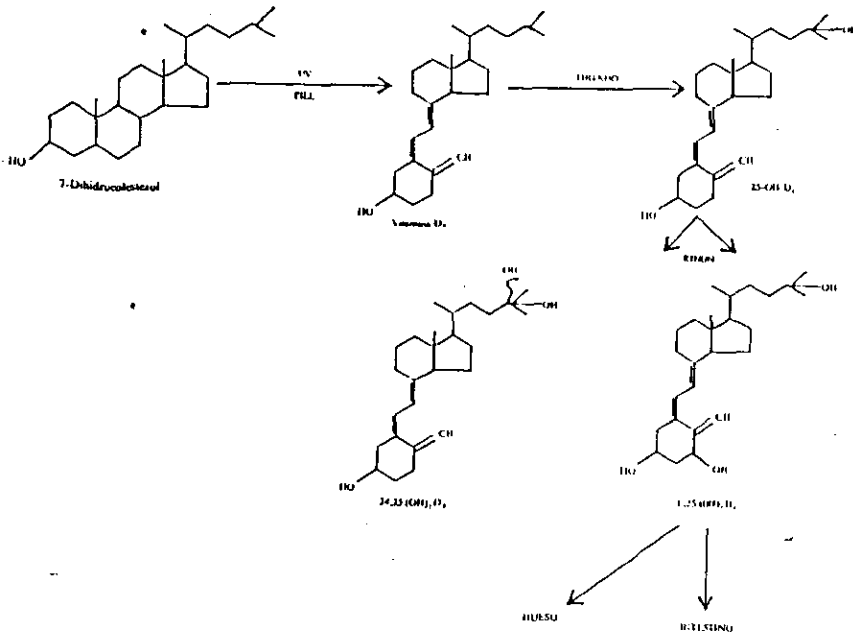


Figura 5: Biosíntesis de la vitamina D. Fuente Soares, 1995. ⁶⁰

25-HIDROXICOLECALCIFEROL 25-(OH)D₃

El 25-(OH)D₃ es resultado de la hidroxilación de la vitamina D₃ en el hígado y posteriormente pasa al riñón y dependiendo de las necesidades fisiológicas y bioquímicas del animal, el 25-(OH)D₃ es rápidamente hidrolizado para dar origen al metabolito activo 1,25-(OH)₂D₃, o bien a otros metabolitos. La administración del 25-(OH)D₃ en el alimento de animales que sufren insuficiencia hepática ya sea por infecciones vírales, bacterianas o intoxicaciones resulta benéfico, al reducir la presentación de alteraciones esqueléticas y en los parámetros productivos, al sintetizarse de forma adecuada el 1,25-(OH)₂D₃ a partir de 25-(OH)D₃ disponible.

Este metabolito parece más adecuado para la industria avícola, ya que normalmente, las dietas para gallinas se suplen solo con vitamina D₃, que puede ser menos absorbible a nivel intestinal que el 25-(OH)D₃ y menos eficiente, debido

a que ésta vitamina D₃ requiere de la hidroxilación hepática para dar origen a la 25-(OH)D₃.

El 25-(OH)D₃ presenta una serie de ventajas sobre la utilización de vitamina D₃ y sobre los otros metabolitos de esta vitamina, como pueden ser 1,25-(OH)₂D₃ o el 24,25-(OH)₂D₃. Con relación a esto, Eisman et al.²⁰ mencionan que los niveles séricos de 25-(OH)D₃ son un excelente indicador del estado o disponibilidad de la vitamina D₃. Sunde et al.⁶² observaron una mejor incubabilidad al utilizar 25-(OH)D₃ que con 1,25-(OH)₂D₃.

Se menciona un efecto benéfico del 25-(OH)D₃ sobre la eficiencia alimenticia, índice de velocidad de crecimiento, incremento en la ganancia de peso y ceniza tibial; así como, una mejor utilización típica de vitamina D₃ a los niveles indicados por el NRC en 1994 e incluso mayores.

El 25-(OH)D₃ presenta^{14,15} mejor absorción que la vitamina D₃, al parecer el 25-(OH)D₃ es absorbido por difusión pasiva, mientras que el transporte de la vitamina D₃ involucra la formación de micelas que son dependiente de energía. Una vez en el torrente sanguíneo la vitamina D₃ y el 25-(OH)D₃ se ligan a una proteína transportadora (proteína ligadora), la que presenta mayor afinidad por el 25-(OH)D₃ e incluso que para los otros metabolitos. Con respecto a la rapidez de secreción, la vitamina D₃ perdura menos tiempo en el organismo que el 25-(OH)D₃.

El 25-(OH)D₃ incrementa indirectamente también los niveles séricos de fósforo, ya que este se encuentra combinado junto con otros minerales en la hidroxapatita del tejido óseo, por lo que al ser liberado el calcio por acción de los osteoclastos también se libera el fósforo. En diversos estudios se ha detectado que la 25-(OH)D₃ fue 1.5 a 2.5 veces más efectiva que la vitamina D₃ y fue igual o ligeramente menos activa que la 1,25-(OH)₂D₃ que proviene del riñón, en

promover la adecuada osificación del esqueleto con disminución de la fragilidad ósea y deformación en patas, lo que favoreció la ganancia de peso. ¹⁹

HIPÓTESIS

El empleo del 25-Hidroxicolecalciferol en dietas de aves de postura de primer y segundo ciclo mejora la calidad del cascarón.

OBJETIVOS

- Estudiar si la adición de 25-Hidroxicolecalciferol en la dieta, mejora el grosor del cascarón, en gallinas de primer y segundo ciclo.
- Evaluar los efectos que tiene la 25-Hidroxicolecalciferol sobre los parámetros productivos.

HIPÓTESIS

El empleo del 25-Hidroxicolecalciferol en dietas de aves de postura de primer y segundo ciclo mejora la calidad del cascarón.

OBJETIVOS

- Estudiar si la adición de 25-Hidroxicolecalciferol en la dieta, mejora el grosor del cascarón, en gallinas de primer y segundo ciclo.
- Evaluar los efectos que tiene la 25-Hidroxicolecalciferol sobre los parámetros productivos.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El cual está localizado en Santiago Zapotitlán, Delegación Tláhuac, D.F, a una altitud de 2250 m s. n. m, entre los paralelos 19° 17' Latitud Norte y los meridianos 99° 02' 30" Longitud Oeste, bajo un clima templado subhúmedo, con bajo grado de humedad; (C(w)(w)). Siendo Enero el mes más frío y Mayo el mes más caluroso, con una temperatura media anual de 16° C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 mm.

Los dos experimentos se realizaron en una caseta convencional, que cuenta con jaulas en pirámide de dos pisos, donde se alojaron 300 gallinas de 32 semanas de edad y 128 gallinas de 82 semanas de edad de la línea ISA BABCOCK B-300. Las gallinas fueron distribuidas para cada experimento en 4 tratamientos y 4 réplicas con grupos de 12 aves por réplica en el Experimento 1 con gallinas jóvenes y 8 aves por réplica en el caso de las gallinas viejas en el Experimento 2.

Las gallinas se alimentaron en los dos experimentos con dietas tipo práctico sorgo + soya; en el Cuadro 1, se observan las dietas de las gallinas jóvenes y el de las gallinas viejas, se presentan en el Cuadro 2.

En el Experimento 1 con gallinas jóvenes, como en el Experimento 2 con gallinas viejas, se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2 como se señala a continuación:

* INEGI Tláhuac: Cuaderno de información básica delegacional. INEGI, México 1992.

1. - Dieta alta en calcio.
2. - Como 1 + 69mg de 25-(OH)D₃ puro (HY-D)[™] / Ton.
3. - Dieta baja en calcio.
4. - Como 3 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro (HY-D) / Ton.

Un factor fueron las dietas alta y baja en calcio y el otro factor fue con y sin adición de 25-(OH)D₃.

Se puede observar en el Cuadro 1, que los niveles de calcio empleados en el Experimento 1 fueron de 3.25% en las dietas bajas en calcio y de 3.75% para las altas en calcio. El Cuadro 2 muestra que para el Experimento 2, los niveles de calcio fueron de 3.25% y 4.1% respectivamente; correspondiendo los valores más bajos a lo recomendado por el NRC[™] en 1994 y los más altos a lo sugerido por la casa productora de la estirpe.

El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*. Se elaboraron 10 kg de alimento a las gallinas jóvenes y 9 kg de alimento a las gallinas viejas por semana. El alimento fue recogido y pesado una vez a la semana para calcular el consumo de alimento.

La duración de cada experimento fue de 10 semanas, el Experimento 1, se inició cuando las gallinas jóvenes tenían 32 semanas de edad y el Experimento 2 cuando las gallinas viejas tenían 82 semanas de edad, momento en que recibieron cada grupo de gallinas las dietas experimentales correspondientes y así continuar hasta el final del trabajo.

[™] Marca Comercial de ADM. Animal Health & Nutrition. División de Archer Daniels Midland Company.

[™] National Research Council: Nutrient requirements of poultry. 8th ed. National academy of sciences. Washington, D.C 1994.

En ambos experimentos, cada semana se resumieron los datos de porcentaje de postura, peso del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo.

Otras variables estudiadas fueron la calidad interna y externa del huevo, todos los huevos ovopositados fueron recolectados a las 5 y 10 semanas momento en que se realizaron las mediciones de: La calidad interna del huevo; está medición que se considera destructiva, se realizó en 3 huevos por réplica de cada tratamiento.

Se emplearon huevos frescos con no más de 12 horas de haber sido ovopositados, este procedimiento incluyó el pesado del huevo individual en una báscula electrónica, abrirlo y extenderlo sobre una superficie plana y lisa, para determinar con un calibrador triploide (Marca Ames), la altura de la albúmina densa en su parte más elevada (la más cercana a la yema).⁵³ Teniendo estos datos del peso y la altura de la albúmina densa, se procedió a obtener las unidades Haugh.^{53,65} El color fue medido por medio de un colorímetro de reflectancia Minolta R-300.

La medición del grosor del cascarón, fue con un micrómetro (Marca Ames), el grosor fue medido en la región del ecuador del huevo, dejando las membranas del cascarón en 3 huevos por réplica de cada tratamiento.

Los datos promedio de las variables en estudio fueron sometidos a un análisis de varianza, conforme al diseño utilizado en cada Experimento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1. Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación para los parámetros productivos medidos en cuanto al peso promedio del huevo, porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo se encuentran resumidos en el Cuadro 3. El análisis estadístico de los datos de peso promedio del huevo, índice de conversión y consumo de alimento no mostró diferencia estadística ($P < 0.05$) a niveles de calcio o a la adición de 25-(OH)D₃. Sin embargo la producción de huevo y la masa de huevo por ave en gramos por día, fueron mejores con las dietas bajas en calcio ($P < 0.05$). En La Figuras 6 y 7 se muestra el efecto observado en cuanto a la mejora en la producción de huevo y de la masa del mismo con el nivel bajo en calcio.

Para las unidades Haugh no se encontró diferencia estadística ($P < 0.05$) debido a niveles de calcio o adición de 25-(OH)D₃.

Tampoco existió efecto a niveles de calcio o 25-(OH)D₃ en el color de la yema al ser medido el amarillamiento, enrojecimiento y la luminosidad como se ve en el Cuadro 4.

En el grosor del cascarón (Cuadro 4) se encontró diferencia estadística ($P < 0.05$) a la adición en las dietas con 25-hidroxicolecalciferol. En la Figura 8 se nota como la suplementación mejoró el grosor del cascarón en 23 micras. Estos datos son similares a los obtenidos por Marret et al ⁴¹ quienes proporcionaron alimentos con niveles de calcio de 3.5% y 4.0% adicionados con 25-(OH)D₃ y observaron un mejoramiento en la deposición de calcio y por lo tanto un aumento en el grosor del cascarón del huevo en las gallinas alimentadas con dietas adicionadas con vitamina D₃.

Experimento 2. En las gallinas viejas, el análisis estadístico de los datos del Cuadro 5 para peso promedio del huevo, porcentaje de postura, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo no mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) debido a niveles de calcio o adición de 25-hidroxicolecalciferol. Estos datos son similares a los obtenidos por McLoughlin y Soares ⁴², Piolin y Ringer ⁵¹ y Hamilton ²⁹ quienes mencionan que no encontraron diferencias significantes entre tratamientos acerca de los parámetros productivos cuando se adiciona 25-hidroxicolecalciferol a la dieta de gallinas.

Para las unidades Haugh y color de la yema (Cuadro 6) para enrojecimiento, amarillamiento y luminosidad no se encontró diferencia estadística ($P < 0.05$) debido a niveles de calcio o 25- hidroxicolecalciferol.

Como se aprecia en el Cuadro 6, el grosor del cascarón fue mejor ($P < 0.097$) con las dietas altas en calcio. También se puede apreciar que el grosor del cascarón fue mayor ($P < 0.05$) con la adición de 25-(OH)D₃. En la Figura 9 se nota como la 25-(OH)D₃ aumentó en 21 micras el grosor del cascarón. Estos datos son similares a los señalados por Soares ⁶⁰ y Abe et al ¹ quienes mencionan que hay un mejoramiento en la calidad del cascarón cuando se proporcionan dietas con 3.85% de calcio en gallinas viejas. Charles y Ernest ¹⁵ mencionan que se mejoró la calidad del cascarón sobre todo en gallinas viejas cuando se adiciona 25-hidroxicolecalciferol a dietas que contenían 3.6% de calcio. McLoughlin y Soares ⁴² encuentran que hubo un incremento ($P < 0.05$) sobre el grosor del cascarón en dietas con 3.5% de calcio adicionando con 25-(OH)D₃. Charles et al ¹⁴ observaron que hubo un mejoramiento en la calidad del cascarón cuando se adiciona 25-(OH)D₃ a la dieta que contiene un nivel de 3.5% de calcio, aunque también mencionan que un nivel de 5% de calcio mejoró la calidad del cascarón. Piolin y Ringer ⁵¹ reportan que el grosor del cascarón mejora cuando el nivel de fósforo es de 0.28 y 3.9% de calcio. Hamilton ²⁹ señala que el mejoramiento del cascarón

ocurre cuando se adiciona a la dieta un nivel de 0.34% de fósforo y 3.52% de calcio adicionados con 25-(OH)D₃.

La adición de 25-(OH)D₃ no tuvo efecto favorable sobre los parámetros productivos; porcentaje de postura, peso del huevo, índice de conversión, consumo de alimento en las gallinas de primer y segundo ciclo. Sin embargo, con respecto a la calidad externa del huevo se mejoró el grosor del cascarón. En el caso de las gallinas de segundo ciclo esta mejoría fue evidente no obstante cuando las aves habían sido sometidas a una muda forzada a las 60 semanas de edad. Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio se puede decir que en investigaciones realizadas utilizando 25-(OH)D₃ en gallinas jóvenes y gallinas viejas, se encontró un efecto benéfico sobre el grosor del cascarón, cuando las aves recibieron el 25-(OH)D₃ en dietas altas y bajas en calcio.¹⁴ Este efecto es debido a que el 25-(OH)D₃ es un metabolito más activo que la vitamina D₃ y favorece el transporte de calcio a nivel intestinal; así como, la movilización de calcio del hueso³⁴, además de que muchos estudios indican que tiene una actividad antirraquítica mayor en 1.4 veces más que la vitamina D₃ en aves.³⁵

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones empleadas, se puede concluir que: La adición de 25-hidroxicolecalciferol a razón de 69 mg por tonelada, mejoró el grosor del cascarón del huevo en gallinas ISA BABCOCK B-300 de 32 y 82 semanas de edad.

LITERATURA CITADA

1. Abe E, Horikawa H, Masumura T, Sugahara M, Kubota M, Suda T. Disorders of cholecalciferol metabolism in old egg-laying hens. *J. Nutr* 1982; 112:436-446.
2. Al-Batshan HA, Scheideler SE, Black BL, Garlich D, Anderson KE. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poult Sci* 1994; 73:1590-1596.
3. Alonso PF, Domínguez CMC. Estudio histórico de algunas variables productivas y económicas de la avicultura nacional hasta 1995. *Memorias de la VI Jornada Médico Avícola ANECA* 1997, Marzo 12-14 Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, México D.F 1997:8-17.
4. Audiffred PM. Efecto de dos fuentes de fósforo sobre el metabolismo del tejido oseo, calidad del cascarón y parámetros productivos de gallinas en producción. (Tesis de Maestría) México (D.F) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.1997.
5. Barbosa EJ. La gravedad específica del huevo por el método de Arquímedes en la detección de factores que reducen la calidad del cascarón de un huevo incubable. *III Jornada Médico Avícola*. Departamento de Producción Animal Aves. F.M.V.Z-U.N.A.M. México D.F 1992.
6. Belhane D, Zhang D, Moreng RE. Use of ascorbic acid to prevent the decline in eggshell quality observed with saline drinking water. *Poult Sci* 1991; 70:848-852.
7. Carey BJ. Factores que influyen en la calidad del cascarón. Traducción de P.M.V.Z Zavala G. *Memorias de la XXIII Convención Anual ANECA*. Puerto Vallarta, México, 1998; 19-23.
8. Clunies M, Parks D, Leeson S. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poult Sci* 1992; 71:482-489.

9. Clunias M, Parks D, Leeson S. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell thickness in laying hens producing thick or thin shells. *Poult Sci* 1992; 71:490-498.
10. Cohen A, Bar A, Eisner O, Hurwitz S. Calcium absorption, calcium-binding protein, and egg shell quality in laying hens fed hydroxylated vitamin D derivates. *Poult Sci* 1978; 57:1646-1651.
11. Costello LJA, Leonart RF, Campo CJL. *Biología de la gallina*. Edit Real escuela de avicultura. De Caixa. 1ª Edición. Barcelona, España 1989.
12. Cuca GC, Avila GE, Pro MA. *Alimentación de las aves*. 8ª Edición. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México 1996.
13. Curtis PA, Garder FA, Mellor DB. Comparison of selected quality and composition characteristic of brown and white shelleggs. Shell quality. *Poult Sci* 1985; 64:297-301.
14. Charles OW, Duke S, Reddy B. Further studies on the response of laying hens to 25 hydroxy cholecalciferol. *Poult Sci* 1978; 57:1098-1099.
15. Charles OW, Ernest RA. Effect of age, calcium levels, and vitamin D metabolites on egg shell quality of SCWL. *Poult Sci* 1973; 52:1908.
16. Cheng TK, Coon CN. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone ash status and performance. *Poult Sci* 1990; 69:2214-2219.
17. Deaton JW, McNaughton JL, Lott BL. Effect of heat stress on laying hens acclimated to cyclic versus constant temperatures. *Poult Sci* 1982; 61:875-878.
18. De Blas C, Mateos GG. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Ediciones Mundi-prensa-Aedos. Coedición del Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España 1991.
19. Del Rio GJC. *Vitamina D*. Memorias del Modulo II del Diplomado de producción avícola; 1997 septiembre 27 - octubre 2; México (DF): Departamento de Producción Animal: Aves, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 1999:160-163.

20. Eisman JA, Hamstra AJ, Kream BE, De Luca HF. A sensitive, precise and convenient method for detection of 1,25-Hydroxyvitamin D in human plasma. *Arch. Biochem. Biophys* 1976;176:235-243.
21. Esquivel PJ. Huevo para plato. Memorias del curso Temas de Producción Avícola e Industrias de Alimentos Balanceados 1998. Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas (ANECA) México D.F 1998:51-53
22. Etches J. Calcium logistics in the laying hen. *J Nutr* 1987; 246:100-101.
23. Frost TJ, Roland DA. Influence of vitamin D₃, 1 alfa-Hydroxyvitamin D₃, and 1,25-Hydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. *Poult Sci* 1990; 69:2008-2016.
24. Ganong WF. Fisiología medica. Manual Moderno 6ª Ed. Edit Interamericana Mc Graw-Hill México 1992.
25. Garlich JD. Symposium. Eggshell quality. *Poult Sci* 1982; 61:2004.
26. Goto K, Harris GC, Waldroup PW. Relationship between pimpling of egg shells, environmental temperature, and carbonic anhydrase activity in certain body tissues. *Poult Sci* 1982; 61:364-366.
27. Guinotte F, Nys Y. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. *Poult Sci* 1991; 70:583-592.
28. Hamilton RMG. Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. *Poult Sci* 1982; 61:2022-2039.
29. Hamilton RMG. The effect of dietary phosphorus, vitamin D₃, and 25-Hydroxyvitamin D₃ levels on feed intake, productive performance, and egg and shell quality in two strains of force-molted white Leghorn. *Poult Sci* 1980; 59:598-604.
30. Harms HR. The influence of nutrition on eggshell quality part 1: Calcium. *Feedstuffs* 1982; 3:25-27.

31. Harms HR, Bootwalla SM, Woodward SA, Wilson HR. Some observations on the influence of vitamin D metabolites when added to the diet of commercial laying hens. *Poult Sci* 1990; 69:426-432.
32. Hester PY. Shell mineral content of morning versus afternoon eggs. *Poult Sci* 1986; 65:1821-1823.
33. Hurwitz S, Fishman S, Talpaz H. Calcium dynamics: a model approach. *J Nutr* 1987; 117:791-796.
34. James L, McNaughton, Elbert J, Day C. The chick's requirement for 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol. *Poult Sci* 1977; 56:511-516.
35. Jassen WMMA, Versteegh HAJ, Van Schangen PJW. Influence of stabilized 25-hydroxycholecalciferol on the performance of laying hens and on the egg shell quality. *Arch Geflügelkd* 1981; 45:194-200.
36. Keshavarez K. Laying hens respond differently to high dietary levels of phosphorus monobasic and dibasic calcium phosphate. *Poult Sci* 1994; 71:687-703.
37. Kienholz EW, Moreng RE, Flinchum JD. Zinc methionine for stressed laying hens. *Poult Sci* 1992; 71:829-832.
38. Koelkebeck KW, Harrison PC, Madindou T. Effect of carbonated drinking water on production performance and bone characteristics of laying hens exposed to high environmental temperatures. *Poult Sci* 1993; 72:1800-1803.
39. Koelkebeck KW, Harrison PC, Parsons CM. Carbonated drinking water for improvement of eggshell quality of laying hens during summer time months. *J appl Poult Res* 1992; 1:194-199.
40. Leach RM. Biochemistry of organic matrix of eggshell. *Poult Sci* 1982; 61:2040-2047.
41. Marret LE, Frank FR, Zimbelman RG. 25-Hydroxycholecalciferol as a dietary replacement of D₃ to improve egg shell calcification. *Poult Sci* 1975; 54:1788.
42. McLoughlin CP, Soares JH. A study on the effects of 25-hydroxycholecalciferol and calcium source on egg shell quality. *Poult Sci* 1976; 55:1400-1410.

43. Miles R. Gravedad específica del huevo establecimiento de un programa de verificación. Asociación Americana de Soya 1993;129.
44. Moreng RE, Beinave D, Zhang D. Dietary zinc methionine effect on eggshell quality of hens drinking saline water. *Poult Sci* 1992; 71:1163-1167.
45. Navarro GHA. Realidades sobre el valor nutricional del huevo. Asociación Americana de la Soya. México D.F 1997.
46. Norman A. Studies on vitamin D endocrine system in the avian. *J Nutr* 1987; 117:797-807.
47. Norman A, Leathers V, Bishop J. Normal egg hatchability requires the simultaneous administration to the hen of 1,25-dihydroxyvitamin D₃ and 24R, 25-dihydroxyvitamin D₃. *J Nutr* 1983; 113:2505-2515.
48. North OM. Commercial chicken production manual. Third edition. Avi publishing company inc. U.S.A. 1984.
49. Ousterhout LE. Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. *Poult Sci* 1980; 59:1480-1484.
50. Parsons AH. Structure of the eggshell. *Poult Sci* 1982; 61:2013-2021.
51. Piolin D, Ringer RK. 25-Hydroxy-D₃, vitamin D₃ and graded levels of phosphorus: Effect on egg production and shell quality. *Feedstuffs* 1997; 49:40-41,47.
52. Pontes PM, Castello LJA. Alimentación de las aves. Edit Real Escuela de Avicultura 1ª Edición. Barcelona España 1995.
53. Quintana JA. Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes. Edit Trillas, 3a Edición 1999.
54. Rao K, Roland DA. Influence of dietary calcium and phosphorus on urinary calcium in commercial leghorns hens. *Poult Sci* 1990; 69:1991-1997.
55. Reichmann KG, Connor JK. Influence of dietary calcium and fosforus on metabolism and production in laying hens. *Br Poult Sci* 1977; 18:633-640.
56. Roland DA, Egg shell quality II. Effect of dietary manipulations of protein, amino acids, energy, and calcium in young hens on egg weight, shell weight, shell quality and egg production. *Poult Sci* 1980; 59:2047-2054.

57. Rosas VC. Efecto de la adición de minerales quelatados (Zn y Mn) sobre la calidad del cascarón, en gallinas de segundo ciclo. (Tesis de Licenciatura) México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 1997.
58. Sauveur B. El huevo: para consumo: bases productivas. Versión Española de Buxade C. Edit Mundi-prensa Aedo-INRA. Madrid, España 1993.
59. Soares JH. Calcium metabolism and its control. *Poult Sci* 1984; 63:2075-2083.
60. Soares JH. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. *Poult Sci* 1995; 74:1919-1934.
61. Sturkie PD. Fisiología aviar. 2ª Ed, Edit Acribia. Zaragoza España 1967.
62. Sunde ML, Turk CM, DeLuca HF. The essentiality of vitamin D metabolites for embryonic development. *Poult Sci* 1978; 200:1067-1069.
63. Tsang CPW. Calcitrol reduces egg breakage research note. *Poult Sci* 1991; 71:215-217.
64. Tsang CPW, Gruder A. Optimal dietary levels of 1,25- dihydroxycholecalciferol for eggshell quality in laying hens. *Poult Sci* 1990; 60:1702-1712.
65. Um JS, Paik JK. Effects of microbial phytase supplementation on egg production, eggshell quality, and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poult Sci* 1999; 78:75-79.
66. Washburn KW. Incidence, cause, and prevention of egg shell breakage in commercial production. *Poult Sci* 1982; 61:2005-2012.
67. Watnabe E, Kobayashi S, Terashima Y, Itoh H. Adenosine triphosphate in the uterus and oviductum of chicken hens during eggshell formation. *Poult Sci* 1989; 68:564-568.

Cuadro 1
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BÁSALES EMPLEADAS EN LA
GALLINA JOVEN

Sorgo	611.245	640.405
Pasta de Soya	246.890	241.706
Aceite vegetal mixto	22.465	14.972
Carbonato de calcio	96.946	85.450
Ortofosfato	10.298	5.240
Sal	4	4
DL-Metionina	1.555	1.527
Premezcla vitamínica*	2.5	2.5
Premezcla mineral*	1	1
Cloruro de colina 60%	0.5	0.5
L-Lisina Hcl	0.351	0.451
Fungicida	0.5	0.5
Antioxidante	0.25	0.25
Avired**	0.5	0.5
Avelut **	1	1
Total	1680	1680
Proteína %	16	16
EM kcal/kg.	2800	2800
Calcio %	3.750	3.250
Fósforo disponible %	0.400	0.300
Lisina %	0.820	0.820
Metionina %	0.380	0.380
Met+Cistina %	0.680	0.680

* Vitaminas y minerales por Kg. Vitamina A (4,000 UI), Vitamina D₃ (1,000 UI), Vitamina E (4,000 UI), Vitamina K₃ (0.9 g), Vitamina B1 (0.5g), Vitamina B2 (2.0g), Vitamina B6 (0.5 g), Vitamina B12 (4.0 mg), Acido Fólico (0.2g), Biotina (20.0mg), Ac. Pantoténico (6.0g), Nicotina (0.9g), Hierro (110g), Zinc(50g), Manganeso (110g), Cobre (12g), Yodo (0.30g), Selenio (100mg), Cobalto (0.20g) Antioxidante (10.0g).

**Avelut y Avired. Cortesía de Pigmentos Vegetales del Centro S.A de C.V.

Cuadro 2

COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BÁSALES EMPLEADAS EN LA GALLINA VIEJA

Sorgo	639.725	680.066
Pasta de Soya	221.023	212.433
Aceite vegetal mixto	18.878	12.213
Carbonato de calcio	102.280	80.408
Ortofosfato	6.295	3.051
Sal	3.947	3.925
DL-Metionina	1.501	1.481
Premezcla vitamínica*	2.5	2.5
Premezcla mineral*	1.2	1.2
Cloruro de colina 60%	0.5	0.5
L-Lisina Hcl		0.073
Fungicida	0.5	0.5
Antioxidante	0.150	0.150
Avired**	1	1
Avelut **	0.5	0.5
		1000
Proteína %	15	15
EM kcal/kg	2800	2800
Calcio %	4.100	3.250
Fósforo disponible %	0.300	0.250
Lisina %	0.720	0.720
Metionina %	0.380	0.380
Met+Cistina %	0.650	0.650

* Vitaminas y minerales por Kg. Vitamina A (4,000 MUJ), Vitamina D₃ (1,1000 MUJ), Vitamina E (4,000 MUJ), Vitamina K₃(0.9 g), Vitamina B1 (0.5g), Vitamina B2 (2.0g), Vitamina B6 (0.5 g), Vitamina B12 (4.0 mg), Acido Fólico (0.2g), Biotina (20.0mg), Ac. Pantoténico (6.0g), Niacina (0.9g), Hierro (110g), Zinc(50g), Manganeso (110g), Cobro (12g), Yodo (0.30g), Selenio (100mg), Cobalto (0.20g) Antioxidante (10.0g).

**Avelut y Avired. Cortesía de Pigmentos Vegetales del Centro S.A de C.V.

CUADRO 3
EFEECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN
GALLINAS DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1)

25-(OH)D ₃			
	-	+	
% POSTURA			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	81.1	80.4	80.8 ^a
BAJO	<u>82.6</u>	<u>84.3</u>	83.4 ^b
PROMEDIO	81.8 ^a	82.3 ^a	
PESO DE HUEVO g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	60.5	60.2	60.3 ^a
BAJO	<u>60.9</u>	<u>61.1</u>	61.0 ^a
PROMEDIO	60.7 ^a	60.6 ^a	
MASA DE HUEVO / AVE / DIA g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	49.1	48.1	48.6 ^a
BAJO	<u>50.3</u>	<u>50.9</u>	50.6 ^b
PROMEDIO	49.7 ^a	49.4 ^a	
CONSUMO DE ALIMENTO / AVE / DIA g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	100.1	98.6	99.3 ^a
BAJO	<u>100.5</u>	<u>96.6</u>	98.5 ^a
PROMEDIO	100.3 ^a	97.6 ^a	
INDICE DE CONVERSION			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	2.072	2.100	2.086 ^a
BAJO	<u>2.024</u>	<u>1.998</u>	2.011 ^a
PROMEDIO	2.048 ^a	2.049 ^a	

a,b Valores con distinta letra son diferentes (P<0.05).

CUADRO 4
EFFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL
HUEVO EN GALLINAS DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1)

	25-(OH)D ₃		
	-	+	
UNIDADES HAUGH			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	99.5	99.2	99.4 ^a
BAJO	<u>101.0</u>	<u>99.4</u>	100.2 ^a
PROMEDIO	100.2 ^a	99.3 ^a	
LUMINOSIDAD			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	59.4	62.4	60.9 ^a
BAJO	<u>83.1</u>	<u>61.9</u>	62.5 ^a
PROMEDIO	61.2 ^a	62.2 ^a	
AMARILLAMIENTO			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	50.6	50.7	50.6 ^a
BAJO	<u>50.6</u>	<u>49.4</u>	50.1 ^a
PROMEDIO	50.6 ^a	50.1 ^a	
ENROJECIMIENTO			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	3.2	3.5	3.3 ^a
BAJO	<u>3.5</u>	<u>3.2</u>	3.3 ^a
PROMEDIO	3.4 ^a	3.3 ^a	
GROSOR DE CASCARON micras			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	0.348	0.367	0.358 ^a
BAJO	<u>0.366</u>	<u>0.362</u>	0.349 ^a
PROMEDIO	0.342 ^a	0.365 ^b	

a,b Valores con distinta letra son diferentes (P<0.05).

CUADRO 5
EFFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN
GALLINAS DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2)

25-(OH)D₃			
	-	+	
% POSTURA			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	76.8	73.4	75.1 ^a
BAJO	<u>73.3</u>	<u>75.3</u>	74.3 ^a
PROMEDIO	<u>75.1^a</u>	<u>75.3^a</u>	
PESO DE HUEVO g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	63.4	63.2	63.3 ^a
BAJO	<u>63.6</u>	<u>63.4</u>	63.5 ^a
PROMEDIO	<u>63.5^a</u>	<u>63.3^a</u>	
MASA DE HUEVO / AVE / DIA g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	48.7	46.4	47.5 ^a
BAJO	<u>46.7</u>	<u>47.7</u>	47.2 ^a
PROMEDIO	<u>47.7^a</u>	<u>47.1^a</u>	
CONSUMO DE ALIMENTO / AVE / DIA g			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	117.1	109.2	113.1 ^a
BAJO	<u>107.1</u>	<u>112.4</u>	109.7 ^a
PROMEDIO	<u>112.1^a</u>	<u>110.8^a</u>	
INDICE DE CONVERSION			
CALCIO			PROMEDIO
ALTO	2.457	2.570	2.513 ^a
BAJO	<u>2.335</u>	<u>2.417</u>	2.376 ^a
PROMEDIO	<u>2.396^a</u>	<u>2.493^a</u>	

a Valor con la misma letra son iguales (P<0.05).

CUADRO 6

EFFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL HUEVO EN GALLINAS DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2)

	25-(OH)D ₃		PROMEDIO
	-	+	
UNIDADES HAUGH			
CALCIO			
ALTO	88.2	92.2	90.2 ^a
BAJO	<u>92.5</u>	<u>91.5</u>	92.1 ^a
PROMEDIO	90.3 ^a	91.8 ^a	
LUMINOSIDAD			
CALCIO			
ALTO	65.1	65.3	65.2 ^a
BAJO	<u>65.3</u>	<u>65.3</u>	65.3 ^a
PROMEDIO	65.2 ^a	65.3 ^a	
AMARILLAMIENTO			
CALCIO			
ALTO	48.7	48.7	48.7 ^a
BAJO	<u>49.4</u>	<u>49.7</u>	49.6 ^a
PROMEDIO	49.1 ^a	49.2 ^a	
ENROJECIMIENTO			
CALCIO			
ALTO	4.7	4.2	4.5 ^a
BAJO	<u>4.5</u>	<u>5.2</u>	4.8 ^a
PROMEDIO	4.6 ^a	4.7 ^a	
GROSOR DE CASCARON micras			
CALCIO			
ALTO	0.371	0.383	0.377 ^A
BAJO	<u>0.351</u>	<u>0.382</u>	0.366 ^B
PROMEDIO	0.361 ^a	0.382 ^b	

A,B Valores con distinta letra son diferentes (P<0.097).

a,b Valores con distinta letra son diferentes (P<0.05).

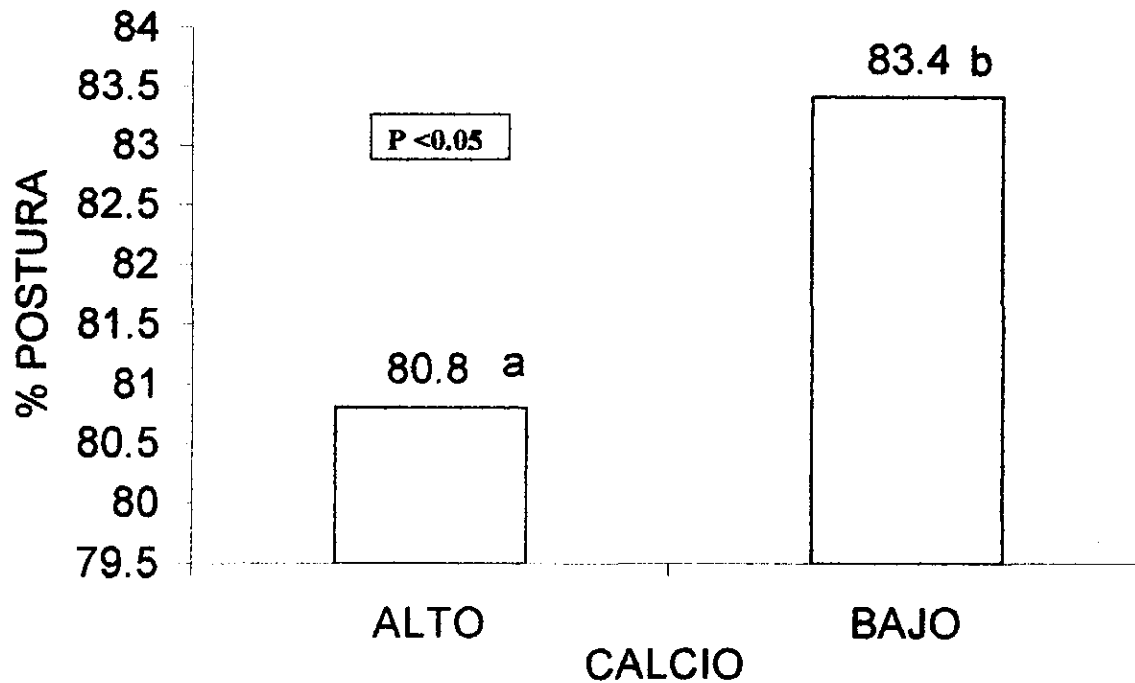


Figura 6: Efecto del nivel de calcio sobre el porcentaje de postura en gallinas de primer ciclo.

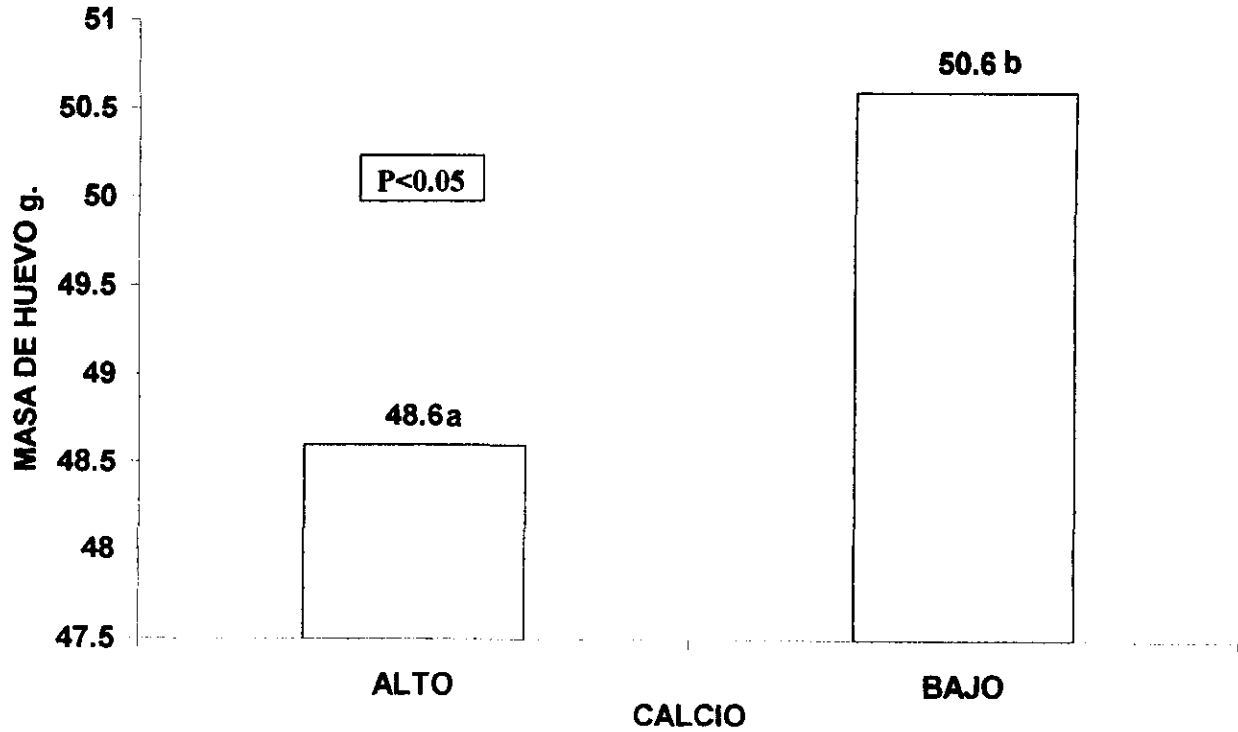


Figura 7: Efecto del nivel de calcio sobre la masa de huevo diaria en gallinas de primer ciclo.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

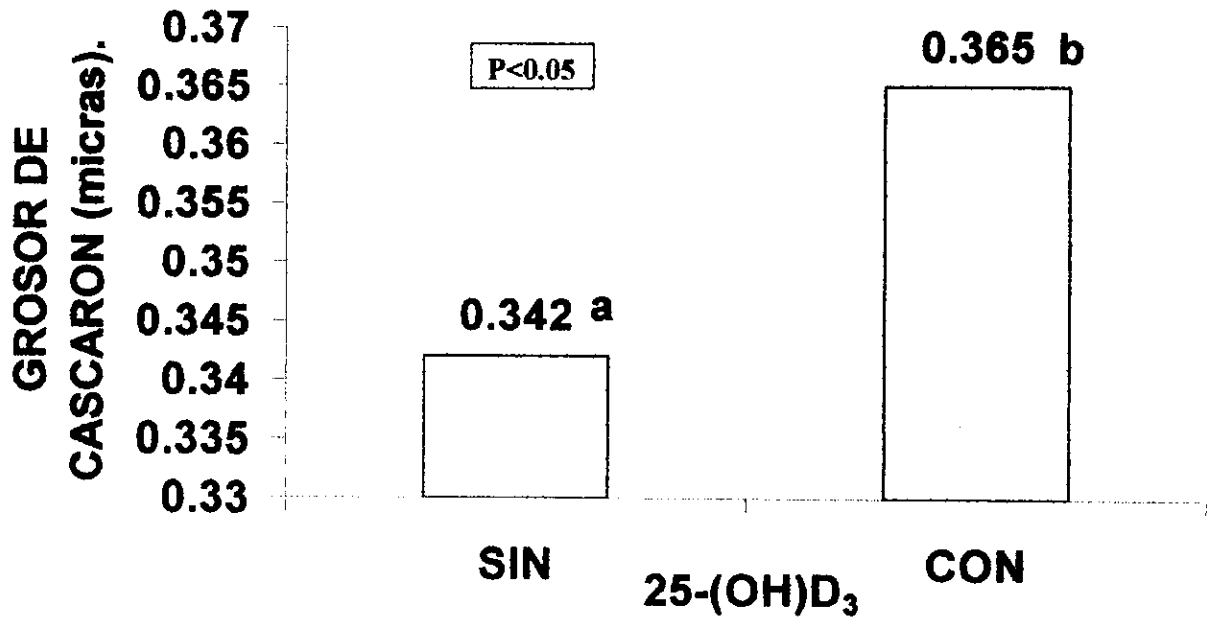


Figura 8: Efecto del 25-(OH)D₃ sobre el grosor del cascarón en gallinas de primer ciclo.

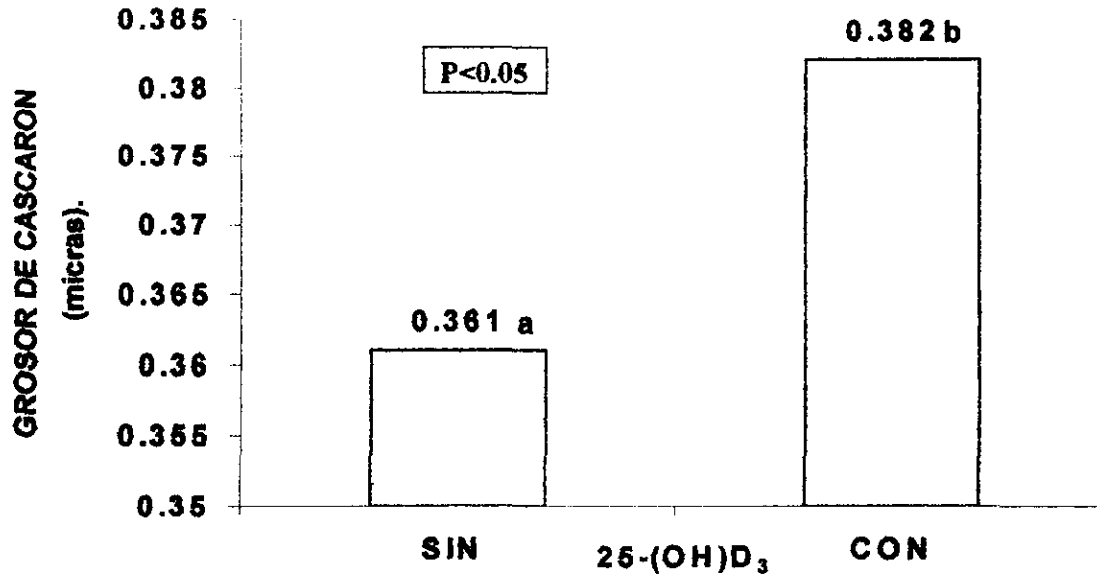


Figura 9: Efecto del 25-(OH)D₃ sobre el grosor del cascarón en gallinas de segundo ciclo.