



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



EFFECTO DE LA ADICIÓN DE LAS PLANTAS: *Solanum glaucophyllum*
(Duraznillo blanco) Y *Cissus quadrangularis* (Namunungwa) EN DIETAS
PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE LA CALIDAD DEL HUEVO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ADRIANA HERNÁNDEZ HUESCA

ASESORES:

Dr. ARTURO CORTES CUEVAS

MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ



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.

DEDICATORIA

A mis padres y abuelos por su comprensión, cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por mi formación académica en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente y en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Centro de Enseñanza en Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), por el apoyo que me brindaron para realizar mi servicio social y tesis.

Al Dr. Ernesto Ávila González y el Dr. Arturo Cortes Cuevas por darme la oportunidad de realizar mi tesis; por la paciencia y las sugerencias y el tiempo que me dedicaron para concluir esta investigación, gracias.

Al Dr. René Morales López quién me apoyo y me ofreció su ayuda para la realizar este tema de investigación

A los miembros de mi jurado al Dr. José Antonio Quintana López, Dra. María del Pilar Castañeda Serrano, Dr. Cuauhtémoc Nava Cuellar y la Dra. Rosalba Angélica Gómez Sánchez, por las críticas que realizaron a este trabajo de investigación para mejorarlo.

A Inés, Ana, Aida, David y Jesús con quienes formé o consolidé una amistad en el CEIEPAv.

A Gloria, Luis Miguel, Víctor, Ximena y Fedro por su amistad y apoyo durante los años que permanecimos en la carrera.

A José Luis, por su brindarme su ayuda en todo momento y comprensión, gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN	11
3. HIPÓTESIS	12
4. OBJETIVOS	13
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	14
6. RESULTADOS.	17
7. DISCUSIÓN.....	18
8. CONCLUSIÓN.....	22
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	23
10. CUADROS.	29
11. FIGURAS	35

RESUMEN

Hernández Huesca Adriana: Efecto de la adición de las plantas *Solanum glaucophyllum* (Duraznillo blanco) y *Cissus quadrangularis* (Namunungwa) en dietas para gallinas de postura sobre la calidad del huevo (bajo la dirección del Dr. Arturo Cortes Cuevas y del MSc. Ernesto Ávila González).

Con el objetivo de evaluar los efectos de la adición de diferentes niveles de colecalciferol [1,25(OH)₂D₃] a partir de dos fuentes naturales: *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis* en dietas sorgo-soya sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo se realizó el siguiente estudio. Se emplearon 420 gallinas de estirpe Bovans White de 93 semanas de edad. Se utilizaron 5 tratamientos con 7 repeticiones de 12 gallinas cada una. Se usó un diseño estadístico completamente al azar. Los tratamientos fueron: 1. Control negativo (CN) dieta sin la adición de plantas deshidratadas 2. CN + 1kg de *Solanum glaucophyllum*/ton, 3. CN + 2kg de *Solanum glaucophyllum*/ton, 4. CN + 1kg de *Cissus quadrangularis*/ton 5. CN + 2kg de *Cissus quadrangularis*/ton. Se registraron datos de producción; porcentaje de postura, peso del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo, y también de calidad de huevo; porcentaje de huevo roto, fáfara y sucio, Unidades Haugh (UH), color de yema, grosor de cascarón y resistencia del huevo a la rotura. Los resultados en 12 semanas de estudio para parámetros productivos y calidad de huevo con la adición de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis* no mostraron diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Situación actual de la avicultura: Producción de huevo.

México se encuentra entre los 11 países con mayor índice demográfico, con una población de 119 millones 530 mil 753 habitantes; el 60.4% de la población es económicamente activa (I.N.E.G.I., 2015), con un salario mínimo de \$73.04 MN C.O.N.A.S.A.M.I, 2015), insuficiente para cubrir las necesidades básicas: vestido, vivienda, educación, salud y alimentación.

Los productos avícolas forman parte de la dieta básica, por el precio accesible para diferentes estratos económicos en la población. La avicultura es la industria pecuaria más importante en nuestro país; en el año 2015 generó el 63.6% de los alimentos de origen animal; con una producción de 34.7% de pollo, 28.8% de huevo y 0.1% de pavo, la parvada nacional cuenta con 154 millones de gallinas ponedoras, 288 millones de pollos y 738 mil pavos. (U.N.A., 2015).

México en 2015 produjo 2 millones 637mil 581 toneladas de huevo y tiene un consumo per cápita de 22.3 kg, con lo que se sitúa como el principal país consumidor de huevo y el sexto productor. A nivel nacional la producción de huevo se concentra principalmente en Jalisco (55%), Puebla (15%) y Sonora (8%) (U.N.A., 2015).

La industria avícola genera constantemente investigaciones en alimentación que aporten un producto de mayor calidad; con la edad de la gallina la calidad del cascarón declina incrementándose la posibilidad de formarse microfracturas o fracturas. La baja calidad del cascarón ha sido la principal preocupación económica para los productores de huevos comerciales; en México en 2005 se estimaron pérdidas de entre 30 y 35 millones de dólares estadounidenses, en función de las cifras promedio del 2.5% de huevos rotos y 4% de cascarones débiles; estas pérdidas ocurren solo entre la puesta y el empaque, no se tiene en cuenta las pérdidas por transporte hasta el consumidor final (Coutts y Wilson, 2007).

Los huevos son una de las pocas fuentes naturales altas de vitamina D₃ para los seres humanos (aproximadamente 3.6 g de D₃ / 100 g de yema), y se ha demostrado que la suplementación de vitamina D₃ en dietas de gallinas ponedoras aumenta el contenido de

vitamina D₃ en la yema sin alterar el sabor, la composición o las propiedades funcionales del huevo (Mattila et al., 2004; Persia et al., 2013).

1.2 Vitaminas definición e importancia en la industria avícola.

Una vitamina es un compuesto orgánico distinto de las grasas, hidratos de carbono y proteínas, está presente de manera natural en los alimentos, se requieren en pequeñas cantidades (microgramos o miligramos por día), para una función fisiológica normal (de mantenimiento, crecimiento, desarrollo y producción), su ausencia o subutilización causa síndromes específicos de deficiencia (Combs, 2008; McDonald et al., 2011; Russell, 2000).

La vitamina D₃ es un secoesteroide (García et al., 2001; Gómora, 2006; Salinas, 2015; Schmid & Walter, 2013) (un esteroide en el cual uno de los enlaces del anillo esteroideo está roto) (Salinas, 2015), es insoluble en agua pero soluble en grasas y disolventes orgánicos, es menos soluble en aceites vegetales (McDonald et al., 2011; Russell, 2000). Todas las formas de la vitamina D₃ se derivan del núcleo esteroidal del colesterol (García, 2000), que sólo se difieren en la naturaleza en la parte de la cadena unida al carbono 17 (Russell, 2000). Se conocen distintas formas de la vitamina D₃ pero no todas son derivados de compuestos naturales. Las dos formas más importantes son ergocalciferol (D₂) y colecalciferol (D₃) (Combs, 2008; García et al., 2001; McDonald et al., 2011; Russell, 2000), representadas escasamente en la naturaleza (McDonald et al., 2011; Russell, 2000; Schmid y Walter, 2013; Shimada, 2009).

A partir del descubrimiento de que la forma biológicamente activa de la vitamina D₃ [1,25(OH)₂D₃] es producida en el riñón, así como su localización en el núcleo de los enterocitos, su estructura y modo de acción, se señaló que la vitamina D₃ es similar a las hormonas esteroides. (Russell, 2000).

En dietas prácticas para aves, la vitamina D₃ es suplementada en concentraciones de 1000 a 3000 UI/kg de alimento (Ávila et al., 2009) o 2500 a 3500 UI/kg (Coutts y Wilson, 2007). La vitamina D₃ en las dietas de aves es indispensable para la absorción, transporte y utilización de calcio y fósforo en el organismo; participa en la mineralización del esqueleto, pico y cascarón (Ávila et al., 2009; Mattila et al., 2004). Sin embargo la vitamina D₂ o ergosterol, se encuentra como precursor del ergocalciferol en las plantas y es poco disponible para las aves (Ávila et al., 2009; Russell, 2000).

Una deficiencia prolongada y severa de vitamina D₃ causa signos de deficiencia generales para todas las especies animales; presentándose calcificación pobre y debilitación ósea, en los animales en crecimiento el raquitismo se caracteriza por el encorvamiento anormal de los huesos de las extremidades y debilidad extrema de los mismos (Mattila et al., 2004; Shimada, 2009).

En las aves se presentan signos como pico blando y elástico, en gallinas el signo de deficiencia se expresa por la producción de huevos con cascarón delgado y posteriormente reducción de la postura e incubabilidad, (Shimada, 2009).

1.3 Precursores y fuentes de vitamina D₃

Los precursores de vitamina D₃ ergosterol y 7-dehidrocolesterol (7-DHC), no tienen actividad antirraquítica, hasta que se abre el anillo B entre las posiciones 9 y 10 por medio de la irradiación y un doble enlace se forma entre los carbonos 10 y 19 para formar la vitamina D₃ (Russell, 2000). En condiciones naturales la activación es a través de la luz del sol, siendo más eficiente una longitud de onda de 290-315 nm (McDonald et al., 2011; Russell, 2000).

La vitamina D₃ es poco abundante en los alimentos, el colecalciferol está ampliamente distribuido en animales en forma de provitamina D₃, 7-DHC, derivado del colesterol o escualeno se sintetiza en el cuerpo y está presente en grandes cantidades en la piel, la pared intestinal y otros tejidos; el contenido de colecalciferol en los tejidos animales depende del contenido de vitamina D₃ en la dieta y la exposición de los animales a los rayos solares. (Combs, 2008; Russell, 2000). Las fuentes animales más ricas en vitamina D₃ son el hígado de pescado y sus aceites; aceite de hígado de bacalao y de fletán, y la yema de huevo (Schmid y Walter, 2013).

El ergosterol precursor del ergocalciferol está presentes en plantas, hongos, mohos, líquenes y algunos invertebrados (ej. caracoles y gusanos); cuando se realiza el proceso de henuficación de los forrajes por el sol se convierte el ergosterol presente en los tejidos vegetales a su forma activa (ergocalciferol), poco común en la naturaleza (Mattila et al., 2004; Rama, 2003; Salinas, 2015; Servin, 2002).

Algunas plantas contrariamente a la mayoría que producen ergosterol, producen colecalciferol y son las especies: *Solanum glaucophyllum*, *Cestrum diurnum* y *Trisetum Flavescens* y el precursor de la vitamina D₃; sin embargo en estas plantas se produce como B-glucósidos solubles en agua: 25-hidroxivitamina D₃ (25-OH-D₃), y 1,25 dihidroxivitamina D₃ (1,25-[OH]₂-D₃) (Combs, 2008; Russell, 2000).

En los pollos y otras aves el ergocalciferol tiene solo alrededor de una décima parte de la actividad en comparación del colecalciferol (Ameenuddin et al., 1985; Schmid y Walter 2013).

1.4 Metabolismo de la vitamina D

En mamíferos el 7-DHC es sintetizado en las glándulas sebáceas de la piel, y secretado de manera uniforme en la superficie cutánea, el 7-DHC absorbe las radiaciones solares (Gómora, 2006) (la reacción de activación por la luz ultravioleta solo activa de 5-15% de 7-DHC) (Combs, 2008; Gómora, 2006) provocando la transformación a previtamina D₃ absorbida al interior de las capas de la epidermis (Combs, 2008; Gómora, 2006; McDonald et al., 2011) que se localizan en la membrana plasmática de los queratinocitos y fibroblastos (Gómora, 2006). Una vez formada la previtamina D₃ está sufre una isomerización térmica en cuestión de unas horas produciendo vitamina D₃ (colecalciferol) (Iglesias et al., 2008).

En diferentes investigaciones se ha demostrado que el 7-DHC se encuentra en mayor cantidad en piernas y patas de las aves (de 7 a 30 veces más que en el resto del cuerpo), (Gómora, 2006; Russell, 2000) otras investigaciones mencionan que el 7-DHC se encuentra en la glándula uropígea y en el proceso de acicalamiento el ave ingiere la vitamina. (Aker y Avelar 2009)

Los cambios en la temperatura de la piel pueden provocar que la previtamina D₃ sea transformada en colecalciferol la cual en el torrente sanguíneo se une con la alfa-globulina la cual es sintetizada en el hígado (Servin, 2002).

La vitamina D₃ o D₂ obtenida a partir de la dieta se absorbe en el intestino delgado en el lecho venoso de las microvellosidades del duodeno y porción anterior del yeyuno por difusión pasiva no saturable con una tasa de eficiencia del 50% (Gómora, 2006). La vitamina D₃ pasa a través de quilomicrones a la circulación linfática en mamíferos y a la

circulación portal de las aves, peces y reptiles siendo fundamental la presencia de sales biliares para su absorción (Combs, 2008; Gómora, 2006; Russell, 2000). Se sugiere que la mayor parte de la vitamina D₃ transportada por el quilomacrón a la circulación sanguínea después del proceso de degradación transfiere la vitamina D₃ a una proteína de unión al plasma (DBP), (Gómora, 2006; Olivera, 2002) también llamada transcalfiferin. La vitamina D₃ que no se transfiere en el plasma llega al hígado con restos de quilomicrones donde se transfiere a la misma proteína de unión. La vitamina D₃ en mamíferos es transportada asociada a las DBP, en aves y peces cartilagosos la vitamina se transporta por medio de la albumina (Combs, 2008).

En las aves la DBP no es tan eficiente para ligar la vitamina D₂ (ergocalciferol) por lo cual no se aprovecha adecuadamente (Ameenuddin et al., 1985; Gómora, 2006) solo el 3% de esta forma de la vitamina D₃ es utilizada (Gómora, 2006).

Una vez que la vitamina D₃ llega al hígado la enzima 25 hidroxilasa microsomal y el citocromo P-450 hidroxilasa mitocondrial catalizan la hidroxilación produciendo 25-hidroxicolecalciferol 25(OH)D₃ (Combs, 2008; Olivera, 2002; Russell, 2000; Servin, 2002). El hígado es el principal sitio donde se produce la 25-hidroxilación sin embargo en el intestino y el riñón también se lleva a cabo este proceso, aunque la cantidad de hidroxilación en estos órganos es menor. En el pollo la enzima 25 hidroxilasa también existe en los tejidos extrahepáticos como el riñón y el intestino (Russell, 2000).

El metabolito 25(OH)D₃ se liga a la DBP para llegar a las células epiteliales de los túbulos contorneados proximales del riñón en donde la enzima 1- α hidroxilasa se activa por la paratohormona (PTH) (Ameenuddin et al., 1985; Caballero y Villa, 2010),

El metabolito 25(OH)D₃ se hidroliza por acción de la enzima 1- α hidroxilasa y la 24 hidroxilasa; ambas enzimas son mitocondriales del tipo citocromo P-450 lo que origina 3 distintos metabolitos: 24,25 dihidrocolecalciferol, 25,26 dihidrocolecalciferol y 1,25 α dihidrocolecalciferol (Ameenuddin et al., 1985; Del Río, 1998).

El 1,25(OH)₂D₃ también llamado calcitriol es el metabolito activo de la vitamina D₃ sus receptores específicos se encuentran en el intestino, hueso y riñón (Ameenuddin et al., 1985). La vitamina D₃ en las dietas de aves es indispensable para la absorción, transporte y utilización de calcio y fósforo en el organismo (Ávila et al., 2010) así como los

componentes de membrana que participan en el transporte de estos minerales; además estimula la producción de otras enzimas y proteínas de unión (Frost y Ronald, 1990).

1.5 Metabolito $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ en la regulación del metabolismo de calcio Ca y fósforo P y su importancia en la producción de huevo.

El calcio y el fosforo participan en diversas actividades biológicas del organismo, y su regulación se realiza a través de un complejo sistema de intercambio en el que participan; el intestino, el riñón y el hueso, y 3 hormonas: la PTH, el calcitriol (metabolito activo de la vitamina D_3) y la calcitonina (Caballero y Villa, 2010), también hay otras que participan en la homeostasis del calcio como estrógenos, progesterona y andrógenos (Cerón, 2001).

El efecto de las dietas deficientes en Ca o vitamina D se ha demostrado en varios estudios en los cuales la calidad del cascarón del huevo ha disminuido provocando un adelgazamiento progresivo del cascarón de huevo hasta la interrupción de la postura por completo (Tsang et al., 1993).

El calcio constituye un 98% de los minerales presentes en el cascarón (Ávila et al., 2010); un cascarón contiene de 2.2 a 2.4 g de calcio (de 5.5g de carbonato de calcio (CaCO_3) administrado en la dieta) y 20 mg de fósforo. El plasma contiene de 20 a 30 mg de Ca por 10ml, mientras que la formación del cascarón requiere de 100 a 150mg de calcio por hora para su formación, esto requiere de una renovación total del Ca sanguíneo cada 12 minutos durante 12 horas al día por lo cual es importante un constante abastecimiento de calcio a través del hueso medular y del alimento (3.75 a 4 g por gallina por día) (Alfaro et al., 1999; Ávila et al., 2010).

Cuando los niveles de Ca en el plasma sanguíneo son menores de 20 a 30mg se inhibe la producción de Calcitonina y se estimula la secreción de PTH que promueve la síntesis de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ por medio de la regulación de la enzima 1α -hidroxilasa (Ávila et al., 2010; Caballero y Villa, 2010; Cunningham y Klein, 2003; Dukes y Reece, 2009).

Aunque el calcitriol también autorregula su actividad disminuyendo la actividad de la enzima 1α -hidroxilasa y aumentando la actividad de la 24 -hidroxilasa dando la formación de $24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$; metabolito menos activo de la vitamina D_3 (Caballero y Villa, 2010; Cunningham y Klein, 2003; Dukes y Reece, 2009).

La síntesis de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ aumenta la absorción intestinal de calcio por medio de la síntesis de calbidina; una mayor concentración de calbidina aumenta la reabsorción de Ca a nivel renal y la excreción de P (Caballero y Villa, 2010; Cunningham y Klein, 2003; Dukes y Reece, 2009).

La PTH ejerce efectos estimuladores sobre los osteoclastos por medio de diferentes mecanismos que estimulan la liberación de enzimas, estas enzimas disuelven las sales de calcio provocando un pH ácido promoviendo la lisis ósea, el calcitriol actúa potenciando los efectos de la PTH en el metabolismo óseo del calcio e induce el movimiento de los iones de calcio del hueso al líquido extracelular. Cuando los niveles de Ca aumentan las síntesis de PTH disminuye inhibiendo la secreción de Ca y aumentando la excreción de calcitriol (Dukes y Reece 2009).

El $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ promueve la síntesis de su receptor en su célula blanco, aumenta la síntesis de calbidina en el intestino, activa la bomba de $\text{Ca}^{++}\text{ATPasa}$ y transporta el calcio al interior del enterocito (Caballero y Villa, 2010; Soares et al., 1995).

El $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ tiene receptores intracitoplasmáticos o fracción VDR presente en tejidos clásicos como las células intestinales, renales u óseas (Caballero y Villa, 2010; Cerón, 2001; McDonald et al., 2011; Soares et al., 1995), también se encuentra en otros órganos como la glándula paratiroides, islotes pancreáticos, células endocrinas, gástricas y ciertas células del cerebro (McDonald et al., 2011). El calcitriol une a su receptor para formar un complejo fosforilado que se asocia al ligando específico en la cromatina nuclear (RXR), el complejo VDR/RXR afecta la síntesis proteica que estimula la expresión del gen que produce proteínas dependientes de vitamina D_3 como la proteína ligadora de calcio o calbidina (Caballero y Villa, 2010).

El calcitriol al ser liberado en la sangre se une a la DBP; menos del 5% del calcitriol circula libremente en el plasma, constituyendo la fracción activa de la hormona (Caballero & Villa, 2010).

Los efectos del calcitriol son muchos y en diferentes órganos ya que promueve la síntesis de su receptor en su célula blanco (intestinal u ósea), en el intestino promueve la síntesis de

calbidina, interviene en la formación de minerales dentro de vesículas en la matriz del cartílago, activa la bomba $\text{Ca}^{++}\text{ATPasa}$, la cual transporta el calcio del interior del enterocito hacia el plasma (Caballero y Villa, 2010; Soares et al., 1995).

Se ha informado que la sustitución del metabolito natural $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ por vitamina D_3 en dietas de gallinas de postura mejora la calidad del cascarón del huevo y reduce la cantidad de huevo roto, siempre que la cantidad suplementada de calcitriol sea apropiada; se estima como nivel óptimo $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ de dieta y el nivel de toxicidad $7 \mu\text{g}/\text{kg}$ de dieta) (Bachmann et al., 2013); aunque también se ha estimado que las mejoras se han asociado con concentraciones relativamente bajas, no superan los $22 \mu\text{g}/\text{kg}$ de 25-OH-D_3 y no más de $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 1-OH-D_3 (metabolito sintético) en la dieta (Tsang et al., 1990).

El mecanismo que provoca la mejora en el cascarón no se entiende bien, aunque se cree que el calcitriol en la dieta aumenta los niveles del mismo en el torrente sanguíneo estimulando la síntesis de calbidina intestinal asociada con una mayor absorción de calcio (Tsang et al., 1993). Se cree que la proteína dependiente de unión al calcio también está involucrada en el transporte activo de Ca a través de la membrana uterina (Keshavarz, 2003).

1.6 *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis* como fuente de vitamina D_3

La suplementación dietética con $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ sintético, no es práctica comercialmente debido al alto costo de la síntesis química del metabolito (Bachmann et al., 2013), sin embargo este nutriente se encuentra en algunas plantas, como: *Cestrum diurnum*, *Trisetum flavencens* *Solanum glaucophyllum* (denominado formalmente *Solanum malacoxylon*) y *Cissus quadrangularis* (Bachmann et al., 2013; Rama, 2003).

Solanum glaucophyllum conocido comúnmente como Duraznillo blanco es un arbusto perenne originario de tierras bajas de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (Gimeno, 2000; Bertín y Cepeda 2007). Se ha demostrado que el metabolito $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ es el principio activo de la planta, y se encuentra como un glucósido, unido a un número variable de unidades de azúcares (Bachmann et al., 2013). La actividad esencial del metabolito depende de su solubilidad en agua y a la separación de moléculas de acuerdo a su tamaño

en sistemas de filtración en gel, en donde el rango de pesos moleculares es de 1000 a 3000 (Napoli et al., 1997).

En *Solanum glaucophyllum* se han estimado 130.000 UI de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ KG/MS (Espil, 2012), aunque otras investigaciones señalan que el contenido activo es 0 a 20 μg $1,25\text{OH}_2\text{D}_3/\text{g}$ de MS, esto dependiendo de la ubicación y el tiempo de recolección, en condiciones de cultivo, se encontró un contenido de 16 a 25 $\mu\text{g}/\text{g}$ MS. Además en un estudio se determinó que a partir de separaciones cualitativas que más del 90% del colecalciferol y sus precursores ($25(\text{OH})\text{D}_3$, y 7-dehidrocolesterol) se encuentran enlazados a glucósidos y menos del 10% de estos metabolitos en forma libre. (Bachmann et al, 2013)

La ingesta de altas cantidades de la planta ocasiona en los animales signos clínicos de intoxicación, enfermedad conocida en los rumiantes como "enteque seco o calcinosis enzóotica", causa signos clínicos como: emaciación, rigidez, arqueamiento espinal, anorexia, pérdida de peso, hirsutismo, disnea y taquicardia (Bachmann et al, 2013; Napoli et al., 1997).

Cissus quadrangularis conocido comúnmente como Namunungwa o uva de Veldt, es una planta perenne de la familia de la Uva, se distribuye en las zonas más cálidas de la India, Pakistán, Bangladesh, Shrilanka y Malasia (Kavitha y Manimekalan, 2015).

Las propiedades de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ en *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*, mejora la biodisponibilidad de Ca y P, incluso bajo condiciones deficientes, aumentando la síntesis de la proteína de unión de calcio que mejora el crecimiento normal (Rama, 2003), también se han demostrado sus efectos en aves de corral; con la mineralización ósea; disminuyendo los índices de discondroplasia de la tibia en pollo de engorda y mejorando la producción de huevo y calidad del cascarón; dando lugar a cascarones más gruesos sin efectos carcinogénicos, en gallinas de postura alimentadas con materia vegetal seca (Bachmann et al., 2013; Kavitha y Manimekalan, 2015; Rama, 2003).

2. JUSTIFICACIÓN

En la industria avícola es importante reducir las pérdidas económicas que se generan por la obtención de huevos con cascarón roto o débil; en lo cual repercute la edad de la gallina: ya que entre más edad tengan las gallinas se disminuye la resistencia y grosor del cascarón.

Debido a los factores antes mencionados es importante realizar estudios que mejoren la calidad del cascarón y disminuyan la cantidad de huevo frágil o roto, administrando una cantidad adecuada de vitamina D₃ o sus metabolitos activos, por lo cual se realizó la presente investigación en la cual se estudian los efectos de dos fuentes naturales de 1,25(OH)₂D₃ a partir de las plantas deshidratadas: *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis* en dietas sorgo-soya para gallinas Bovans White, sobre el comportamiento productivo y la calidad interna y externa del huevo.

3. HIPÓTESIS

La adición de fuentes naturales de vitamina D₃ (*Solanum glaucophyllum* (Duraznillo blanco) y *Cissus quadrangularis* (Nemunungwa), en dietas sorgo-soya para gallinas Bovans White mejora la calidad interna y externa del huevo.

La inclusión de fuentes naturales de vitamina D₃ a 1 y 2 kg de: *Solanum glaucophyllum* (Duraznillo blanco) y *Cissus quadrangularis* (Nemunungwa) (un 1kg de las plantas deshidratadas aporta 1mg de 1,25(OH)₂D₃; 1mg equivale a 21,739.130IU de 1,25(OH)₂D₃) en dietas sorgo-soya para gallinas Bovans White no afecta el rendimiento productivo.

4. OBJETIVOS

Evaluar la inclusión de 1 y 2kg de fuentes naturales de vitamina D₃ (*Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*) en dietas sorgo-soya para gallinas Bovans White sobre la calidad interna (Unidades Haugh, resistencia, grosor de cascarón y pigmentación de la yema).

Evaluar la inclusión de 1 y 2kg de fuentes naturales de vitamina D₃ (*Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*) en dietas sorgo-soya para gallinas Bovans White sobre el rendimiento productivo (porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, porcentaje de huevo roto, porcentaje de huevo en fáfara y porcentaje de huevo sucio).

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se realizó el experimento en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola C.E.I.E.P.Av., de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Manuel M. López sin número, colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, Ciudad de México a una altura de 2250 msnm, en el paralelo 19°17' latitud norte y meridiano 99°02'30'' longitud oeste, con un clima templado subhúmedo (Cw), el mes de enero es el más frío y mayo el más caluroso, la temperatura media anual es de 16°C, con una precipitación pluvial media anual de 747mm (Ramos, 2012).

En el experimento se utilizaron 420 gallinas, estirpe Bovans White de 93 semanas de edad durante 12 semanas, se emplearon 5 tratamientos con 7 repeticiones de 12 gallinas cada una. Las aves se alojaron en una caseta de ambiente natural con 2 pirámides de 2 pisos.

Los tratamientos se conformaron de la siguiente manera:

T1= Control negativo (CN) dieta sin la adición de las plantas deshidratadas

T2 = CN + 1kg de *Solanum glaucophyllum*/tonelada

T3= CN + 2kg de *Solanum glaucophyllum*/tonelada

T4= CN + 1kg de *Cissus quadrangularis*/tonelada

T5= CN + 2kg de *Cissus quadrangularis*/tonelada

La dieta testigo que se utilizó a base de sorgo-soya cubre con los requerimientos de la gallina tal como lo señalan Ávila et al., 2009 (Cuadro 1 y Cuadro 2). Por lo cual se utilizaron jaulas convencionales con 3 gallinas cada una. Las jaulas están equipadas con comederos de canal y bebederos automáticos de copa. El agua se ofreció a libre acceso y el alimento a 105g/ave/día. Se implementó un fotoperiodo total de 16 horas luz.

Diariamente se sirvió alimento a las gallinas en un horario de 9 a 10 am, se recogió el huevo (el último a las 12 pm), se cuantificó, seleccionó y peso, se contaron los huevos rotos, en fáfara y sucios. Se establecieron registros diarios y semanales de alimento, de:

porcentaje de postura, peso de huevo, consumo de ave/día, índice de conversión alimenticia, masa de huevo, porcentaje de huevo roto, porcentaje de huevo sucio y porcentaje de huevo en fáfara.

Se realizó la prueba de calidad de huevo en las semanas 6 y 12, donde se midió el peso del huevo con una báscula digital, la altura de la albumina, color de la yema y las Unidades Haugh (UH), con el programa Eggware.

$$UH = 100 \log (H - 1.7 (p \times 0.37) + 7.6)$$

UH = Unidades Haugh

H = Altura de la albúmina

p = peso del huevo en gramos

El grosor del cascarón se midió con un micrómetro digital (MINOLTA CR-400), también se determinó la resistencia del cascarón midiendo la fuerza para su rompimiento con un dinamómetro digital (IMADA MV). Este procedimiento se realizó con el aparato antes mencionado ejerciendo una presión determinada sobre la parte media del cascarón.

Para evaluar el experimento se usó un diseño estadístico completamente al azar

$$Y = \mu + Z_i + E$$

Y = Valor observado de la media general

μ = Efecto de la media general

Z_i = El efecto del factor de estudio o tratamiento.

E = Error experimental

La elaboración de base de datos se realizó con el programa Excel[®] 2007 de Microsoft[®]. A los datos de las variables obtenidas, se les ejecutó análisis de varianza conforme al diseño experimental empleando el paquete estadístico SPSS ver 17.0. (Ramos, 2012).

Todos los procedimientos de manejo durante el experimento cumplieron con los requisitos señalados por el Comité institucional para el cuidado y uso de animales experimentales (CICUAE) en base a la NOM-062-ZOO-1999 (Galicia, 2015).

6. RESULTADOS.

Los resultados promedio obtenidos en 84 días de experimentación para porcentaje de postura, peso del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo se pueden observar en el Cuadro 3 y Figuras 1, 2 y 3. Se puede apreciar que los datos indicaron que no existió diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos, sin embargo el tratamiento 5 mostró solo una tendencia numérica con mejores resultados en porcentaje de postura, conversión alimenticia y masa de huevo respecto a los demás tratamientos.

Los datos de porcentajes de huevo roto, fáfara, sucio y mortalidad se muestran en el Cuadro 4. Se nota que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, por lo cual no existió efecto benéfico alguno al adicionar las diferentes fuentes naturales de vitamina D₃.

Los datos obtenidos en la semana 6 del experimento para Unidades Haugh (UH), color de yema, grosor de cascarón (mm) y resistencia de cascarón (g/mm^2) se muestran en el Cuadro 5. Se puede apreciar que no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos. También en la semana 12 del experimento, nuevamente no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$) para ninguna de estas variables entre los diferentes tratamientos tal como se puede observar en el Cuadro 6 y Figuras 4, 5 y 6.

7. DISCUSIÓN.

Los datos de postura, consumo de alimento, peso del huevo, grosor del cascarón y resistencia del huevo en el presente estudio, no mostraron efecto a la fuente natural de vitamina D₃ proveniente de las plantas (*Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*), resultados que fueron similares a los obtenidos en una investigación realizada por Frost et al. 1990, quienes realizaron dos experimentos simultáneamente; en el primer experimento evaluaron el efecto de dos metabolitos de la vitamina D: 1 α -(OH)D₃ y 1,25(OH)₂D₃ cada uno a 5 niveles dietéticos (0, 0.75, 1.50, 3.00, y 4.50 μ g/kg de alimento) en dietas isocalóricas (2.858 kcal de EM / kg) e isoproteicas (16% PC), con 2,200 UIP D₃/kg de alimento, 3.5% de calcio y 0.55% de fósforo total; estos autores no encontraron efecto benéfico sobre las variables antes mencionadas. En el segundo experimento, determinaron los efectos de la inclusión de vitamina D₃ a 4 niveles en la dieta (0. 500, 1000, y 1500 UIP de vitamina D₃/kg de alimento) y 1,25(OH)₂D₃ a 3 niveles (0, 5 y 1 μ g/kg de alimento) la dieta contenía 2.816 kcal de EM/kg, 16% de PC, 3.75% de calcio y 0.55% de fósforo total. Cabe señalar que los resultados en este experimento indicaron que el uso de vitamina D₃ aumentó significativamente la producción y la resistencia del cascarón del huevo, sin efecto sobre el consumo de alimento y el peso del huevo; por otra parte, la suplementación del metabolito 1,25(OH)₂D₃ aumentó significativamente la producción de huevos, la resistencia a la ruptura del huevo, sin diferencias significativas en el consumo de alimento y peso del huevo, sin embargo, existió efecto de interacción entre la inclusión de vitamina D₃ y 1,25(OH)₂D₃ en las variables porcentaje de producción, peso del huevo resistencia a la rotura del huevo y el consumo de alimento.

Sin embargo, en otro estudio realizado por García et al. 2001, no encontraron efecto favorable ($P < 0.05$) sobre las variables productivas: porcentaje de postura, peso de huevo, índice de conversión, consumo de alimento, y color de yema al adicionar 25(OH)D₃ en dietas sorgo-soya para gallinas de primer ciclo donde utilizaron 4 tipos de dietas (Ca 3.75%, Ca 3.75%+69mg 25(OH)D₃, Ca 3.25%, Ca 3.25%+69mg 25(OH)D₃). En otro experimento en gallinas de segundo ciclo, utilizaron 2 dietas (Ca 3.25% y Ca 4.1% ambas con 2.75 millones de UI de vitamina D₃/ton de alimento), sin obtener diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) para: peso promedio de huevo, porcentaje de postura, índice de conversión alimenticia, consumo de alimento y masa de huevo ave día. En la calidad externa del huevo el metabolito 25(OH)D₃ mejoró el grosor del cascarón en gallinas de

primero y segundo ciclo, a pesar de que en gallinas de segundo ciclo se empleó conjuntamente 25(OH)D₃ y Ca 4:1%. Sin embargo Tsang et al. 1990, no encontró diferencia significativa (P<0.05) sobre el grosor de cascarón en donde evaluó el efecto de inclusión de 1 α ,25-dihidroxicolecalciferol en 3 dietas (31g de Ca+27,5 μ g D₃/kg de dieta, 31g de Ca+27,5 μ g D₃/kg sin suplementar vitamina D₃ y 31g de Ca+27,5 μ g 1,25D₃/kg), estos investigadores obtuvieron resultados similares (P >0.05), en peso promedio del huevo. Los resultados de esta investigación resultaron similares a los encontrados por dichos autores para la mayoría de los variables productivas excepto para el grosor de cascaron ya que encontraron diferencia (P <0.05) a la adición de 25(OH)D₃ y en peso de huevo con efecto (P <0.05) a la inclusión de 1 α ,25-dihidroxicolecalciferol.

Otros autores como Gómora (2006), quien realizó un estudio con dietas sorgo-soya donde evaluó el efecto de 3 niveles de inclusión de 25(OH)D₃ (3500 000 UIP/ton, 2000 000 UIP/ton+37.5mg de 25(OH)D₃/ton y 2000 000 UIP/ton+ 69mg de 25(OH)D₃/ton) los resultados de este estudio indicaron que no existió diferencia significativa (P >0.05), sobre porcentaje de postura, peso promedio del huevo, masa de huevo ave/día consumo de alimento y conversión alimenticia y grosor del cascarón, se encontró diferencia significativa (P >0.05) sobre la resistencia del huevo. En cuanto a porcentaje de postura, masa de huevo ave/día y grosor de cascarón solo se encontró una tendencia numérica a ser mejor con la adición de 2000 000 UIP/ton+ 69mg de 25(OH)D₃/ton). Sin embargo, en la presente investigación solo se observó una tendencia numérica a ser mejor el porcentaje de postura y masa de huevo al adicionar 2kg /ton del metabolito 1,25(OH)₂D₃ contenida en la planta *Cissus quadrangularis*.

Por otro lado, Persia et al. (2013), evaluaron el efecto de 5 niveles de inclusión de UI de vitamina D₃ (1.-2.200 UI D₃, 2.-2.200 + 9700 UI, 3.-2.200 +17.200 UI, 4.-22.500+24.700 UI, 5.-2.200+102.200 UI de D₃). Ellos encontraron diferencias significativas (P <0.05) en la producción de huevo (mayor para los 9.700 UI y más bajo para 17.200 UI), la coloración de la yema (mejor resultado en dietas con 102,200 UI de D₃) y el consumo de alimento (mayor con 24.700 UI de vitamina D₃ y aún más con 17.200 UI). La masa de huevo, eficiencia alimenticia y peso del huevo no mostraron diferencias (P >0,05) entre tratamientos. En otro estudio llevado a cabo por Tsang et al (1993), reportaron resultados similares (P <0.05) a los anteriores experimentos para peso promedio del huevo al emplear

dietas basales con (31g de Ca/kg de alimento) y 8 niveles de inclusión de metabolitos de vitamina D (27.5µg/D₃ (nivel basal para todos los tratamientos), adicionados con 55µg/D₃, 3µg calcitriol, 5µg calcitriol, 7µg calcitriol, 5 µg 24,25(OH)₂D₃ y 5 µg de calcitriol y 24,25(OH)₂D₃. Los resultados obtenidos por Persia et al., y Tsang et al., no coinciden con los obtenidos en el presente estudio donde no existió diferencia significativa en ninguna de las variables productivas ni de calidad del cascaron.

Bachmann et al., (2013), describieron los compuestos derivados de colecalciferol a partir de hojas secas de *Solanum glaucophyllum*, realizando la preparacion del producto y del extracto. El extracto lo prepararon con hojas secas, 6 volúmenes de agua, 8 de etanol + 2 de etanol a 40°C, durante 8 h, filtraron el extracto (filtro de 0.2µm), lo evaporaron hasta una concentración de 30%, posteriormente lo purificaron por cromatografía de exclusión de tamaño y lo analizaron; el 1,25(OH)₂D₃ lo extrajeron mediante un sistema automatizado con el disolvente etanol al 65% y ejecutaron prueba de ELISA, encontrando que el 90% los compuestos lo conforma el metabolito activo (1,25(OH)₂D₃) enlazado a glucósidos y 10% de los compuestos lo conforman el metabolito activo (1,25(OH)₂D₃) en su forma libre, y el colecalciferol 25(OH)D₃. El extracto obtenido lo utilizaron en dietas para pollos de engorda, machos, estirpe Ross 308 para comprobar la eficiencia del producto sobre la Discondroplasia de la tibia; para lo cual utilizaron 6 tratamientos: 1.- Control: formulada a base de trigo y harina de soya, con 8 g de calcio, 6 g de fósforo disponible y 25µg colecalciferol/kg 2.- 1+1,25(OH)₂D₃ (2.5µg/kg) 3.- 1+1,25(OH)₂D₃ (5µg/kg) 4.- 1+extracto purificado (9.5µg 1,25(OH)₂D₃/kg) 5.- 1+extracto purificado (37.8µg 1,25(OH)₂D₃/kg) 6.- 1+extracto purificado (10µg 1,25(OH)₂D₃/kg), encontraron que la fuerza de ruptura de la tibia mostró un efecto con significancia (P <0.10) con todos los tratamientos que contenían 1,25(OH)₂D₃ sintético o natural. También el extracto lo utilizaron para evaluar la respuesta del metabolito en codornices japonesas (*Coturnix japonica*); en la cual utilizaron una dieta a base de maíz-harina de soya deficiente en vitamina D, cuando la postura descendió a un 10%, asignaron los grupos de aves utilizando la dieta basal en los 10 tratamientos; 1.- 2.5 µg 25(OH)₂D₃/kg, 2.- 5.0µg 25(OH)₂D₃/kg, 3.-10µg 25(OH)₂D₃/kg, 4.- 0.5µg 1,25(OH)₂D₃/kg, 5.- 1.0µg de 1,25(OH)₂D₃/kg 6.- 1.1µg de extracto SG/kg, 7.- 4.4µg de extracto SG/kg, 8.- 17.6µg de extracto SG/kg, 9.- 70.4µg de extracto SG/kg, 10.- 282µg de extracto SG/kg, los resultados que obtuvieron demostraron que el inicio de la postura fue más rápido en los grupos tratados con el extracto de *Solanum glaucophyllum* y el metabolito 1,25(OH)₂D₃ sintético y el peso de los huevos fue significativamente mayor en

los grupos tratados con el extracto de *Solanum glaucophyllum*. Sin embargo, en esta investigación el metabolito $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ se encuentra unido a glucósidos contenidos en la planta *Solanum glaucophyllum* adicionados en dietas para gallinas de postura, sin obtener diferencia significativa respecto al control negativo en ninguna de las variables evaluadas.

8. CONCLUSIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

- Gallinas Bovans White de 93 semanas de edad; en 84 días de experimentación con dietas sorgo-soya a dos niveles de inclusión de fuentes naturales de vitamina D₃ (1 y 2kg de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*/ton), no afectaron los parámetros productivos: porcentaje de postura, peso promedio de huevo, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y masa de huevo.
- La inclusión de 1 y 2 kg de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*/ton de alimento en dietas sorgo-soya; en gallinas Bovans White de 93 semanas de edad, en 84 días de experimentación, no tuvieron efecto sobre la calidad externa; porcentaje de huevo sucio, roto y en fáfara, e interna del huevo; unidades Haugh, color de yema, grosor de cascarón y resistencia.
- Se sugiere realizar estudios con niveles de inclusión distintos a los utilizados en este estudio de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis* y probar diferentes métodos de administración, ya que la actividad esencial del metabolito 1,25(OH)₂D₃ depende de la solubilidad de los glucósidos a los que se encuentra unido, ya sea en agua o en solventes orgánicos como el etanol.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aker NCE, Avelar FJJ. 2009. Metabolito de vitamina D3 (25-OH-D3) en la producción avícola [Proyecto especial para obtener del título de licenciatura]. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
2. Alfaro JC, Banda A, Esquivel J. 1999. Sistema de producción animal II, Aves I. 1ra edición. D.F., México: División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia SUA-FMVZ, UNAM.
3. Ameenuddin S, Sunde ML, Cook ME. 1985 Essentiality of Vitamin D, and its Metabolites in Poultry Nutrition: A Review. *World's Poultry Science Journal* 41(1):52-63.
4. Ávila G, Cuca G, Pro M. 2009. Alimentación de las aves. 2da edición. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección de patronato universitario, Departamento de Zootecnia.
5. Bachmann H, Autzen S, Frey U, Wehr U, Rambeck W, McCormack H and Whitehead CC. 2013. The efficacy of a standardised product from dried leaves of *Solanum glaucophyllum* as source of 1,25-dihydroxylecalciferol for poultry. *British Poultry Science* 54(5):642-652.
6. Bertin OD, Cepeda S. 2007. Defoliación y control químico de duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*) en pastizales naturales. *Revista Argentina de Produccion Animal* 27(2):67-74.
7. C.O.N.A.S.A.M.I. Comisión Naciocional de los Salarios Mínimos. [Actualización 15 de Diciembre del 2015] México. Disponible en:

http://www.conasami.gob.mx/bol_salario_minimo_2016_11122015.html [Citado 20 Agosto 2016]

8. Caballero CS, Villa GA. 2010. Fisiología veterinaria e introducción a la fisiología de los procesos productivos. D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
9. Cerón JC. 2001. Efecto del 25-hidroxicolecalciferol sobre los parámetros productivos en el pollo de engorda [Tesis de Licenciatura]. Cuautitlán Izcallí, Edo. de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Combs GF. 2008. The Vitamins. Fundamental Aspects in Nutrition and Health. Third edition. United States of America: ElSevier.
11. Coutts J, Wilson G. 2007. Manual práctico de calidad de huevo. Queensland, Australia : A través del Departamento de Industrias Primarias y Pesca y Productos Nutricionales DSM.
12. Cunningham JG, Klein BG. 2003. Fisiología Veterinaria. 3ra edición. Madrid, España: ElSevier.
13. Del Río GJC. 1998. Efecto de 25 hidroxicolecalciferol (25-OH-D3) en presencia de aflatoxina B1, sobre el rendimiento productivo y patología de patas en el pollo de engorda [Tesis de Maestría]. D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
14. Dukes HH, Reece WO. 2009. Fisiología de los animales domésticos. 12va edición. Zaragoza, España: Acribia.

15. Espil N. 2012. Plantas tóxicas: "Duraznillo blanco" (*Solanum glaucophyllum*, Solanaceae), reconocimiento y potencial aprovechamiento industrial. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Belgrano. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
16. Frost TJ, Ronald DA. 1990. Influence of vitamin D₃, 1 alpha hydroxyvitamin D₃, and 1,25 dihydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strength and various production parameters in commercial laying hens. *Poultry Science* 69:2008-2016.
17. Galicia HO. 2015. Efecto de los diferentes tamaños de las partículas en el alimento sobre los parámetros productivos de la gallina de postura [Tesis de licenciatura]. Distrito Federal, México: UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
18. García HM. 2000. Mejoramiento de la calidad del cascarón con la adición de 25-hidroxicolecalciferol (25-(OH)D₃) en dietas de gallinas de primer y segundo ciclo. [Tesis de licenciatura]. D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
19. García HM, Morales LR, Ávila GE, Sánchez RE. 2001. Mejoramiento de la calidad del cascarón con 25 hidroxicolecalciferol [25-(OH)D₃] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclo. *Veterinaria México* 32(3):167-174.
20. Gimeno EJ. 2000. Calcinosis enzoótica en rumiantes: Un problema vigente de la ganadería nacional. Buenos Aires, Argentina: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.
21. Gómora OVL. 2006. Efecto del 25 hidroxicolecalciferol en los parámetros productivos e inmunidad de gallinas. [Tesis de maestría]. D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
22. I.N.E.G.I. (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Disponible en:

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825216733.pdf [Citado 20 agosto 2015]

23. Iglesias GA, Restrepo SJF, Toro GCE. 2008. Historia de la vitamina D. Barranquilla, Colombia. Universidad Simón Bolívar.
24. Kavitha S, Manimekalan G. 2015. A study on properties of *Cissus quadrangularis* plant- a Review. Impact: International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences 3(6):15-18.
25. Keshavarz, K. 2003. A Comparison Between Cholecalciferol and 25-OH-Cholecalciferol on Performance and Eggshell Quality of Hens Fed Different Levels of Calcium and Phosphorus. Poultry Science 82:1415-1422.
26. Mattila P, Valaja J, Rossow †L, Venalainen ‡E†, and Tupasela T. 2004. Effect of Vitamin D₂- and D₃-Enriched Diets on Egg Vitamin D Content, Production, and Bird Condition During an Entire Production Period. Poultry Science 83:433–440.
27. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA and Sinclair LA. 2011. Nutrición Animal. España: Acribia.
28. Napoli JL, Reeve LE, Eisman JA, Schnoes †HK, DeLucas HF. 1997. *Solanum glaucophyllum* As Source of 1,25-dihydroxivitamin D₃. The Journal Biological Chemistry, 252(8):2580-2583.
29. Olivera del Solar, LN. 2002. Efecto del 25-hidroxicolecalciferol [25-(OH)D₃] en presencia de aflatoxina pura B₁ en pollos de engorda. (Tesis de Licenciatura). Cuautitlán Izcalli, Edo. de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

30. Persia ME, Higgins M, Wang †T, Trample ‡D, ‡ and Bobeck EA. 2013. Effects of long-term supplementation of laying hens with high concentrations of cholecalciferol on performance and egg quality. *Poultry Science* 92:2930–2937.
31. Rama RSV. 2003. Plant meat improves eggshell quality. *FEED MIX* 11(4):28-29.
32. Ramos VD. 2012. Evaluación de un emulsificante de grasas en dietas sorgo-soya para gallinas en postura sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo [Tesis de licenciatura]. Distrito Federal, México: UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
33. Russell McD. 2000. *Vitamins in animal and human nutrition*. Second edition. United States of America: Iowa State University.
34. Salinas DF. 2015. Dolor músculo esquelético y vitamina D. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación* 25(2):134-143.
35. Schmid A. and Walther B. 2013. Natural vitamin D content in animal products. *Advances in nutrition* 4:453–462.
36. Servin, GC. 2002. Efecto del 25 hidroxicolecalciferol (25-(OH)D₃) en los parámetros productivos e inmunidad de pollo de engorda. D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
37. Shimada AM. 2009. *Nutrición animal*. México: Trillas.
38. Soares JH, Keer JM, Gray RW. 1995. 25-Hydroxycholecalciferol in Poultry Nutrition. *Poultry Science* 74:1919-1934.
39. Tsang CPW. Grunder AA. 1990. Effect of 1 α ,25-dihydroxycholecalciferol on egg shell quality and egg production. *British Poultry Science* 31:241-247.
40. Tsang CPW, Grunder AA, Soares JH, Narbaitz R. 1993. Effect of dietary contents of cholecalciferol, 1 α ,25-dihydroxycholecalciferol and 24,25-dihydroxycholecalciferol on

blood concentrations of 25-hydroxycholecalciferol, 1 α ,25-dihydroxycholecalciferol, total calcium and eggshell quality. *British Poultry Science* 34:1021-1027.

41. U.N.A. (2015). Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores economicos del sector avícola 2015. Disponible en: <http://www.una.org.mx/index.php/component/content/article/2-uncategorised/19-indicadores-economicos>. [Citado 21 Agosto 2016]

10. CUADROS.

Cuadro 1. Composición de dieta experimental para gallinas de postura y análisis calculado*

<i>Ingrediente</i>	<i>Kg</i>
<i>Sorgo</i>	708.830
<i>Soya</i>	149.589
<i>Calcio</i>	87.445
<i>Harina de carne</i>	29.000
<i>Fosfato</i>	7.389
<i>Aceite de soya</i>	7.114
<i>Sal</i>	3.279
<i>Vitaminas iniciación aves*</i>	2.000
<i>Metionina</i>	1.560
<i>Pigmentante*</i>	-
<i>Minerales aves*</i>	1.000
<i>Colina 60%</i>	0.800
<i>Biolys</i>	0.505
<i>Bacitracina</i>	0.300
<i>Antioxidante</i>	0.150
<i>Cantaxantina</i>	0.030

<i>Nutriente</i>	<i>Análisis calculado</i>
<i>Proteína cruda %</i>	15.000
<i>Energía metabolizable aves Kcal/kg</i>	2.800
<i>Lisina</i>	0.700
<i>Metionina %</i>	0.385
<i>Met+Cis %</i>	0.625
<i>Calcio %</i>	4.000
<i>Fosforo asimilable %</i>	0.400
<i>Sodio %</i>	0.180

*Ver cuadro 2

Cuadro 2. Composición de premezcla de vitaminas ppm utilizada en dieta experimental para gallinas de postura Bovans White

Vitamina	Tonelada
<i>A</i>	13,000000 UI
<i>D₃</i>	2,000000 UI
<i>E</i>	62.5 mg
<i>K₃</i>	50,000 mg
<i>B₁</i>	3,000 mg
<i>B₂</i>	3,000 mg
<i>B₆</i>	10,000 mg
<i>B₁₂</i>	10,000 mg
<i>Niacina</i>	20 mg
<i>Ácido pantoténico</i>	60,000 mg
<i>Ácido fólico</i>	15,000 mg
<i>Biotina</i>	2,000 mg

Minerales	ppm
<i>Minerales Inorgánicos*</i>	400
<i>Minerales Orgánicos**</i>	-
<i>Fitasa[§]</i>	24
<i>Pigmentante amarillo[♦]</i>	30
<i>Pigmentante rojo[♦]</i>	25
<i>Cinc Orgánico[¥]</i>	-
<i>Manganeso Orgánico[¥]</i>	-
<i>Cobre Orgánico[¥]</i>	-
<i>Selenio Orgánico[¥]</i>	-

*Premezcla de minerales inorgánicos que proporciona: 70ppm de cinc, 70ppm de manganeso, 45ppm de hierro, 10ppm de cobre, 1ppm de iodo y 0.25ppm de selenio.

**Premezcla de minerales orgánicos en forma Carbo-Amino-Fosfoquelato que proporciona: 43.74ppm de cinc, 56.37ppm de magnesio, 43.74ppm de hierro, 8.61ppm de cobre, 0.34ppm de selenio y 1ppm de iodo.

[§]Ronozyme HiPhos M®.

[♦]Carophyll® amarillo (10% de Apoéster), Carophyll® rojo (10% de Cantaxantina)

[¥]Availa-Zn 100® (10% Cinc), Availa-Mn 80® (8% Manganeso), Availa-Cu 100® (10% Cu), Sel-Plex® (0.2% Selenio).

Cuadro 3 Resultados de parámetros productivos en 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis**

Tratamiento	Porcentaje de postura %	Peso promedio del huevo (g)	Consumo ave/día (g)	Índice de conversión alimenticia (kg/kg)	Masa de huevo ave/día (g)
1. Control negativo (CN) dieta sin la adición de plantas	78.2±1.8	65.3±0.4	100.9±0.6	1.993±0.04	51.0±1.1
2.CN+1kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	79.0±1.8	65.6±0.2	102.3±0.4	1.991±0.04	51.8±1.1
3.CN+2kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	78.3±1.6	65.1±0.2	100.2±0.9	1.999±0.05	50.6±1.2
4.CN+1kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	80.9±1.4	64.9±0.3	101.2±0.9	1.940±0.03	52.4±1.0
5.CN+2kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	82.6±1.3	65.3±0.4	101.2±0.7	1.891±0.04	53.9±1.0

*No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables presentadas (P >0.05)

Cuadro 4. Resultados de porcentaje de huevo roto, en fáfara, huevo sucio y porcentaje de mortalidad en 12 semanas de experimentación en gallinas alimentadas con distintos niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*.

Tratamiento	%			
	Huevo roto	Huevo en fáfara	Huevo sucio	Mortalidad
1. Control negativo (CN) dieta sin la adición de plantas	5.17±0.9	4.77±1.1	3.28±0.5	2.38±0.24
2.CN+1kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	8.69±1.5	4.15±0.4	3.76±0.4	5.95±0.48
3.CN 1+2kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	6.01±0.6	5.34±0.5	3.76±0.2	7.14±0.79
4.CN+1kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	9.91±1.4	5.86±0.8	3.77±0.4	3.57±0.30
5.CN+2kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	9.41±1.6	5.32±1.3	4.11±0.8	3.57±0.32

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables presentadas (P >0.05)

Cuadro 5. Resultados de calidad interna y externa de huevo en 6 semanas de experimentación en gallinas alimentadas con distintos niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*.

Tratamiento	Unidades Haugh (UH)	Color de yema	Grosor de cascarón (mm)	Resistencia de cascarón (g/mm ²)
1. Control negativo (CN) dieta sin la adición de plantas	80±1.9	11±0.2	330±11.7	2400±123
2. CN+1kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	81±2.7	11±0.2	336±8.3	2838±140
3. CN 1+2kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	83±2.1	11±0.2	337±9.9	2857±123
4. CN 1+1kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	81±1.3	11±0.2	340±6.2	2437±178
5. CN 1+2kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	84±2.9	11±0.2	327±9.4	2627±131

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables presentadas (P >0.05).

Cuadro 6. Resultados de calidad interna y externa de huevo en 12 semanas de experimentación en gallinas alimentadas con distintos niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*.

Tratamiento	Unidades Haugh (UH)	Color de yema	Grosor de cascarón (mm)	Resistencia de cascarón (g/mm ²)
1. Control negativo (CN) dieta sin la adición de plantas	92±1.7	11±0.2	313±7.5	2371±100
2. CN+1kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	88±1.5	11±0.2	331±8.8	2487±140
3. CN+2kg de <i>Solanum glaucophyllum</i>	93±1.7	11±0.2	316±7.9	2370±123
4. CN+1kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	90±2.0	11±0.2	315±7.8	2319±178
5. CN+2kg de <i>Cissus quadrangularis</i>	92±0.8	11±0.2	319±6.8	2272±131

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables presentadas (P >0.05)

11. FIGURAS

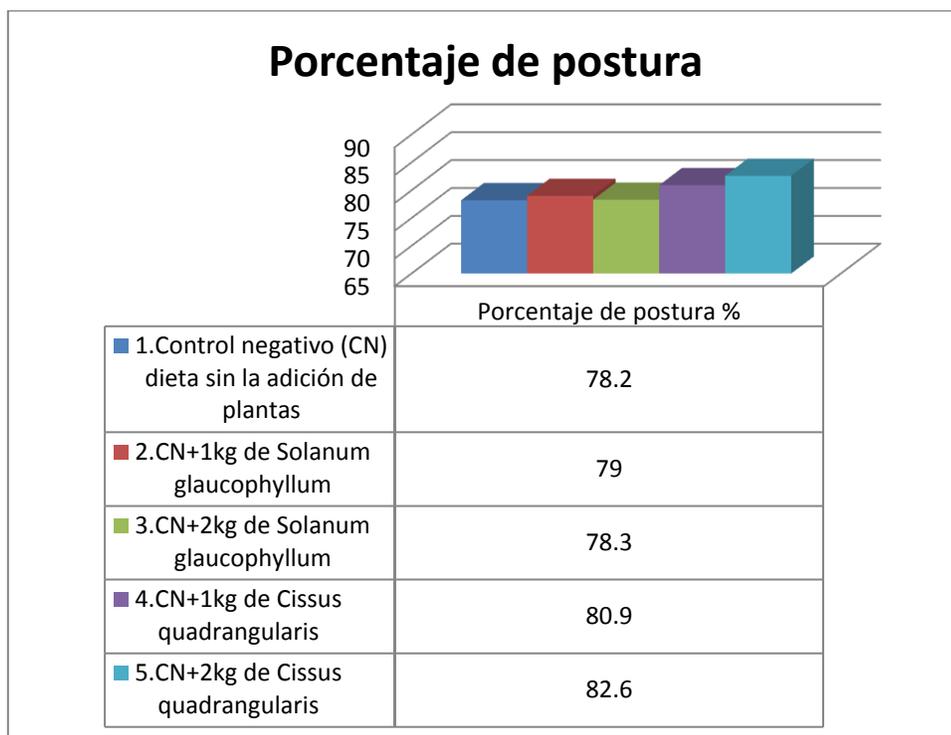


Figura 1. Resultados de porcentaje de postura durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*

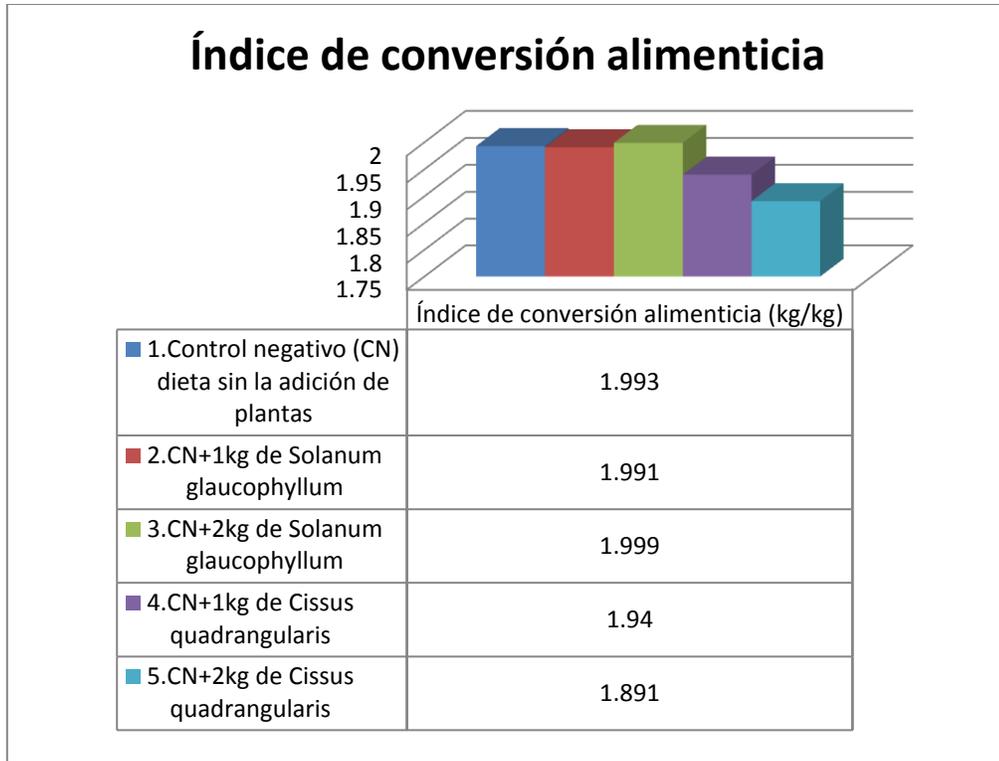


Figura 2. Resultados de índice de conversión alimenticia durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*

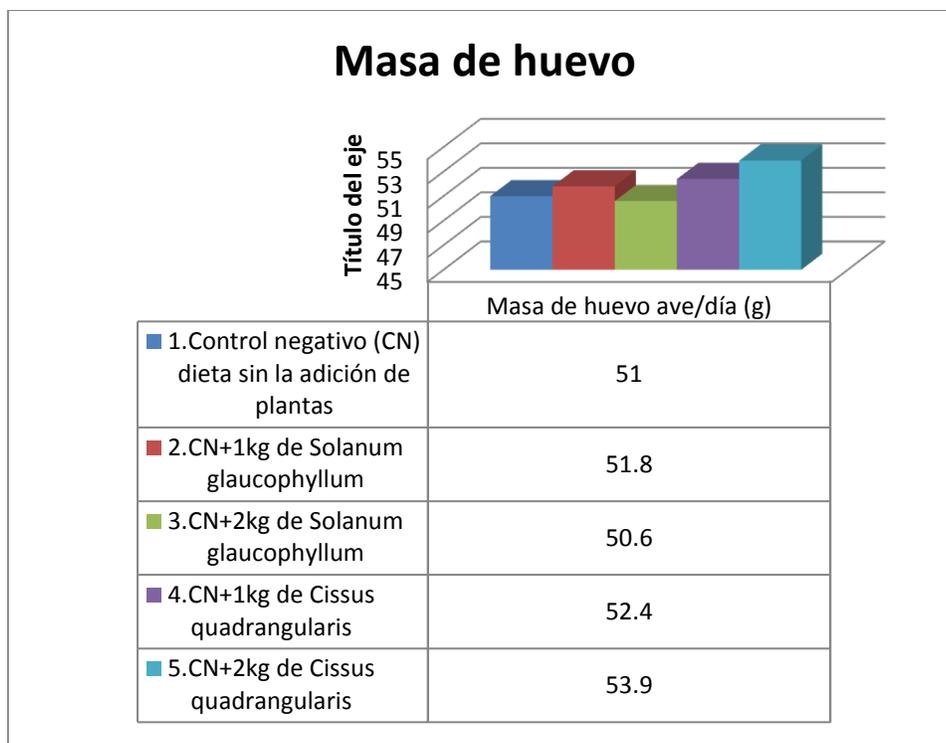


Figura 3. Resultados de masa de huevo durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*

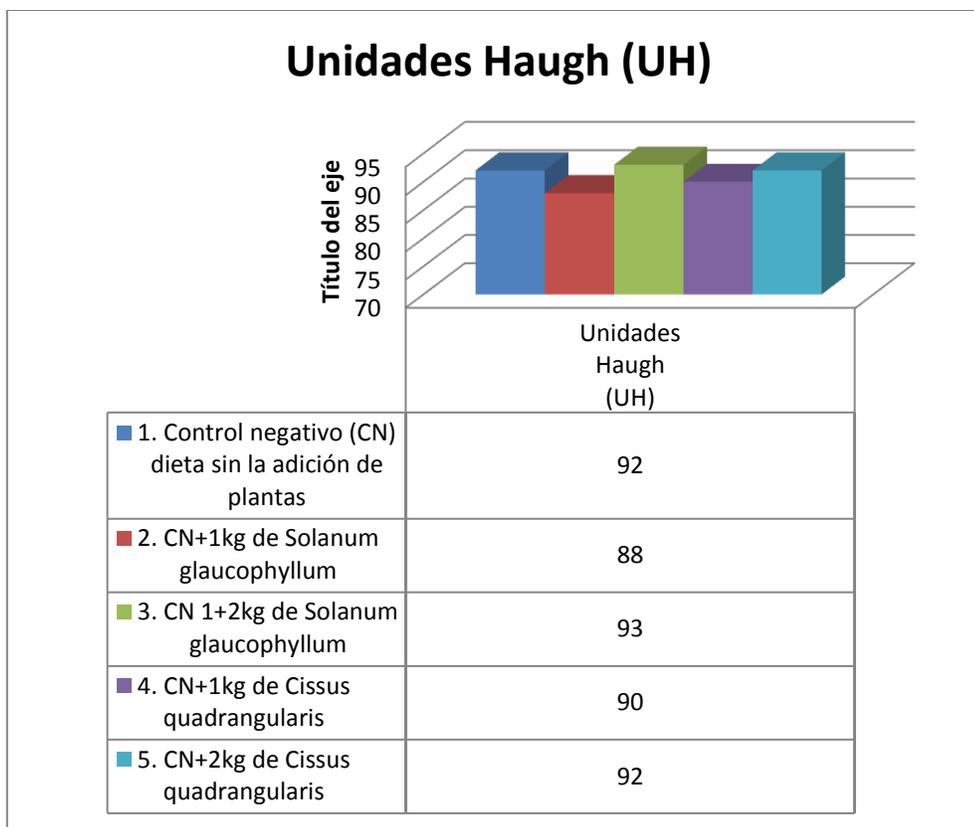


Figura 4. Resultados Unidades Haugh durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*

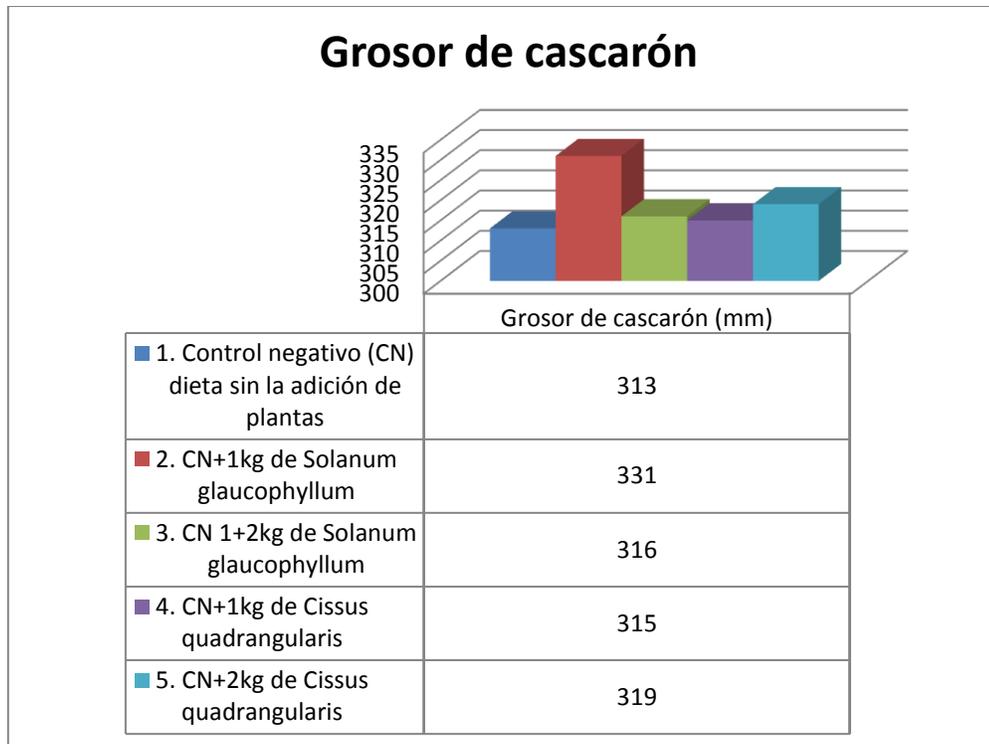


Figura 5. Resultados grosor de cascarón durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*.

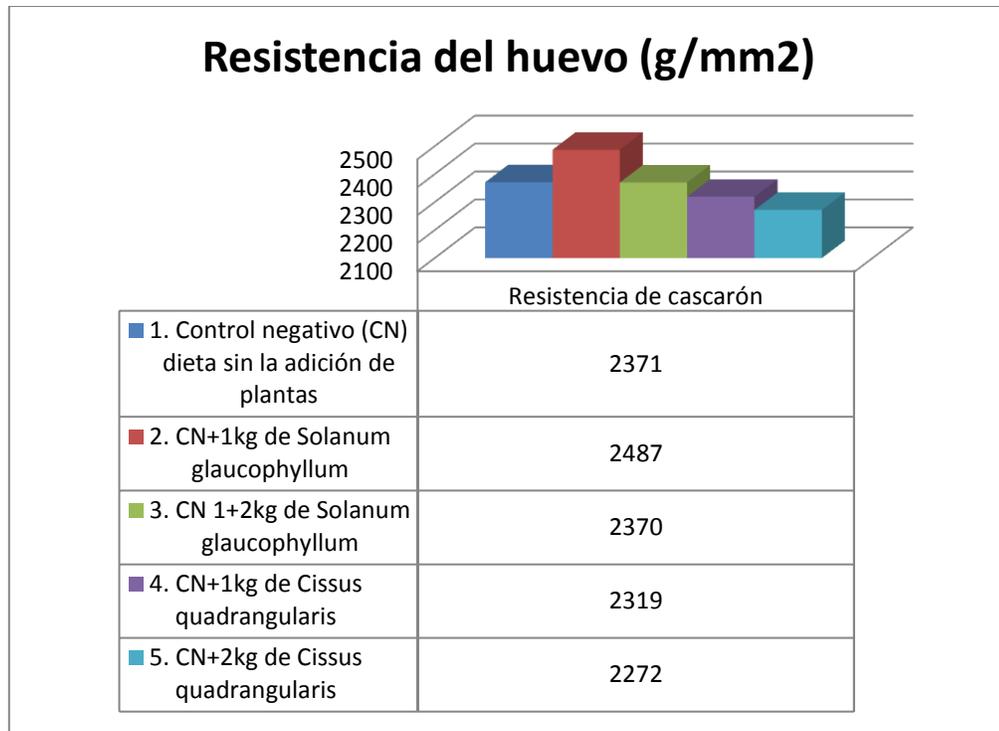


Figura 6. Resultados resistencia de huevo durante 12 semanas de experimentación en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de inclusión de *Solanum glaucophyllum* y *Cissus quadrangularis*