

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias de la Salud

Análisis sistemático del uso de cantaxantina y aditivos complementarios en el mejoramiento de la calidad externa e interna del huevo, huevos incubables y eclosiones de la línea genética Cobb en el último decenio.

Mateo Nicolás Espinosa de los Monteros Peñafiel

Medicina Veterinaria

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Médico Veterinario

Quito, 17 de diciembre de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Análisis sistemático del uso de cantaxantina y aditivos complementarios en el mejoramiento de la calidad externa e interna del huevo, huevos incubables y eclosiones de la línea genética Cobb en el último decenio.

Mateo Nicolás Espinosa de los Monteros Peñafiel

Dr. Lenin Vinueza MSc.

Quito, 17 de agosto de 2020

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Mateo Nicolás Espinosa de los Monteros Peñafiel

Código: 00132528

Cédula de identidad: 171798805-7

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

La producción avícola se mantiene en constante evolución, día a día se implementan sistemas innovadores que potencian la producción de pollos, gracias a esto, los consumidores pueden gozar de productos de calidad, por tal motivo es fundamental mantener una actualización sobre nuevas dietas, productos, y aditivos complementarios que surgen para mejorar y mantener un correcto desarrollo de reproductoras pesadas.

En el presente trabajo se analiza el uso de cantaxantina, un pigmento que podría llegar a ser indispensable en la dieta de pollos en un futuro, el cual ha cobrado mayor importancia durante los últimos diez años, gracias a sus propiedades de fortalecimiento y calidad de membrana, absorción de nutrientes del saco vitelino y aumento de fertilidad en el embrión del pollo, dando como resultado un mayor número de nacimientos por lote en la incubación de huevos fértiles.

El objetivo de este trabajo es sistematizar y analizar el uso de la cantaxantina y aditivos complementarios bajo diferentes parámetros. La cantaxantina dentro de la dieta de reproductoras pesadas tiene muchas ventajas y esta calidad se puede ver reflejada en las eclosiones, siendo estas libres de deformidades, con buena hidratación y buen promedio de peso, además de que poseen una mayor inmunidad activa.

Palabras clave: Cantaxantina, Reproductora Cobb, nutrición animal, incubabilidad, huevo fértil, eclosiones.

ABSTRACT

Poultry production is continually evolving; day by day, innovative systems are implemented that enhance chicken production. Thanks to this, consumers can enjoy quality products; it is essential to always keep an update on new diets, products, and complementary additives that arise to improve and maintain a correct development of broiler breeders.

In the present research work, the use of canthaxanthin is analyzed, a pigment that could become indispensable in the diet of chickens in the future, which has gained greater importance during the last ten years, thanks to its strengthening and quality membrane properties, absorption of nutrients from the yolk sac and increased fertility in the chicken embryo, resulting in a higher number of hatchlings per batch in the incubation of fertile eggs.

The objective of this work is to analyze and systematize the use of canthaxanthin and complementary additives under different parameters. Canthaxanthin in the diet of broiler breeders has many advantages and this quality can be seen reflected in the hatches, being these free of deformities, with good hydration and a good average weight, in addition to having a greater active immunity.

Key words: Canthaxanthin, Cobb breeder, animal nutrition, hatchability, fertile egg, hatching.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Desarrollo del Tema.....	12
Metodología	12
Resultados	15
Discusión.....	19
Conclusiones	25
Referencias bibliográfica	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Publicaciones que solo contienen análisis de calidad interna y externa del huevo. ..17	
Tabla 2. Relación de cantaxantina con diferentes tipos de aditivos complementarios.....18	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de uso de cantaxantina en avicultura por país en el último decenio.....	15
Figura 2. Número de reportes por año de cantaxantina en el último decenio.....	16

INTRODUCCIÓN

La cantaxantina es un carotenoide perteneciente a la clase de xantofilas que desempeñan papeles vitales en la producción de aves reproductoras de pollos de engorde, no sólo en el mantenimiento de la salud, sino también en la calidad de los huevos e incluso de la descendencia (Collins et al., 2014). La cantaxantina es necesaria para el funcionamiento adecuado de varios procesos digestivos, fisiológicos y biosintéticos. También son componentes de cientos de proteínas involucradas en el metabolismo intermedio, la secreción hormonal y la función inmune (Jiang et al., 2019). Los efectos de las deficiencias de cantaxantina en el rendimiento reproductor y el desarrollo del embrión han sido bien documentados. Estas deficiencias pueden dar lugar a una baja producción de huevos, baja fertilidad y eclosión, o incluso reducciones en la resistencia del hueso y la cáscara del huevo (Favero et al., 2013). Por lo general, se utilizan grandes márgenes de seguridad para los niveles de cantaxantina en la formulación de alimentos. Para cumplir con los requisitos nutricionales, debido a los costos económicos (Wang et al., 2019).

Los carotenoides son antioxidantes solubles en lípidos que ayuda a mejorar la capacidad antioxidante del embrión, otorgándole una mayor protección a los tejidos en desarrollo de los efectos perjudiciales como radicales libres (Zhang et al., 2014), generando un mayor rendimiento de incubabilidad teniendo un óptimo desarrollo a lo largo de la vida productiva del pollo (Moreno et al., 2020). Dicha protección es muy importante porque los tejidos del embrión tienen gran cantidad de lípidos poliinsaturados, siendo susceptibles a la peroxidación (Rocha et al., 2016).

Como se mencionó, los carotenoides son beneficiosos para el desarrollo embrionario (Ebbing et al., 2019). La cantaxantina forma parte de las xantofilas y cuando se suplementa en dietas de machos y hembras reproductoras, realizando la función de antioxidante en el embrión,

protegiendo los diferentes tejidos durante el proceso de incubación, los nutrientes que se encuentran almacenados en el saco vitelino ayudan al desarrollo embrionario y dan un mayor soporte en los procesos antioxidantes del oviducto y semen, ayudando a que exista menor estrés oxidativo de los espermatozoides (Huang et al., 2019).

La suplementación de cantaxantina en la dieta se relaciona directamente con una mayor fertilidad (Duarte et al., 2015), menor mortalidad embrionaria en la primera fase de desarrollo del embrión, evita el estrés calórico y mejor conversión alimenticia del pollito bebé (Surai et al., 2016).

La principal razón de estos beneficios es por la propiedad antioxidante y de inmunomodulación que tiene la cantaxantina. La elaboración de este análisis sistemático de la información referente a la cantaxantina puede contribuir como una base y guía para orientar investigaciones sobre el uso adecuado de este elemento y aditivo complementario.

En este estudio se aplicó la metodología de revisión sistemática, en base a publicaciones realizadas por autores de diferentes países donde se aplica la cantaxantina en la dieta de las reproductoras pesadas, presentando resultados positivos al suministrar este pigmento como: mejoras en la calidad interna y externa del huevo, excelentes condiciones de estado físico, y condiciones microbiológicas y serológicas las cuales se presentan mediante tablas elaboradas en esta revisión, esto se realiza por medio del Test de Cervantes que, por medio de puntuaciones ayuda a establecer y evaluar la calidad del pollito eclosionado (Araujo et al., 2019).

Se encontraron diversos autores que recomiendan el uso de cantaxantina porque los nutrientes de la yema del embrión tienen mejor absorción para poder formar la vascularización, reduciendo la mortalidad embrionaria dentro de las primeras 96 horas. Además, también ayuda a que el pollito nazca con una mejor inmunidad y reduce significativamente problemas articulares (dicondroplasia) (Bonagurio et al., 2020).

DESARROLLO DEL TEMA

Objetivo general:

Identificar, sistematizar y analizar publicaciones referentes al uso de la cantaxantina en el mejoramiento de la calidad externa e interna del huevo fértil, porcentaje de huevos fértiles incubables y porcentaje de eclosiones en la línea genética Cobb.

Objetivos específicos:

Contabilizar los estudios referentes a la dosis de cantaxantina y aditivos complementarios de la misma de acuerdo con el año y país de publicación.

Seleccionar y analizar la información recopilada acerca del uso de la cantaxantina en el mejoramiento de la calidad externa e interna de huevos fértiles.

Categorizar la información que reporte la dosis de cantaxantina e identificar los diferentes aditivos que puedan complementarse con la misma, así como el número de publicaciones existentes.

Presentar el porcentaje de huevos fértiles incubables y el porcentaje de eclosiones utilizando una dieta a base de cantaxantina y diferentes tipos de aditivos complementarios.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se recopiló información proveniente de publicaciones indexadas que corresponden a revistas científicas del área avícola, las cuales se encuentran difundidas en los siguientes idiomas: inglés, español y portugués. Con el fin de identificar las publicaciones concernientes al uso de la cantaxantina complementada por otros aditivos para mejorar la calidad externa e interna del huevo fértil, saber la cantidad de: huevos incubables y eclosiones en la línea genética Cobb, se utilizaron los siguientes buscadores

académicos: Pubmed, Google Scholar, Elsevier y Scopus, tomando en cuenta para objeto de este trabajo de investigación aquellas publicaciones e información científica correspondiente al último decenio (2010-2020), se recopiló la información haciendo uso del software Mendeley, y, además, para llevar a cabo la selección de información relevante para esta investigación se utilizaron palabras clave tales como:

- *Canthaxanthin + egg yolk color*
- *Canthaxanthin + Cobb breeder*
- *Canthaxanthin + additive*
- *Animal nutrition + canthaxanthin + egg yolk color*
- *Animal nutrition + additive + canthaxanthin*
- *Broiler breeders + egg yolk color + canthaxanthin*
- *Egg yolk color + animal nutrition + Cobb breeders*
- *Canthaxanthin + egg yolk color + additive*
- *Cobb breeders + egg yolk color + additive*
- *Cobb breeder + canthaxanthin + egg yolk color*
- *Canthaxanthin + animal nutrition + egg yolk color*
- *Canthaxanthin + Cobb breeder + animal nutrition + egg yolk color + additive*

Estas palabras clave fueron traducidas al castellano y portugués ya que es necesario su uso en estos idiomas. Los datos fueron clasificados utilizando herramientas de Microsoft Excel, programa que permite clasificar y ordenar la información de manera estratégica, por medio de filtros de información mediante los cuales se puede extraer los datos más importantes como: autor/es, nombre de la publicación, año de publicación, nombre de la revista científica, país de publicación, dosis de cantaxantina (kg/tn), aditivo complementario, edad de aves, tiempo de experimentación, porcentaje de eclosión, porcentaje de huevos fértiles incubables, calidad

externa e interna del huevo fértil en la línea genética Cobb (cuando aplique). Se agruparon e integraron los núcleos de minerales compuestos por Cu-Zn-Mn-Co-Fe-I, en tres diferentes grupos:

- Minerales 1: Cu-Zn-Mn-Co-Fe-I
- Minerales 2: Fe-Cu-Zn-Mn
- Minerales 3: Cu-Mn-Zn
- Minerales 4: Zn-Fe-Cu-Mn-Se
- Minerales 5: Zn-Se

Los documentos seleccionados, fueron aquellos que mostraban información sobre la dosis de la cantaxantina, el aditivo complementario, el porcentaje de huevos fértiles incubables y el porcentaje de eclosiones.

Los resultados obtenidos se presentaron mediante tablas, diagramas y gráficos con la finalidad de establecer de forma comparativa el mejor aditivo complementario y dosis de cantaxantina necesaria para obtener de forma óptima los parámetros de calidad externa e interna de huevo fértil, mayor porcentaje de huevos fértiles y porcentaje de eclosiones en la línea genética Cobb, en base a las investigaciones realizadas en el último decenio.

RESULTADOS

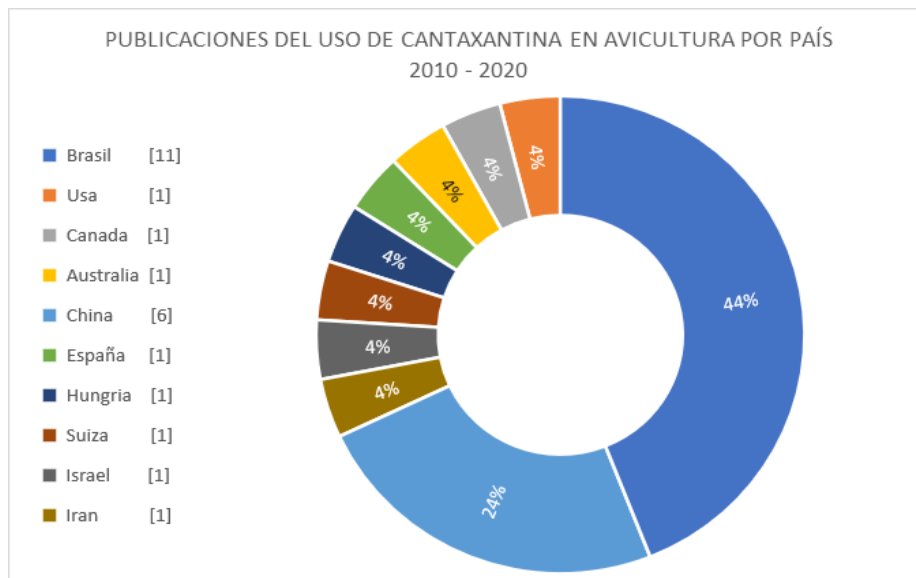


Figura 1. Porcentaje de uso de cantaxantina en avicultura por país en el último decenio.

De acuerdo a las publicaciones seleccionadas para realizar esta investigación, se muestra el porcentaje equivalente y número de estudios realizados por país referentes al uso de cantaxantina en el área avícola, el país con más estudios realizados es Brasil con un total de 11 publicaciones, equivalente al 44% del total, seguido por China que posee un total de 6 publicaciones, con un equivalente al 24%, ambos países sobresalen en el número de investigaciones sobre este tipo de estudios en los últimos 10 años, cabe recalcar también, que es posible que investigaciones similares se hayan realizado en otros países, pero, debido a la falta de patentes o licencias, no han sido publicadas Figura 1.

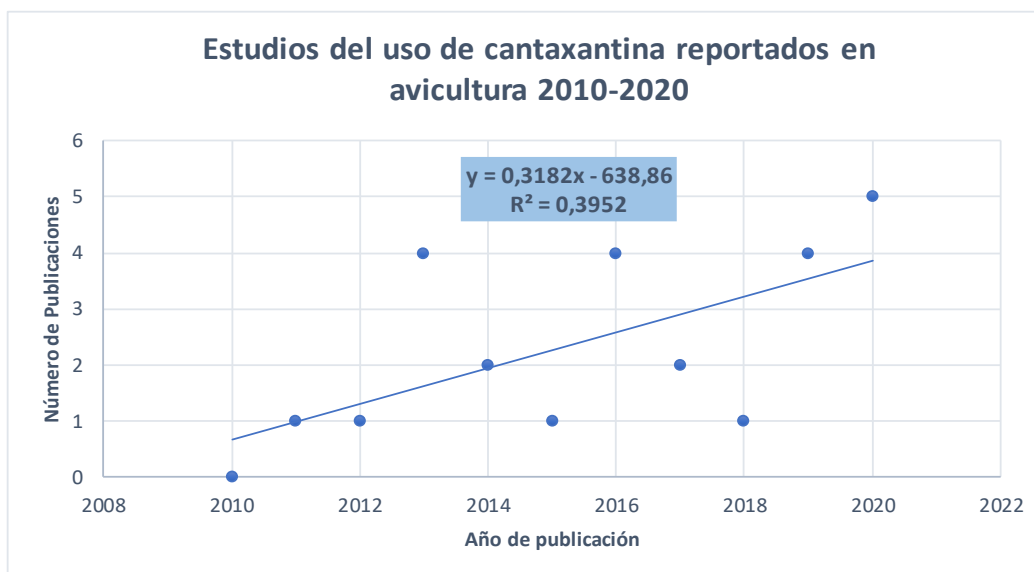


Figura 2. Número de reportes por año de cantaxantina en el último decenio.

Dentro de las publicaciones seleccionadas para este estudio que fueron realizadas en el periodo de 10 años (2010-2020), se observa que en los años 2011 y 2012 solo existe una publicación registrada, mientras que en el año 2013 este valor incrementa a un total de cuatro publicaciones para luego disminuir el número de estudios hasta el año 2016, en donde nuevamente se registra el incremento de investigaciones, el valor vuelve a presentar un descenso hasta el año 2019, registrando un crecimiento notable hasta el año 2020, en el cual se presenta el mayor número de publicaciones sobre el tema Figura 2.

Tabla 1.

Publicaciones que solo contienen análisis de calidad interna y externa del huevo.

Aditivo	Complemento	Dosis de Cantaxantina [kg/tn]	Eclosión (%)	Huevos incubables (%)	Publicaciones
Cantaxantina	N/A	5,6 - 6,9	84 - 94	88 - 91	7

Cantaxantina + Vitaminas	Vitamina E	5,1 - 6,4	83 - 96	80 - 90	6
	Vitamina D3	6,1 - 6,8	84 - 89	88 - 90	3
	Vitamina C	6,1	88 - 89	80 - 94	2
	Vitamina A	5,1	89	90	1

Cantaxantina + Minerales	Minerales 1	6,5	90	89	1
	Minerales 2	5,8	89	93	1
	Minerales 3	6	88	90	1
	Minerales 4	5,9	84	90	1
	Minerales 5	6,3	82	79	1

Cantaxantina + Otro	Sorgo	6,5	86	91	1
	Coenzima Q10	6,3	87	88	1
	Betaina	5,7	82	79	1

De acuerdo a los artículos científicos analizados para realizar este trabajo de investigación, solamente aquellos que se muestran en la tabla 1 contienen resultados sobre la calidad externa e interna de del huevo, es importante mencionar que el año de publicación de estos artículos es reciente, por lo tanto, este tema se encuentra en constante investigación en los últimos años, ya que es importante analizar todos los componentes que puedan asegurar la calidad del huevo para que éste se desarrolle sin complicaciones Tabla 1.

Tabla 2.

Relación de cantaxantina con diferentes tipos de aditivos complementarios.

Autor	Nombre de la publicación	Año de publicación	Dosis cantaxantina [kg/Tn]	Aditivo Complementario	% Huevos fértiles incubables	% Eclosión	Calidad externa e interna del huevo
M.Johson,M.Zuidhof,M.Korber	The effect of maternal canthaxanthin supplementation and hen age on breeder performance, early chick traits, and indices of innate immune function	2017	6.1	Sola	88	87	Si
G.Wang,L.Liu,W.Tao et al	Effects of replacing inorganic trace minerals with organic trace minerals on the production performance, blood profiles, and antioxidant status of broiler breeders	2019	5.9	Zn,Fe,Cu,Mn,Se	90	88	Si
J.Moreno,J.Diaz,L.Fuentes et al	Poultry diets containing (keto)carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality	2020	5.6	Sola	89	88	Si
L.Bonagurio,F.Cruz,I.Kaneko et al	Dietary supplementation with canthaxanthin and 25-hydroxycholecalciferol has beneficial effects on bone and oxidative metabolism in European quail breeders	2020	6.5	Vitamina D3	90	89	Si

La forma como actúa la cantaxantina de manera individual y al mezclar determinada dosis de cantaxantina con diferentes aditivos complementarios tales como: vitaminas, minerales u otros compuestos, da como resultados distintos porcentajes de eclosión y de huevos fértiles incubables expuestos en los rangos que se indican en la Tabla 2.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue recopilar información sobre el uso de la cantaxantina en reproductoras de la línea genética Cobb, se tomaron como referencia veinte y cinco artículos científicos sobre el uso de la cantaxantina complementada por otros aditivos para mejorar la calidad externa e interna del huevo fértil, esta información procede de diferentes lugares del mundo. Entre los artículos que se seleccionaron para este análisis, los países con mayor número de investigaciones publicadas sobre el tema son Brasil y China.

En un lapso de diez años estos países han denotado un mayor interés sobre el uso de cantaxantina en avicultura. Las publicaciones indexadas objeto de esta investigación, Favero et al. mencionan que Brasil es un país que aplica dosis de cantaxantina en la dieta complementaria de líneas genéticas de pollos de engorde, ya que la misma aumenta positivamente la cantidad de huevos eclosionados, este país es el líder mundial en la exportación de carne de pollo.

En China el uso de cantaxantina es indispensable en la dieta por su rol de antioxidante en el embrión de pollo, lo cual genera un incremento en el número de huevos eclosionados, obteniendo mayor cantidad de pollos de engorde para el consumo, dado que, la demanda de esta proteína se encuentra en ascenso (Pei et al., 2020). Además, este país ha decidido reducir el consumo de carne de cerdo, probablemente por el temor a la transmisión de enfermedades zoonóticas, de manera que, el consumo de carne de pollo es la principal opción dentro del mercado asiático actualmente, de la misma manera, su costo es relativamente menor en comparación con otro tipo de proteína cárnica (Wu et al., 2020).

Los estudios realizados sobre el uso de cantaxantina en dietas de reproductoras pesadas en Brasil proponen que las eclosiones obtienen una gran puntuación en el *Test de Cervantes*, demostrando tener un buen estado físico: siendo libre de deformidades, con buena hidratación

y buen promedio de peso; en cuanto a su condición microbiológica: se encuentran libres de hongos patógenos y libres de bacterias; en condición serológica: contienen elevados niveles de anticuerpos maternos y son negativos a patógenos de alta importancia sanitaria avícola como los *Mycoplasma gallisepticum* (MG) y *Mycoplasma synoviae* (MS) (Iqbal et al., 2017) .

Gracias al uso de la cantaxantina en la dieta de las reproductoras pesadas, la progenie de once días de edad presenta un incremento de peso, así como también mayor inmunidad activa, de esta manera, se logra tener al final del lote de producción una mayor cantidad de kilos de carne de pollo por metro cuadrado, un buen índice de cantidad de alimento ingerido y ganancia de peso obtenido (Heidari et al., 2011).

Considerando el análisis y continuidad de las publicaciones dentro de un periodo de diez años (2010 - 2020), se logró evidenciar que existe un incremento de estudios realizados en los años 2013, 2016, 2019 y 2020. En los últimos años, el número de estudios crece en comparación a otros debido al aumento de consumo de carne de pollo (de Brito et al., 2010). Sin embargo, algunos países que también realizan investigaciones sobre el uso de cantaxantina, no pueden publicarlas a nivel mundial, probablemente porque no cuentan con los permisos necesarios, esto genera dificultades al momento de sistematizar la información para realizar este estudio.

La línea de tendencia mostrada en la figura 2 presenta una correlación del 39%, lo cual indica que existe una tendencia positiva a incrementar las investigaciones en el tema con el tiempo, evidenciando que el uso de cantaxantina presenta resultados positivos en cuanto a la fertilidad del huevo incubable y llegando así a obtener una mayor cantidad de eclosiones por lote de nacimiento.

De esta manera, más países se suman año a año a realizar investigaciones sobre este carotenoide para aplicar en reproductoras pesadas, generando una mayor producción de huevos incubables

y eclosiones, al alcanzar una mayor eficiencia reproductiva, lo cual facilita llegar al potencial de la línea genética (Rosa et al., 2012).

De las veinte y cinco publicaciones seleccionadas, únicamente cuatro dedican una mínima parte de la investigación al análisis de calidad interna y externa del huevo en reproductoras pesadas de la línea genética Cobb como se observa en la tabla 1. Al analizar esta información, se determina que no existen datos y publicaciones suficientes para realizar un análisis complementario referente al tipo de calidad que posee un huevo fértil.

La principal razón de que exista una falta de información se debe a que varias empresas elaboran formulaciones de productos patentados para elevar la calidad externa e interna de un huevo a base de cantaxantina, por este motivo, las investigaciones y publicaciones sobre el análisis de calidad se encuentran limitadas en el área de reproducción (Duarte et al., 2015).

Es de suma importancia tener conocimiento sobre la calidad interna y externa de un huevo en reproductoras, debido a que los principales caracteres de heredabilidad están relacionados con: altura de albumen, porcentaje de yema, color de yema, manchas de sangre, grosor de cáscara, medición de la fuerza de ruptura de cascarón y peso de huevo (Fouad et al., 2020).

El implemento de este pigmento en líneas genéticas ayuda a la progenie a tener un mejor rendimiento nutricional y sanitario, mejora el porcentaje de nacimientos lo cual se relaciona directamente con una menor mortalidad embrionaria. También es fundamental llevar un programa de control y registro de calidad externa e interna del huevo en reproductoras debido a que se podría detectar y prevenir patologías que se pueden presentar en las líneas genéticas (Rodríguez-Moya, J. & Cruz-Bermúdez, 2017).

Existen factores determinantes en la elaboración de alimentos balanceados en reproductoras que pueden potenciar el uso de la cantaxantina para lograr obtener un mayor porcentaje de huevos fértiles incubables y eclosiones, de acuerdo al análisis realizado en base a las mezclas

de cantaxantina con aditivos complementarios como lo son: diferentes tipos de vitaminas hidrosolubles y liposolubles, minerales y otros tipos de complementos (de Carvalho & Caramujo, 2017).

El uso de cantaxantina de manera individual, se puede suministrar en una dosis máxima de 6,9 [kg/tn], alcanzando un excelente resultado de hasta un 94% de eclosiones, este estudio se corrobora con siete publicaciones registradas, siendo este, el mayor número de estudios publicados usando cantaxantina de manera individual en la dieta de reproductoras pesadas de la línea genética Cobb (Moraes et al., 2016).

En cantaxantina complementada con diferentes vitaminas, se demuestra que al mezclar este pigmento con vitamina C, se puede llegar a obtener hasta un 94% de huevos fértiles incubables ya que, actúa como agente óxido reductor evitando el estrés calórico por medio del incremento de la oxidación de ácidos grasos en vez de incrementar la gluconeogénesis de las proteínas, a comparación del uso de vitamina E, vitamina D3 y vitamina A. (Rocha et al., 2013)

Además, la vitamina E, tiene un máximo de 96% de eclosión, representando el mayor porcentaje de eclosión de toda la investigación sistemática realizada sobre el uso de la cantaxantina, tanto en forma individual como en mezclas con aditivos complementarios en reproductoras pesadas de la línea genética Cobb, esto se debe a que el tocoferol actúa como segundo antioxidante, reduciendo la muerte embrionaria y generando un impacto muy alto y positivo en la incubabilidad del huevo (Jacobs et al., 2016).

Esto quiere decir que la cantaxantina con vitamina E presenta un buen resultado y se recomienda realizar más análisis e investigaciones para poder determinar su eficiencia en el número de nacimientos o eclosiones por lote. La vitamina E favorece a la calidad de la membrana vitelina, protegiendo al embrión de un ambiente alcalino que posee el albúmen durante los cuatro primeros días de incubación. El ambiente alcalino es contraproducente para

el desarrollo del vitelo teniendo repercusión en los pollitos eclosionados (Dersjant-li & Malheiros, 2014).

Dentro del análisis resultante de la mezcla de cantaxantina con minerales, se evidencia que el máximo porcentaje de huevos eclosionados corresponde a aquella mezcla que se realiza entre la cantaxantina y el grupo de minerales 1 (Cu-Zn-Mn-Co-Fe- I) dando como resultado hasta un 90% de huevos eclosionados, aunque estos minerales tienen diferentes tipos de funciones para ayudar al desarrollo y viabilidad del embrión no genera un gran aporte en comparación a indica que las vitaminas, o incluso la cantaxantina sola pueden aportar mayores beneficios que al mezclar cantaxantina con minerales (M'Sadeq et al., 2018).

También se observa que al mezclar la cantaxantina con otros complementos, resulta menos eficiente que la mezcla de cantaxantina con minerales, alcanzando un máximo de 87% en el número de eclosiones, de la misma forma, al mezclar cantaxantina con Sorgo, el porcentaje de huevos fértiles incubables asciende al 91%.

El Sorgo es un cereal y al igual que el maíz, son las proteínas principales de una dieta alimenticia, pero, C. Bonilla et al. lo mencionan como un aditivo, ya que se considera un inoculante por ser un biopreparado, esto permite una mejora en la eficiencia productiva de las aves por su ayuda a nivel gastrointestinal (Bonilla et al., 2017).

El sorgo y el maíz son cereales muy parecidos, pero el sorgo es limitado en el área avícola por las condiciones ambientales y climatológicas. El sorgo es una buena fuente proteica debido a que contiene menos cantidad de aceites esenciales y una mayor cantidad de fósforo de tipo no fitato, al tener menos cantidad de aceite el sorgo tiene un mejor valor energético para aves de corral, pero en publicaciones científicas se comenta que el sorgo contiene mayor cantidad de proteína y por ello se suele recomendar realizar investigaciones con esta fuente de proteína porque se obtienen mejores resultados (Jang et al., 2014).

En cuanto a Q10 también conocida como ubiquinona en avicultura, el porcentaje máximo de eclosiones es de 87%, a comparación del resto de los complementos de este grupo, la coenzima Q10 puede alcanzar el mayor porcentaje de huevos eclosionados, debido a su papel importante en el traslado de electrones en la mitocondria y sintetización de ATP, ya que transporta electrones en procesos de fosforilación oxidativa y respiración (Johnson-Dahl et al., 2017).

La cantaxantina, al ser un gran antioxidante elimina los radicales y estabiliza las membranas ayudando con patologías cardiorrespiratorias, viabilidad de embrión y estrés térmico. Además, genera más energía en las células por lo tanto existe mayor viabilidad y motilidad del espermatozoide del gallo, y ayuda a que en la hembra no exista pérdida de la jerarquía folicular, logrando una mejor y eficiente fotoestimulación, lo cual permite alcanzar así su madurez sexual (Da Costa et al., 2016; Eslami et al., 2016; Weber et al., 2013).

La revisión sistemática ayuda a recopilar y proporcionar el uso de la cantaxantina mediante el diseño de tablas, gráficos y filtros que permiten profundizar acerca del aditivo complementario y dosificación para poder emplear en una dieta de reproductoras de la línea genética Cobb. Asimismo, incrementa la producción de su portura teniendo repercusiones positivas en los embriones dentro de incubadora con que se tendrá un mayor número de nacimientos y una buena calidad de pollito bebé (Yadgary et al., 2013).

CONCLUSIONES

Los países con mayor número de publicaciones registradas dentro de los últimos diez años son Brasil y China, de acuerdo a los artículos seleccionados para realizar este trabajo de investigación, estos países han desarrollado varios estudios sobre el uso de cantaxantina en la dieta de reproductoras de pollos de engorde, así como también investigaciones sobre las diferentes mezclas de cantaxantina con aditivos complementarios para potenciar una mayor viabilidad del embrión obteniendo una gran cantidad de eclosiones.

Es fundamental conocer bien el sistema que se emplea en reproductoras de pollos de engorde, tanto en la crianza y producción dentro del lote como al momento de realizar la recolección de los huevos, para tener una buena fertilidad se debe tener en cuenta que la alimentación complementada con aditivos específicos se convierte en un factor útil e importante para asegurar la calidad del embrión.

Por medio de la categorización de la información sobre la dosis de cantaxantina para favorecer la dieta de reproductoras de pollos de engorde, se logró obtener un resultado claro sobre que mezcla de aditivos complementarios juntamente con cantaxantina favorecen al momento de determinar cual se convierte en más eficiente para ser aplicado y que a su vez garantice calidad y buen desarrollo en los embriones.

La cantaxantina es un antioxidante que gracias a su versatilidad se puede mezclar con diferentes vitaminas, minerales y otros aditivos complementarios para alcanzar un mayor rendimiento en reproductoras, porque ayuda a que el embrión no sufra de estrés calórico, dando como resultado mayor número de huevos fértiles incubables y mayor número de eclosiones.

Es importante complementar esta información con más publicaciones y artículos de revistas científicas actuales, para obtener y mantener siempre información actualizada sobre el tema.

Se recomienda mantener un diálogo con empresas que realicen productos a base cantaxantina para obtener más información y resultados en reproducción avícola. Se debe realizar un estudio de metanálisis para comprobar y esclarecer el rendimiento de la cantaxantina y aditivos complementarios.

Es importante hablar con un especialista en nutrición avícola que pueda proporcionar información y datos sobre dietas en reproductoras pesadas, para lograr establecer parámetros de investigación y tener mayor conocimiento sobre el tema.

Debido a los excelentes resultados con aditivos complementarios como: en vitamina E y sorgo, se recomienda realizar investigaciones de estos dos complementos conjuntamente con cantaxantina para poder tener resultados positivos en huevos incubables y eclosiones. Se debería realizar en Ecuador estudios de cantaxantina complementada con Sorgo y otras fuentes proteicas que se dan con facilidad en la región Andina, tales como: el amaranto, la quinua y el chocho; por la facilidad de cultivo que se da en el país, su elevado valor nutricional y múltiples beneficios que podría generar en las reproductoras de pollos de engorde.

Con respecto al trabajo realizado, se concluye que la metodología utilizada para realizar este estudio no es útil porque no se cuenta con los datos suficientes para evaluar el uso de cantaxantina en la dieta de reproductoras pesadas, es difícil determinar en este trabajo las dosis exactas que se deben aplicar para alcanzar un rendimiento óptimo de la producción, se considera necesario hablar con expertos en desarrollo de suplementos a base de cantaxantina para obtener datos exactos sobre las dosis de suministro, aditivos clave que incrementan el número de eclosiones y favorecen en el desarrollo de reproductoras pesadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Araujo, L. F., Araujo, C. S. S., Pereira, R. J. G., Bittencourt, L. C., Silva, C. C., Cisneros, F., Hermes, R. G., Sartore, Y. G. A., & Dias, M. T. (2019). The dietary supplementation of canthaxanthin in combination with 25OHD3 results in reproductive, performance, and progeny quality gains in broiler breeders. *Poultry Science*, 98(11), 5801–5808. <https://doi.org/10.3382/ps/pez377>
- Bonagurio, L. P., Cruz, F. K., Kaneko, I. N., Matumoto-Pintro, P. T., Murakami, A. E., & Santos, T. C. (2020). Dietary supplementation with canthaxanthin and 25-hydroxycholecalciferol has beneficial effects on bone and oxidative metabolism in European quail breeders. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.021>
- Bonilla, C. E. V., Rosa, A. P., Londero, A., Giacomini, C. B. S., Orso, C., Fernandes, M. O., Paixão, S. J., & Bonamigo, D. V. (2017). Effect of broiler breeders fed with corn or sorghum diet and canthaxanthin supplementation on production and reproductive performance. *Poultry Science*, 96(6), 1725–1734. <https://doi.org/10.3382/ps/pew442>
- Collins, K. E., McLendon, B. L., & Wilson, J. L. (2014). Egg characteristics and hatch performance of Athens Canadian Random Bred 1955 meat-type chickens and 2013 Cobb 500 broilers. *Poultry Science*, 93(9), 2151–2157. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03895>
- Da Costa, M. J., Oviedo-Rondon, E. O., Wineland, M. J., Claassen, K., & Osborne, J. (2016). Effects of incubation temperatures and trace mineral sources on chicken live performance and footpad skin development. *Poultry Science*, 95(4), 749–759. <https://doi.org/10.3382/ps/pev446>
- de Brito, J. Á. G., Bertechini, A. G., Fassani, É. J., Rodrigues, P. B., Lima, E. M. C., & Meneghetti, C. (2010). Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12), 2656–2663. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200014>
- de Carvalho, C. C. C. R., & Caramujo, M. J. (2017). Carotenoids in aquatic ecosystems and aquaculture: A colorful business with implications for human health. *Frontiers in Marine Science*, 4(APR). <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00093>
- Dersjant-li, Y., & Malheiros, R. D. (2014). *Effect of a feed additive containing mixed enzymes and direct fed microbial combination on performance of turkeys*. *Metabolism and Nutrition – Feed Additives*. December 2015. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1872.2647>
- Duarte, V., Minafra, C. S., Santos, F. R. dos, & Perim, F. dos S. (2015). Inclusion of canthaxanthin and 25-hydroxycholecalciferol in the diet of broiler breeders on performance and incubation parameters. *Ciência Rural*, 45(11), 2050–2055. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140564>
- Ebbing, M. A., Vieira, S. L., Stefanello, C., Berwanger, E., Mayer, A., Maria, D. D., & Fireman, A. K. (2019). An investigation on iron sources fed to broiler breeder hens and

- the corresponding color of laid eggshells on the performance of the resulting progeny. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(1), 184–193. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy064>
- Eslami, M., Ghaniei, A., & Mirzaei Rad, H. (2016). Effect of the rooster semen enrichment with oleic acid on the quality of semen during chilled storage. *Poultry Science*, 95(6), 1418–1424. <https://doi.org/10.3382/ps/pew041>
- Favero, A., Vieira, S. L., Angel, C. R., Bess, F., Cemin, H. S., & Ward, T. L. (2013). Reproductive performance of Cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino acid-complexed sources. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 80–91. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00607>
- Fouad, A. M., El-Senousey, H. A. K., Ruan, D., Xia, W., Chen, W., Wang, S., & Zheng, C. (2020). Nutritional modulation of fertility in male poultry. *Poultry Science*, Figure 1. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.083>
- Heidari, M. D., Omid, M., & Akram, A. (2011). Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy*, 36(11), 6536–6541. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.011>
- Huang, L., Li, X., Wang, W., Yang, L., & Zhu, Y. (2019). The Role of Zinc in Poultry Breeder and Hen Nutrition: an Update. *Biological Trace Element Research*, 192(2), 308–318. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-1659-0>
- Iqbal, J., Mukhtar, N., Rehman, Z. U., Khan, S. H., Ahmad, T., Anjum, M. S., Pasha, R. H., & Umar, S. (2017). Effects of egg weight on the egg quality, chick quality, and broiler performance at the later stages of production (week 60) in broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(2), 183–191. <https://doi.org/10.3382/japr/pfw061>
- Jacobs, L., Delezie, E., Duchateau, L., Goethals, K., Ampe, B., Lambrecht, E., Gellynck, X., & Tuytens, F. A. M. (2016). Effect of post-hatch transportation duration and parental age on broiler chicken quality, welfare, and productivity. *Poultry Science*, 95(9), 1973–1979. <https://doi.org/10.3382/ps/pew155>
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Moon, Y. S., & Sohn, S. H. (2014). Effects of vitamin C or E on the pro-inflammatory cytokines, heat shock protein 70 and antioxidant status in broiler chicks under summer conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(5), 749–756. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13852>
- Jiang, S., El-Senousey, H. A. K., Fan, Q., Lin, X., Gou, Z., Li, L., Wang, Y., Fouad, A. M., & Jiang, Z. (2019). Effects of dietary threonine supplementation on productivity and expression of genes related to protein deposition and amino acid transportation in breeder hens of yellow-feathered chicken and their offspring. *Poultry Science*, 98(12), 6826–6836. <https://doi.org/10.3382/ps/pez420>
- Johnson-Dahl, M. L., Zuidhof, M. J., & Korver, D. R. (2017). The effect of maternal canthaxanthin supplementation and hen age on breeder performance, early chick traits, and indices of innate immune function. *Poultry Science*, 96(3), 634–646. <https://doi.org/10.3382/ps/pew293>

- M'Sadeq, S. A., Wu, S. B., Choct, M., & Swick, R. A. (2018). Influence of trace mineral sources on broiler performance, lymphoid organ weights, apparent digestibility, and bone mineralization. *Poultry Science*, *97*(9), 3176–3182. <https://doi.org/10.3382/ps/pey197>
- Moraes, M. L., Ribeiro, A. M. L., Santin, E., & Klasing, K. C. (2016). Effects of conjugated linoleic acid and lutein on the growth performance and immune response of broiler chickens. *Poultry Science*, *95*(2), 237–246. <https://doi.org/10.3382/ps/pev325>
- Moreno, J. A., Díaz-Gómez, J., Fuentes-Font, L., Angulo, E., Gosálvez, L. F., Sandmann, G., Portero-Otin, M., Capell, T., Zhu, C., Christou, P., & Nogareda, C. (2020). Poultry diets containing (keto)carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. *Animal Feed Science and Technology*, *260*(October 2018), 114334. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114334>
- Pei, F., Wang, Y., Fang, Y., Li, P., Yang, W., Ma, N., Ma, G., & Hu, Q. (2020). Concentrations of heavy metals in muscle and edible offal of pork in Nanjing city of China and related health risks. *Journal of Food Science*, *85*(2), 493–499. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15014>
- Rocha, J. S. R., Barbosa, V. M., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Cançado, S. V., Lana, A. M. Q., Pompeu, M. A., Vasconcelos, R. J. C., Machado, A. L. C., Miranda, D. J. A., Fernandes, M. N. S., & Mendes, P. M. M. (2013). Efeito do armazenamento e da cantaxantina dietética sobre a qualidade do ovo fértil e o desenvolvimento embrionário. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *65*(3), 792–800. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352013000300027>
- Rocha, J. S. R., Pompeu, M. A., Baião, N. C., Lara, L. J. C., Cardeal, P. C., Costa, B. V., Leão, P. A., Leite, A. C., Vargas, L. R., Rezende, C. A., Wernick, B., & Ruiz, J. H. A. (2016). Avaliação da suplementação antioxidante na dieta para galos de matrizes pesadas em idade avançada sobre parâmetros reprodutivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *68*(5), 1177–1182. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7646>
- Rodríguez-Moya, J. & Cruz-Bermúdez, A. (2017). DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v11i1.28295>. *Nutrición Animal Tropical*, *11*(1), 16–37.
- Rosa, A. P., Scher, A., Sorbara, J. O. B., Boemo, L. S., Forgiarini, J., & Londero, A. (2012). Effects of canthaxanthin on the productive and reproductive performance of broiler breeders. *Poultry Science*, *91*(3), 660–666. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01582>
- Surai, P. F., Fisinin, V. I., & Karadas, F. (2016). Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. *Animal Nutrition*, *2*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.01.001>
- Wang, G., Liu, L. J., Tao, W. J., Xiao, Z. P., Pei, X., Liu, B. J., Wang, M. Q., Lin, G., & Ao, T. Y. (2019). Effects of replacing inorganic trace minerals with organic trace minerals on the production performance, blood profiles, and antioxidant status of broiler breeders. *Poultry Science*, *98*(7), 2888–2895. <https://doi.org/10.3382/ps/pez035>

- Weber, G. M., Machander, V., Schierle, J., Aureli, R., Roos, F., & Pérez-Vendrell, A. M. (2013). Tolerance of poultry against an overdose of canthaxanthin as measured by performance, different blood variables and post-mortem evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, *186*(1–2), 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.09.005>
- Wu, L., Gong, X., Chen, X., & Hu, W. (2020). Compromise Effect in Food Consumer Choices in China: An Analysis on Pork Products. *Frontiers in Psychology*, *11*(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01352>
- Yadgary, L., Kedar, O., Adepeju, O., & Uni, Z. (2013). Changes in yolk sac membrane absorptive area and fat digestion during chick embryonic development. *Poultry Science*, *92*(6), 1634–1640. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02886>
- Zhang, J., Hou, X., Ahmad, H., Zhang, H., Zhang, L., & Wang, T. (2014). Assessment of free radicals scavenging activity of seven natural pigments and protective effects in AAPH-challenged chicken erythrocytes. *Food Chemistry*, *145*, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.025>