

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CAROTENOIDES EXTRAÍDOS DE  
NABO AMARILLO (*Brassica rapa L.*) SOBRE LA COLORACIÓN DE LA YEMA  
DE HUEVO Y LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA CODORNIZ  
JAPÓNICA (*Coturnix coturnix japónica*)**

**YORDY STEVEN AGUDELO JIMÉNEZ  
NEIVER JONATHAN DÍAZ CRIOLLO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2022**

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CAROTENOIDES EXTRAÍDOS DE  
NABO AMARILLO (*Brassica rapa L.*) SOBRE LA COLORACIÓN DE LA YEMA  
DE HUEVO Y LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA CODORNIZ  
JAPÓNICA (*Coturnix coturnix japónica*)**

**YORDY STEVEN AGUDELO JIMÉNEZ  
NEIVER JONATHAN DÍAZ CRIOLLO**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación presentado como  
requisito parcial para optar al título de Zootecnista**

**Directora de Trabajo de Grado  
ANA JULIA MALLAMA GOYES  
Zoot., Esp., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2022**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”.

Artículo primero del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**Ing. Quim. M.Sc. OLGA LUCIA BENAVIDES CALVACHE**  
Jurado Delegado

---

**Esp., M.Sc. ROSA LILA PEREIRA**  
Jurado

---

**Esp., M.Sc. ANA JULIA MALLAMA GOYES**  
Asesora

**San Juan de Pasto, enero de 2023**

## **DEDICATORIA**

Creo que Dios siempre está y estará en primer lugar y por encima de todas las cosas, por eso hoy quiero agradecer a él por permitirme cumplir una etapa más en mi vida con la culminación de mi carrera profesional.

De corazón y con todo mi amor, aprecio, gratitud y admiración dedico este trabajo a esa persona que ha estado incondicionalmente por y para mí desde que mis ojos vieron el primer rayo de sol hasta el día de hoy, a esa mujer encantadora que me dio la vida y que de una u otra forma siempre me sacó adelante. Gracias a ti Mamá.

A mi Padre que siempre me inculcó valores y me enseñó que con trabajo, humildad y honestidad se logran las mejores cosas, a él que siempre estuvo brindándome su apoyo a pesar de la distancia y el que nunca se sintió defraudado a pesar de mis tantas caídas.

A mi hermana que me ayudó, apoyó y estuvo para mí hasta el momento en que le fue posible hacerlo; y para mi sobrino que, aunque es apenas un niño siempre me ha llenado de cariño puro y que con una sonrisa hasta en los peores momentos ha logrado alegrarme el corazón.

Gracias también a esa personita especial que ha sido mi fuerza, mi fortaleza y mi luz, ella que siempre me ha entendido, me ha llenado de amor y ha creído en mí, en mis capacidades y en lo que puedo llegar a ser.

De igual manera gracias a nuestros docentes y maestros que nos enseñaron y brindaron tantas cosas, que nos guiaron en cada paso y que estuvieron con la mejor disposición atendiendo nuestras dudas y acompañándonos en este largo camino.

Finalmente, gracias a esas personitas especiales que aún sin estar presentes son parte importante de mi vida: amigos y familia.

**Yordy Agudelo**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por brindarme su protección, salud y bienestar tanto físico como intelectual para lograr así culminar este proceso. Agradezco a mi familia, principalmente a mis padres, que siempre me apoyaron en esta bella carrera, que creyeron en mis habilidades, que con su apoyo incondicional me permitieron seguir con cada uno de los pasos dados; agradezco a mi hermano quien me brindó su apoyo, comprensión y consejos en el momento justo para proyectarme hacia un buen futuro.

Agradezco a mi novia por ser parte de mi vida, llego como una amiga y formo parte de un pilar fundamental en el proceso de mi carrera, gracias por ayudarme a resolver aquellas incógnitas y dificultades que se me presentaron a lo largo de estos años de estudio, además por su amor incondicional logrando sacar lo mejor de mí.

Igualmente, agradezco a todos mis compañeros, amigos, docentes y demás familiares y conocidos que ayudaron de una u otra forma, para llegar a ser la persona que soy hoy en día.

**Neiver Jonathan Díaz Criollo**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Nuestra querida Alma Mater, la Universidad de Nariño, por permitirnos hacer parte de tan prestigiosa Institución, por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestra formación profesional, por inculcarnos valores y llenarnos de calor humano. A la Vicerrectoría de Investigaciones e Interacción Social, por la financiación de este trabajo de grado a través del proyecto “EXTRACCIÓN DE CAROTENOS COMESTIBLES A PARTIR DE NABO AMARILLO (*Brassica rapa* L.) Y SU EVALUACIÓN PARA USO COMO PIGMENTANTE NATURAL DE YEMAS DE HUEVO DE CODORNIZ (*Coturnix coturnix japónica*) Y SU EFECTO EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS”.

A los grupos de investigación Biotecnología Agroindustrial y Ambiental (BIOTA) del Programa de Ingeniería Agroindustrial y FISE – PROBIOTEC del Programa de Zootecnia por brindarnos acompañamiento y facilitarnos el espacio en sus instalaciones para el desarrollo del trabajo de investigación.

A los funcionarios de la Granja Experimental Botana por permitirnos desarrollar parte de este trabajo en sus instalaciones.

A la docente Ana Julia Mallama Goyes, asesora de esta tesis, por brindarnos su conocimiento en pro de la adecuada ejecución de este proyecto, por sus correcciones y por su paciencia.

A la docente Olga Lucia Benavides Calvache por compartir sus conocimientos y brindarnos su tiempo para fortalecer la investigación.

A nuestras compañeras de Investigación Darlin Ordoñez y Aracely Ortega, las cuales fueron fundamentales para el desarrollo de nuestro trabajo, con sus aportes y conocimientos en el proceso de extracción de pigmentantes.

Al Zootecnista John Jairo Parreño, por su apoyo y aportes en el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra manera influyeron en el proyecto de grado.

## RESUMEN

La industria avícola ha centrado su interés en el huevo debido a la posibilidad de enriquecer su composición nutricional mediante el manejo de la dieta suministrada a las aves, permitiendo ofrecer al consumidor productos con características funcionales y sensoriales acordes a su exigencia. Dentro de este grupo, cabe resaltar que el enriquecimiento con carotenoides no solo atrae al consumidor por sus efectos en el color de la yema, sino por su importancia en la prevención de alteraciones y desequilibrios de salud, lo que ha conllevado al sector avícola a incluir carotenos naturales en las dietas animales y a buscar nuevas fuentes del mismo, para dejar de lado el uso de los actuales carotenoides sintéticos que son relativamente costosos y dañinos para el consumidor.

En el presente proyecto se evaluó el uso de carotenoides extraídos mediante maceración química con etanol, de hojas, flores y semillas de *Brassica rapa L.* como aditivo en la alimentación de codornices de postura, evaluando su efecto sobre los parámetros productivos y pigmentación de yema. Se empleó 120 codornices de la línea *Coturnix coturnix japónica* de 35 días de vida. Las aves fueron sometidas a un periodo de adaptación de 8 días y se establecieron tres tratamientos más un testigo, cada uno con el nivel de inclusión de carotenoides proveniente de las diferentes partes de la planta de nabo según recomendación de la Unión Europea, la cual establece que la incorporación máxima de carotenoides naturales o sintéticos en el alimento de ponedoras debe ser de 80 mg/kg de alimento.

Se determinó consumo de alimento, ganancia de peso, mortalidad, porcentaje de postura y huevos rotos, peso del huevo, grosor de la cáscara y color de yema en escala colorimétrica DSM. Se usó un diseño completamente al azar y se comparó las medias con la prueba de Tukey. Hubo un menor consumo de las aves con adición de caroteno con valores de 27,7; 25,2; 26,1 y 25,4 g para T0, T1, T2 y T3 respectivamente ( $p < 0,05$ ). Se encontró ganancias de peso de 13,43, 8,57, 8,23 y 5,86 g/semana para T0, T1, T2 y T3, con mayor ganancia en el tratamiento testigo ( $p < 0,05$ ). Las conversiones alimenticias fueron de 2,33; 2,78; 2,74 y 2,99 para T0, T1, T2 y T3 respectivamente con mejor valor para el testigo ( $p < 0,05$ ). La coloración de la yema de huevo fue mejorada con la adición de los carotenos, siendo el extracto de semilla el de mejor resultado ( $p < 0,05$ ) con una coloración de 12,13 en la escala DSM. Las demás variables no difirieron estadísticamente entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). Se concluye que la adición de carotenos de nabo forrajero afecta los parámetros consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de la codorniz en etapa de postura, además mejora la coloración de la yema de huevo, especialmente la adición de carotenos extraídos de la semilla del nabo.

**Palabras claves:** Extracción, carotenos, nabo amarillo, codorniz, parámetros productivos.

## ABSTRACT

The poultry industry has focused its interest on the egg due to the possibility of enriching its nutritional composition by managing the diet supplied to the birds, allowing consumers to be offered products with functional and sensory characteristics according to their needs. Within this group, it should be noted that enrichment with carotenoids not only attracts the consumer due to its effects on the color of the yolk, but also because of its importance in preventing alterations and health imbalances, which has led the poultry sector to include natural carotenoids in animal diets and to look for new sources of it, to put aside the use of current synthetic carotenoids that are relatively expensive and harmful to the consumer.

In this project, the use of carotenoids extracted by chemical maceration with ethanol from leaves, flowers and seeds of *Brassica rapa L.* was evaluated as an additive in the feeding of laying quail, evaluating their effect on production parameters and yolk pigmentation. 120 quails of the *Coturnix coturnix japonica* line of 35 days of life were used. The birds were subjected to an adaptation period of 8 days and three treatments plus a control were established, each one with the level of inclusion of carotenoids from the different parts of the turnip plant according to the recommendation of the European Union, which establishes that the maximum incorporation of natural or synthetic carotenoids in the feed for laying hens should be 80 mg/kg of feed.

Feed intake, weight gain, mortality, percentage of laying and broken eggs, egg weight, shell thickness and yolk color on the DSM colorimetric scale were determined. A completely randomized design was used and means were compared with Tukey's test. There was a lower intake of birds with carotene addition with values of 27.7, 25.2, 26.1 and 25.4 g for T0, T1, T2 and T3 respectively ( $p < 0.05$ ). Weight gains of 13.43, 8.57, 8.23 and 5.86 g/week were found for T0, T1, T2 and T3, with greater gain in the control treatment ( $p < 0.05$ ). Feed conversions were 2.33, 2.78, 2.74 and 2.99 for T0, T1, T2 and T3, respectively, with a better value for the control ( $p < 0.05$ ). The coloration of the egg yolk was improved with the addition of carotenes, with the seed extract being the best result ( $p < 0.05$ ) with a coloration of 12.13 on the DSM scale. The other variables did not differ statistically between treatments ( $p > 0.05$ ). It is concluded that the addition of carotenoids from forage turnip affects the feed consumption, weight gain and feed conversion parameters of the quail in the laying stage, but improves the coloration of the egg yolk, especially the addition of carotenoids extracted from the seed of the turnip.

**Keywords:** Extraction, carotenes, yellow turnip, quail, productive parameters.

## GLOSARIO

**ABANICO COLORIMÉTRICO DSM YOLKFAN™:** se trata de una herramienta económica y sencilla para evaluar coloración de yemas de huevo. Cuenta con una escala de color de 1 a 16 y se trata del estándar de calibración empleado como referencia obligatoria de los principales medidores digitales ya que está fundamentado en evaluaciones sensoriales, visuales y químicas de las yemas de huevo. Según la escala los huevos con yemas de alta coloración son reconocidos generalmente como procedentes de gallina sanas.

**APO-ÉSTER:** corresponde al éster etílico del ácido beta - apo-8-carotenico. Es un carotenoide con color rojo anaranjado que se encuentra en pequeñas cantidades en algunas plantas, pero a menudo se produce comercialmente a partir del apocarotenal.

**CAROTENOIDES:** son terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticos a partir de dos unidades de geranilgeranil-pirofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares. Proporcionan coloraciones que oscilan entre el amarillo y el rojo.

**CONVERSIÓN ALIMENTICIA:** en la producción animal significa la transformación de carne, masa muscular o huevos a partir del alimento suministrado al animal de producción. La conversión alimenticia es un indicador de los costos de producción.

**CROMATOGRAFÍA:** método de separación de mezclas complejas, empleando el método de retención selectiva, que consiste en el distinto comportamiento de una mezcla sobre un soporte específico que puede ser papel, gas, líquido, resina y una fase líquida o gaseosa que fluye a través del soporte.

**EXTRACCIÓN:** técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente.

**LUTEINA:** compuesto químico perteneciente al grupo de las xantófilas. Es un pigmento amarillo encontrado en plantas, algas, bacterias fotosintéticas y en la yema de huevo. Se utiliza como aditivo en el tratamiento comercial de los alimentos.

**XANTÓFILA:** compuesto químico pigmentante fotosintético secundario perteneciente al grupo de los carotenoides que posee uno o más átomos de oxígeno en su estructura.

**ZEAXANTINA:** es un carotenoide con alta actividad antioxidante que se encuentra en los alimentos. Pigmento de color amarillo, soluble en grasa.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	21
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. MARCO TEÓRICO .....	24
4.1 PIGMENTOS CAROTENOIDES.....	24
4.2 ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS CAROTENOIDES .....	25
4.3 PRINCIPALES COMPUESTOS CAROTENOIDES .....	28
4.3.1 Beta caroteno. ....	28
4.3.2 Licopeno.. ....	28
4.3.3 Luteína/Zeaxantina.. ....	29
4.3.4 Astaxantina. ....	29
4.3.5 Curcumina.....	29
4.4 CAROTENOIDES .....	29
4.4.1 Carotenoides en plantas. ....	32
4.4.2 Carotenoides en yema de huevo. ....	32
4.5 EVALUACIÓN DE LA PIGMENTACIÓN.....	37
4.5.1 Los carotenos del huevo como alimento funcional .....	37
4.6 GENERALIDADES DE LA CODORNIZ .....	41
4.6.1 Ciclo productivo. ....	42
4.7 CARACTERÍSTICAS DEL HUEVO DE CODORNIZ.....	44
4.8 CARACTERÍSTICAS DEL NABO AMARILLO O NABO DE CAMPO .....	48
4.8.1 Clasificación taxonómica. ....	50
4.8.2 Identificación y descripción. ....	51
4.9 CULTIVO DE NABO AMARILLO .....	53
4.10 ANTECEDENTES .....	55
4.10 1 Uso de <i>Brasicáceas</i> como pigmentantes.....	55
4.10 2 Enriquecimiento de huevos con carotenos. ....	58
4.10 3 Extracción de carotenoides.....	61
5. METODOLOGÍA .....	62
5.1 LOCALIZACIÓN.....	62
5.2 MATERIAL BIOLÓGICO .....	62
5.2.1 Plantas de nabo ( <i>Brassica rapa L.</i> ).....	62
5.3 ANIMALES, INSTALACIONES Y ALIMENTACIÓN .....	63
5.4 POBLACIÓN OBJETO Y MUESTRA .....	64
5.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	64
5.5.1 Metodología para medición de coloración en yema de huevo. ....	65
5.6 VARIABLES A EVALUAR.....	65
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	66
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	67
6.1 EXTRACCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO .....	67

6.1.1 Determinación del número de extracciones.....	67
6.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	67
6.2.2 Conversión alimenticia.....	68
6.2.3 Porcentaje de postura.....	70
6.2.4 Mortalidad. . . . .	71
6.2.5 Número y porcentaje de huevos rotos. . . . .	72
6.2.6 Número y porcentaje de huevos fáfara. . . . .	73
6.2.7 Peso del huevo (g).....	74
6.2.8 Grosor de la cáscara (mm).. . . . .	75
6.2.9 Pérdida de peso de las aves durante la postura (g).....	76
6.2.10 Color de yema.....	77
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
7.1 CONCLUSIONES.....	79
7.2 RECOMENDACIONES.....	79
8. BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS . . . . .	92

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presencia de carotenoides en diferentes alimentos. ....	32
Tabla 2. Características de la codorniz japónica. ....	42
Tabla 3. Requerimientos nutricionales de la codorniz en sus diferentes fases. ....	44
Tabla 4. Composición nutricional del huevo de codorniz. ....	45
Tabla 5. Antioxidantes carotenoides del huevo de codorniz.....	47
Tabla 6. Clasificación taxonómica nabo. ....	50
Tabla 7. Composición química del forraje de nabo en prefloración. ....	53
Tabla 8. Número de extracciones para cada solvente utilizado en la extracción de carotenoides.....	67
Tabla 9. Porcentaje de mortalidad de codornices (14-17 semanas). ....	71
Tabla 10. Información sobre el número y porcentaje de huevos rotos.....	72
Tabla 11. Número y porcentaje de huevos fáfara. ....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de algunos carotenoides.....	26
Figura 2. Metabolismo de los carotenos.....	34
Figura 3. Longitudes de onda de varios carotenoides utilizados en la pigmentación de yema de huevo. ....	35
Figura 4. Fases de pigmentación de la yema de huevo. ....	36
Figura 5. Descripción del nabo amarillo. ....	52
Figura 6. Hojas, Flores y semillas de nabo amarillo ( <i>Brassica rapa L.</i> ). ....	62
Figura 7. Animales, instalaciones y alimentación. ....	683
Figura 8. Medición de color para yemas de huevo de codorniz. ....	695
Figura 9. Promedio del consumo de alimento (g/día). ....	688
Figura 10. Conversión alimenticia promedio para cada tratamiento.....	699
Figura 11. Curva de postura.....	70
Figura 12. Número de huevos rotos presentados en los tratamientos.....	743
Figura 13. Número de huevos farfara presentados en los tratamientos.. ....	743
Figura 14. Peso del huevo.....	744
Figura 15. Grosor de cáscara (mm). ....	755
Figura 16. Pérdida de peso vivo durante la evaluación. ....	777
Figura 17. Color de la yema por el método DSM.....	777

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos de cuantificación para Luteína-Zeaxantina en yema de huevo de codorniz.	92
Anexo B. Datos de medición de color mediante abanico para yema de huevo de codorniz.	93
Anexo C. Cromatogramas de la yema de huevo de codorniz en las cuatro semanas de tratamiento. ....	97

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el consumo de productos orgánicos y saludables ha incrementado, debido al interés de mantenerse saludable; los productos orgánicos al ser alimentos limpios de sustancias químicas aportan gran cantidad de nutrientes en pro del bienestar y salud humana. Por tal motivo en este proyecto se llevó a cabo el estudio de la implementación de carotenoides provenientes de nabo amarillo en la dieta de codornices de postura (*Coturnix coturnix japónica*), los cuales son pigmentos naturales con propiedades antioxidantes.

El nabo es un alimento con un significativo aporte de carotenoides, vitamina C, vitamina A, vitamina B9, agua y fibra. El resto de nutrientes están presentes en menor medida y ordenados por relevancia son: calcio, vitamina E, yodo, hierro, vitamina B2, potasio, vitamina B6, vitamina B, magnesio, hidratos de carbono, fósforo, cinc, vitamina B3, proteínas, sodio, calorías, selenio, ácidos grasos poliinsaturados, grasa, ácidos grasos saturados y ácidos grasos mono-insaturados (Salud y Buenos Alimentos<sup>1</sup>).

En cuanto a los antecedentes del proyecto de investigación planteado cabe resaltar que se han realizado varias investigaciones en adición de carotenos a dietas para aves con el propósito de lograr mayor pigmentación de los huevos, empleando para ello una gran variedad de recursos naturales y sintéticos; sin embargo, hay poca información sobre carotenoides extraídos de nabo amarillo (*Brassica rapa L.*) para tal fin, y su uso solo se ha limitado al suministro del forraje fresco (hojas, semillas y flores) por los beneficios que éstos traen en la cría de aves ornamentales como canarios y pericos.

De acuerdo con Cisneros<sup>2</sup>, al inicio de la industrialización de la avicultura, el cambio de alimentación de maíz amarillo a sorgo provocó que los huevo, la carne y piel de pollo perdieran la pigmentación que los caracterizaba, lo que conllevó a que el público consumidor rechazara los pollos de granja y las yemas de tonalidad inferior. Un grupo de científicos mexicanos encabezados por el Dr. Sergio Brambila del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP, hoy INIFAP) se dio a la tarea de resolver el problema. El uso de alfalfa era una posibilidad, pero resultaba cara y poco práctica. Posteriormente el Brambila y la química Carmen Mendoza descubrieron que la flor de cempasúchil o marigold (*Tagetes erecta*), una fuente rica en luteína y zeaxantina, que funcionaba como una alternativa barata y disponible para pigmentar pollo y yema de huevo; en los últimos años se ha convertido en la principal fuente de luteína para la alimentación animal y humana.

---

<sup>1</sup> SALUD Y BUENOS ALIMENTOS. Propiedades del nabo. [En línea]. España. 30, septiembre, 2015. [Consultado: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Ra%EDces&s3=Nabo>

<sup>2</sup> CISNEROS, Fernando. Desarrollo de la pigmentación de huevos y pollo de engorda. DSM in Animal Nutrition & Health. [En línea]. España 2013. [Consultado: 10 de Mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.dsm.com/markets/anh/en\\_US/Events/world\\_egg\\_day\\_lang\\_es/Pigmenting\\_eggs\\_and\\_broiler\\_chickens\\_lang-es.html](https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Events/world_egg_day_lang_es/Pigmenting_eggs_and_broiler_chickens_lang-es.html)

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La utilización de pigmentos sintéticos en la producción de huevos de codorniz ha incrementado notoriamente en los últimos años, debido principalmente a que los actuales sistemas de producción bajo confinamiento, han originado en las aves un menor consumo de carotenoides de origen vegetal, lo que ha generado la producción de huevos con coloración de yemas pálidas, que son poco apetecidos por los consumidores y se asocian a una baja calidad y frescura.

Actualmente los huevos con mayor grado de pigmentación son apetecidos por los consumidores que se han informado sobre los beneficios funcionales de los carotenoides contenidos en la yema y la coloración más intensa gusta a los consumidores, pero debe considerarse que los carotenoides no se producen de forma endógena en las codornices y necesariamente deben incorporarse a través del suministro en la dieta,

De igual manera Carne<sup>3</sup>, para lograr la pigmentación de las yemas se recurre al uso de xantofilas amarillas como luteína, zeaxantina y apo-éster junto con las xantofilas rojas como capsantina y cantaxantina que permiten alcanzar un variado rango de tonalidades anaranjadas de acuerdo con las preferencias del consumidor en cada mercado. Estas xantofilas proceden actualmente de pigmentos naturales tales como extracto de flor de marigold (*Tagetes erecta*) cultivada principalmente en México, rica en luteína y zeaxantina, y el extracto de pimiento o paprika (*Capsicum annum*), rico en capsantina; pero también se emplean xantofilas sintéticas como la cantaxantina y apo-éster producidas a partir de acetona y  $\beta$ -ionona, las cuales se están dejando de implementar en planteles avícolas de postura por su costo y por sus efectos negativos en la salud humana cuando se sobrepasan las dosis recomendadas.

Enmarcados en las actuales tendencias de consumo, con menos cantidad de productos químicos, las xantofilas sintéticas tienden a dejar de utilizarse; sin embargo, su uso está justificado debido a que la utilización de carotenoides derivados de extractos vegetales están sujetos a potenciales contaminaciones por la polución medioambiental, metales pesados y pesticidas, entre otros<sup>4</sup>. A pesar de ello, se siguen evaluando varias fuentes vegetales capaces de proporcionar carotenoides naturales con posible potencial para pigmentar yemas de huevos, requiriendo el manejo de los cultivos o adecuados procesos de extracción de los ingredientes bioactivos.

El departamento de Nariño cuenta con gran disponibilidad de recursos naturales y gran biodiversidad de plantas, entre ellas el nabo amarillo, que es reconocido como una arvense presente en distintos cultivos, no tiene mayor uso, excepto en la alimentación de algunos animales como cuyes y aves ornamentales como canarios y pericos, y aún

---

<sup>3</sup> CARNÉ, Saul. Xantofilas naturales en el huevo: cuando no basta con tener buen color. NutriNews – nutrición animal. Unidad Técnica Industrial Técnica Pecuaria, S.A. ITPSA. España 2015. [Consultado: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://nutricionanimal.info/xantofilas-naturales-en-el-huevo-cuando-no-basta-con-tener-buen-color/>.

<sup>4</sup> Ibíd., p. 7.

no ha sido explorada como recurso en la producción de carotenoides comestibles, lo cual sería de gran interés por la biomasa que producen.

En el ámbito de la obtención de carotenoides a partir de nabo amarillo la investigación es muy reducida y se presenta carencia de datos en cuanto al contenido de luteína y zeaxantina presentes en la planta, ignorando así los aportes funcionales de estos compuestos para la salud visual de los consumidores. Por ello, es necesario proponer investigaciones que permitan conocer las propiedades químicas del nabo amarillo en la búsqueda de fuentes de carotenoides naturales, permitiendo su extracción, determinación y aprovechamiento de sus compuestos en los sistemas productivos, como el caso de la producción de huevos de codorniz.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Colombia es considerado un país biodiverso, posee un elevado potencial para elaborar y comercializar productos derivados del aprovechamiento de recursos naturales, dentro de esta diversidad se cuenta con gran variedad de recursos filogenéticos que han sido poco investigados y que pueden representar un elevado potencial para satisfacer los actuales desafíos globales y las mega tendencias encaminadas a la sustitución de lo químico por lo natural y al consumo asociado a lo saludable, funcional y sostenible.

Janangir<sup>5</sup> menciona que los vegetales, además de aportar nutrimentos energéticos, vitaminas y minerales, constituyen una fuente importante de compuestos antioxidantes en la dieta, entre los cuales se destacan los carotenoides, los flavonoides, las vitaminas C y E, y otros fitoquímicos. Una de las plantas con estos aportes es el nabo amarillo un alimento con un significativo aporte de carotenoides, vitamina C, vitamina A, vitamina B9, agua y fibra.

Melendez<sup>6</sup> argumenta que en la constitución del nabo se encuentran los pigmentos carotenoides que son compuestos responsables de la coloración de gran número de alimentos vegetales y animales, como zanahorias, zumo de naranja, tomates, salmón y yema de huevo; algunos de estos compuestos, como  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno, así como la  $\beta$ -criptoxantina, son provitaminas A. Poseen propiedades antioxidantes, lo que permite la prevención de ciertas enfermedades del ser humano.

En este sentido el nabo amarillo puede constituirse en una alternativa que permita incrementar naturalmente la pigmentación de las yemas de huevo; además, aprovechar una especie vegetal que es considerada en nuestra región como arvense o maleza que compite fuertemente con los cultivos y en la mayoría de situaciones es eliminada de las praderas antes de iniciar labores agrícolas. Esta planta es erradicada mediante la utilización de agroquímicos, desaprovechando su biomasa y sus nutrientes, al ser posible su uso se lograría valorizar esta especie a través de la aplicación industrial en alimentos para animales.

Al respecto Gil *et al.*<sup>7</sup> manifiestan que en la avicultura de postura el producto a tener en cuenta es el huevo, un alimento que se caracteriza por su alto valor nutritivo, una excelente relación calidad-precio y como ingrediente básico y versátil a nivel culinario; actualmente viene considerándose como un alimento funcional por la presencia de sustancias biológicamente activas que tienen un demostrado efecto benéfico para prevenir, evitar alteraciones y desequilibrios de salud. Los compuestos presentes en el huevo con demostrado y aceptado valor funcional son colina y carotenoides (luteína y

---

<sup>5</sup> JAHANGIR, Mans. KIM, Hans., Choi, YEAN. H., VERPOORTE, R. Health-Affecting Compounds in Brassicaceae. En: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol. 8, N° 2, 2008; p. 31-43.

<sup>6</sup> MELENDEZ, Antonio; VICARIO, Isabel; HEREDIA, Francisco. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. En: Archivos latinoamericanos de nutrición, Vol. 54, N° 2, 2004; p. 149-154.

<sup>7</sup> GIL, Pedro; BARROETA, Ana; GARCES, Carlos. El huevo como alimento funcional y sus componentes. En: Albéitar veterinaria independiente, N° 198, 2016; p. 4-7.

zeaxantina), además de considerar la vitamina E y los AG poliinsaturados (AGPI) omega-3, que solo están presentes en huevos enriquecidos. La luteína y zeaxantina son pigmentos que se encuentran naturalmente en la yema de huevo y se manipulan con pigmentantes exógenos debido a la importancia comercial y funcional<sup>8</sup>. Por otra parte Medrano<sup>9</sup> menciona que actualmente se les está considerando como factores de prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cáncer, artritis, cataratas, retinopatías y el proceso general de envejecimiento, por tal razón cada vez más se investiga la inclusión de carotenoides de varias fuentes alimenticias como método de enriquecimiento para mejorar el perfil nutricional del huevo de codorniz y obtener productos diferenciados, por los cuales el consumidor está dispuesto a pagar un costo adicional.

Es necesario señalar que el aporte de estas investigaciones puede influenciar directa o indirectamente en producciones con mayores rendimientos, generación de valor agregado a otros productos y como una solución ante la fabricación de pigmentos sintéticos, que ante su uso no adecuado causan enfermedades. Por tal razón, con este trabajo de investigación se pretende dar a conocer la importancia que puede tener el nabo amarillo como pigmentante de yemas de huevo de codorniz, buscando cumplir con las exigencias alimentarias del actual consumidor y el aporte de alimentos funcionales que contribuyan a la salud del ser humano.

---

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 3.

<sup>9</sup> MEDRANO, Karin. Unidad De Investigación y Estudios Integrales Sobre Alimentos Autóctonos de La Region-UNIAR. En: *Revista Científica*, 2005, vol. 17, no 2, p. 39-49. [Consultado: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <https://rcientifica.com/index.php/revista/article/view/211/298>

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia de carotenoides extraídos de nabo amarillo (*Brassica rapa L.*) sobre la coloración de la yema del huevo y los parámetros productivos de la codorniz japónica (*Coturnix coturnix japónica*)

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener el extracto etanólico de carotenoides provenientes de flores, hojas y semillas de nabo amarillo (*Brassica rapa L.*).
- Determinar el efecto de los carotenoides sobre los parámetros productivos de la codorniz japónica mediante la evaluación de las variables consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de postura, porcentaje de mortalidad, porcentaje de rotura, peso del huevo y grosor de la cáscara.
- Probar el efecto de los carotenoides en la coloración de la yema de huevo de la codorniz japónica (*Coturnix coturnix japónica*).

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 PIGMENTOS CAROTENOIDES

García<sup>10</sup> menciona que los antioxidantes son sustancias que previenen la oxidación o reacciones químicas que involucran oxígeno, permitiendo neutralizar los radicales libres, cediéndoles el electrón que les falta y convirtiéndolos en moléculas estables permitiéndole al cuerpo prevenir el daño producido por radicales libres a través de sus mecanismos de protección.

De igual manera Lupano<sup>11</sup> argumenta que los antioxidantes pueden dividirse en enzimáticos (de producción endógena como: superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa, glutatión S-transferasas, tioredoxina-reductasas y sulfoxi-metionina-reductasas) y no enzimáticos (sustancias exógenas que provienen principalmente de la dieta como: glutatión, ácido úrico, ácido dihidro-lipóico, metalotioneína, ubiquinol o Coenzima Q y melatonina). Los antioxidantes no enzimáticos se clasifican a su vez, hidrosolubles (glutatión, ácido úrico, vitamina C, niacina y riboflavina) y los liposolubles (carotenos, vitamina E).

Medrano<sup>12</sup> manifiesta que los carotenoides han atraído por más de un siglo el interés de investigadores de diferentes áreas del conocimiento incluyendo la química, bioquímica, biología, ciencia y tecnología de los alimentos, medicina, farmacia y nutrición. Y estos fascinantes compuestos continúan siendo investigados profusamente. Los Carotenoides constituyen una importante clase de pigmentos naturales liposolubles; se considera que existen alrededor de 500 carotenoides sintetizados por las plantas, pero de todos ellos aproximadamente 50 son precursores de vitamina A. Entre los carotenoides están: alfa, beta y gama-carotenos, luteína, licopeno, zeaxantina, fitoeno, fitoflueno, astaxantina, cantaxantina, violaxantina, entre otros.

Lupano<sup>13</sup> menciona que durante muchos años, la importancia nutricional de los carotenoides se debió a que algunos de ellos poseen actividad provitamínica A, si bien que el interés por estos isoprenoides se haya multiplicado en los últimos años se ha debido a una gran variedad de estudios que parecen indicar que actúan como antioxidantes y que podrían ser beneficiosos para la prevención de diversas enfermedades crónicas humanas no transmisibles, si bien existe todavía cierta controversia al respecto. En cualquier caso, las funciones y efectos debidos a estos

---

<sup>10</sup> GARCÍA FILLERÍA, Susan Fiorella. Evaluación de aislado proteico de amaranto como fuente de péptidos antioxidantes: estudios in vitro e in vivo. 2019. [En línea]. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Ciencias Biológicas, 2019. 301 p. [Consultado el 18 de abril de 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/T.%20Las%20Palmas/Downloads/Tesis%20Garc%20C3%ADa%20Filler%20C3%ADa.pdf-PDFA1b.pdf>

<sup>11</sup> LUPANO, Cecilia. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. Universidad de la Plata. Facultad de Ciencias exactas. 2013. p. 217. [Consultado: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/T.%20Las%20Palmas/Downloads/91-3-239-1-10-20150331.pdf>

<sup>12</sup> MEDRANO, Karin. Op. Cit., p. 9.

<sup>13</sup> LUPANO, Cecilia. Op. Cit., p. 11.

pigmentos se deben a sus propiedades físico-químicas y que éstas a su vez son consecuencia de su estructura química.

Melendez manifiesta que “pueden encontrarse libres en la fase lipídica de los alimentos, o formando complejos con proteínas (por ejemplo, la astaxantina de los crustáceos, que está esterificada con una proteína, presentando de esta forma un color rojo anaranjado), o unidos a hidratos de carbono, o como ésteres de ácidos grasos”<sup>14</sup>.

El mismo autor menciona que

Los pigmentos carotenoides son compuestos responsables de la coloración de gran número de alimentos vegetales y animales, como zanahorias, zumo de naranja, tomates, salmón y yema de huevo. Desde hace muchos años, se sabe que algunos de estos compuestos, como  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno, así como la  $\beta$ -criptoxantina, son provitaminas A, no obstante, estudios recientes han puesto de manifiesto las propiedades antioxidantes de estos pigmentos, así como su eficacia en la prevención de ciertas enfermedades del ser humano. Todo ello ha hecho que, desde un punto de vista nutricional, el interés por estos pigmentos se haya incrementado notoriamente.

Los carotenoides están ampliamente distribuidos entre los seres vivos. Es en los vegetales donde se encuentran en mayor concentración y variedad, aunque también se encuentran en bacterias, algas y hongos, así como en animales invertebrados y vertebrados, si bien éstos no pueden sintetizarlos. La principal función de los pigmentos carotenoides, tanto en vegetales como en bacterias, es captar energía luminosa, energía que es luego transferida a las clorofilas para ser transformada durante la fotosíntesis.

Se estima que en la naturaleza se producen anualmente más de 100.000.000 de toneladas de carotenoides. La mayor parte de esta cantidad se encuentra en forma de fucoxantina (en diversas algas) y en los tres principales carotenoides de las hojas verdes: luteína, violaxantina y neoxantina. En la actualidad se conocen cerca de 700 carotenoides<sup>15</sup>.

Lupano establece que “Los carotenoides se agregan para dar color a alimentos como jugos, sopas, gelatinas, postres, pastas, productos de repostería, margarina, entre otros, y en la alimentación animal para dar color a la yema de huevo y a las truchas salmonadas principalmente”<sup>16</sup>.

## 4.2 ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS CAROTENOIDES

De acuerdo con Melendez y Herdia<sup>17</sup> Estructuralmente hablando los carotenoides son los únicos tetraterpenos naturales derivados de la unión de 8 unidades de isopreno que origina un esqueleto de 40 átomos de carbono. En general los carotenoides se clasifican

---

<sup>14</sup> MELÉNDEZ; VICARIO y HEREDIA Op. Cit., p. 8.

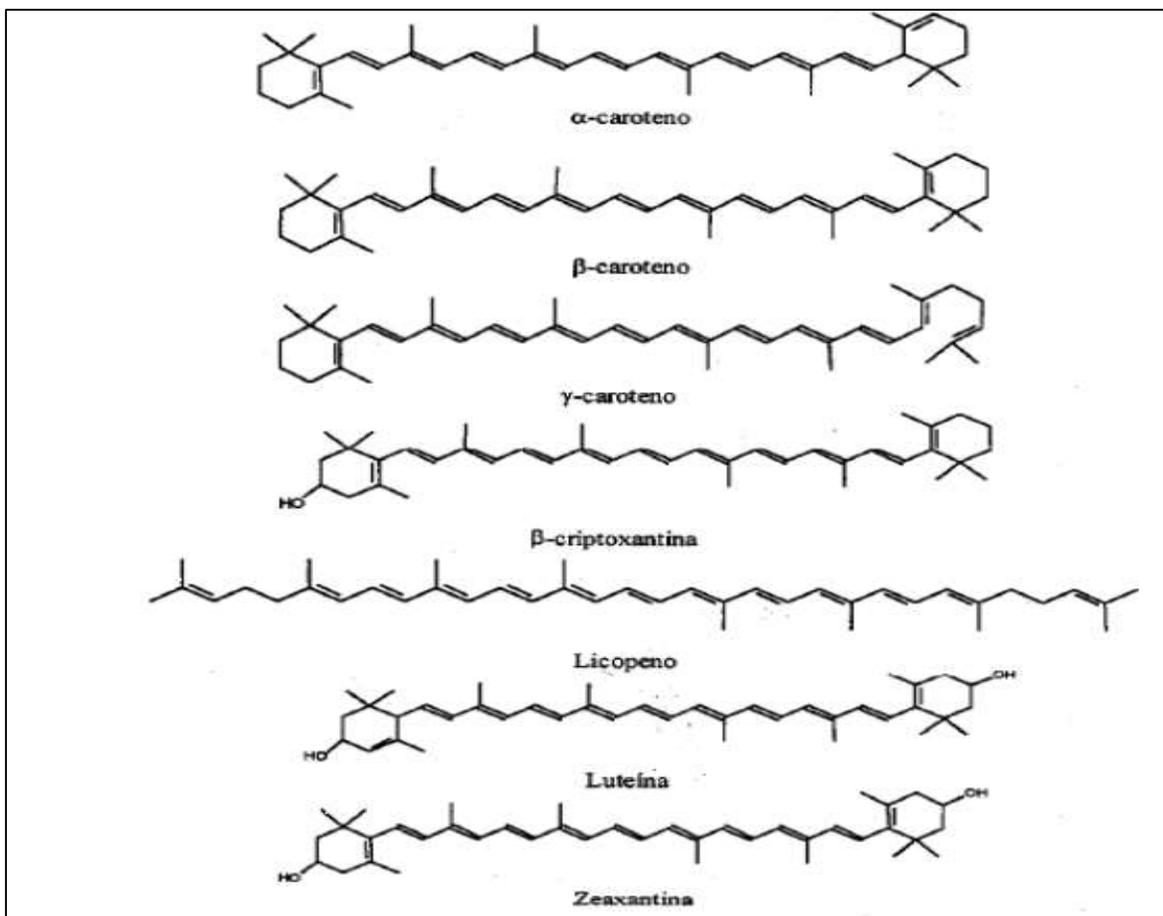
<sup>15</sup> Ibíd., p. 8.

<sup>16</sup> LUPANO, Cecilia. Op. Cit., p. 11.

<sup>17</sup> MELENDEZ; VICARIO y HEREDIA. Op. Cit., p. 8

en dos grandes grupos: carotenos (estrictamente hidrocarburos) y xantófilas, derivados de los anteriores por incorporación de funciones oxigenadas.

**Figura 1. Estructura química de algunos carotenoides.**



**Fuente:** Meléndez, Vicario y Heredia<sup>18</sup>

Migue, Pérez y Hornero<sup>19</sup> mencionan que los carotenoides pueden presentar una estructura acíclica como licopeno, o poseer distintas estructuras cíclicas de cinco o seis carbonos en uno o ambos extremos, como β-caroteno. Dado el gran número de dobles enlaces de la cadena polienoica central, los carotenoides pueden existir en diversas conformaciones cis/trans, aunque la más estable por y tanto presente en la naturaleza es trans. En la Figura 1 se representa la estructura de los carotenoides más habituales y de mayor importancia biológica.

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 2.

<sup>19</sup> MINGUEZ, Maria; PEREZ, Antonio y HORNERO, Damaso. Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples colorantes naturales. Grupo de química y bioquímica de pigmentos. Departamento de biotecnología de alimentos. Instituto de la grasa (CSIC). Sevilla. 2005. [Consultado: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/5754>

Por otra parte, Arango establece que “Los carotenoides en particular recogen la luz radiante en la región azul del espectro (400-600 nm), una región que no es cubierta por las clorofilas”<sup>20</sup>.

Igualmente, el mismo autor menciona que “Los carotenoides son sustancias hidrofóbicas y lipofílicas insolubles en agua. Aquellos que están basados en hidrocarburos son colectivamente llamados carotenos, mientras que aquellos que contienen átomos de oxígeno son grupos funcionales como hidro, metoxi, oso, epoxi, carboxi y aldehído entre otros, son comúnmente llamados xantofilas”<sup>21</sup>.

Son compuestos altamente insaturados, y tienen la capacidad de extraer o donar electrones de sus correactantes produciendo aniones y cationes libres de radicales, los cuales a su vez pueden reaccionar con el oxígeno y otras moléculas. De esta manera, los carotenoides pueden mostrar características tanto antioxidantes como pro-oxidantes dependiendo de las condiciones. Por eso es que muchas de las acciones y funciones conocidas de los carotenoides se pueden atribuir directamente a sus propiedades fisicoquímicas.

Brener menciona que “El color de los carotenoides se debe a la oscilación de los electrones a lo largo de la cadena hidrocarbonada insaturada de la molécula, y con la energía de la radiación visible se da un salto electrónico que produce el color. Algunos estudios han propuesto la medida objetiva del color como una herramienta en el ámbito del control de calidad para la estimación rápida del contenido de carotenoides en diversas fuentes, sobretodo en alimentos”<sup>22</sup>.

Según Simpson, 1983 “La importancia de los carotenoides en los alimentos va más allá de su rol como pigmentos naturales. En forma creciente se han atribuido a estos compuestos funciones y acciones biológicas. De hecho, por mucho tiempo se ha sabido de la actividad de provitamina A de los carotenoides. La dieta proporciona la vitamina A en forma de vitamina A preformada (retinil ester, retinol, retinal, 3-dehidroretinol y ácido retinoico) a partir de alimentos de origen animal como por ejemplo hígado, leche y productos lácteos, pescado y carne, o como carotenoides que se pueden transformar

---

<sup>20</sup> ARANGO, Jacobo. Análisis de expresión de los genes de la ruta biocinética de carotenos, y cuantificación de carotenos en hojas y raíces de plantas de yuca a diferentes edades. [En Línea]. Trabajo de grado biólogo. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, 2006. p. 86. [Consultado: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Paul-Chavarriaga/publication/237494506\\_ANALISIS\\_DE\\_EXPRESION\\_DE\\_LOS\\_GENES\\_DE\\_LA\\_RUTA\\_BIOSINTETICA\\_DE\\_CAROTENOS\\_Y\\_CUANTIFICACION\\_DE\\_CAROTENOS\\_EN\\_HOJAS\\_Y\\_RAICES\\_DE\\_PLANTAS\\_DE\\_YUCA\\_A\\_DIFERENTES\\_EDADES/links/02e7e535e499eab0d7000000/ANALISIS-DE-EXPRESION-DE-LOS-GENES-DE-LA-RUTA-BIOSINTETICA-DE-CAROTENOS-Y-CUANTIFICACION-DE-CAROTENOS-EN-HOJAS-Y-RAICES-DE-PLANTAS-DE-YUCA-A-DIFERENTES-EDADES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paul-Chavarriaga/publication/237494506_ANALISIS_DE_EXPRESION_DE_LOS_GENES_DE_LA_RUTA_BIOSINTETICA_DE_CAROTENOS_Y_CUANTIFICACION_DE_CAROTENOS_EN_HOJAS_Y_RAICES_DE_PLANTAS_DE_YUCA_A_DIFERENTES_EDADES/links/02e7e535e499eab0d7000000/ANALISIS-DE-EXPRESION-DE-LOS-GENES-DE-LA-RUTA-BIOSINTETICA-DE-CAROTENOS-Y-CUANTIFICACION-DE-CAROTENOS-EN-HOJAS-Y-RAICES-DE-PLANTAS-DE-YUCA-A-DIFERENTES-EDADES.pdf)

<sup>21</sup> Ibid., p. 8.

<sup>22</sup> BRENE, Andrea. Los carotenoides dietéticos en el organismo animal. En: Nutrición Animal Tropical. 2014. vol. 8, nº 1. p. 21-29 [Consultado: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/ANA%20JULIA/Downloads/Brenes,%20A.%20Los%20carotenoides%20diet%C3%A9ticos%20en%20el%20organismo%20animal.pdf>

biológicamente a vitamina A (provitaminas A) generalmente a partir de alimentos de origen vegetal<sup>23</sup>.

El mismo autor también argumenta que

Sobre una base mundial, se estima que aproximadamente el 60% de la vitamina A dietaria proviene de las provitaminas A. Debido al costo generalmente prohibitivo de los alimentos animales, la contribución dietaria de la provitamina A aumenta a un 82% en los países en desarrollo. También, la provitamina A tiene la ventaja de convertirse a vitamina A solo cuando el cuerpo lo requiere; evitando así, la toxicidad potencial de una sobredosis de vitamina A. Por otra parte, muchos factores influyen en la absorción y utilización de provitamina A como por ejemplo la cantidad, tipo y forma física de los carotenoides en la dieta; la ingesta de grasa, vitamina E y fibra; el estado nutricional en relación a las proteínas y zinc; la existencia de ciertas enfermedades e infecciones por parásitos<sup>24</sup>.

### 4.3 PRINCIPALES COMPUESTOS CAROTENOIDES

**4.3.1 Beta caroteno.** Van<sup>25</sup> establece que se trata de un carotenoide con actividad de provitamina A. Juega un papel fundamental en enfermedades coronarias y ha sido objeto de una serie de estudios que proporcionan datos que en ocasiones son contradictorios por lo que se ha propuesto que dicha prevención se debe más al consumo de alimentos ricos en beta caroteno que a dicho pigmento en particular.

**4.3.2 Licopeno.** En relación con el metabolismo vegetal, el licopeno es quien da inicio a la síntesis de otros compuestos, constituyendo la base molecular de los carotenoides. La fuente alimenticia más importante de licopeno es el tomate (*Lycopersicum spp*) y sus derivados (salsa, ketchup, jugo, etc.)<sup>26</sup>.

Melendez, Vicario y Heredia establecen que estudios epidemiológicos reportan que el consumo de licopeno es beneficioso en la salud de seres humanos disminuyendo la incidencia de las patologías cancerosas, sobre todo pulmón, tracto digestivo, cardiovasculares y el envejecimiento y para el caso de los hombres el cáncer de próstata<sup>27</sup>.

---

<sup>23</sup> RODRIGUEZ, Delia. Carotenoides y preparación de alimentos. Universidad Estadual de Campinas. Facultad de ingeniería de Alimentos. Departamento de Ciencias de Alimentos. 1999. [Consultado: 18 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/investigaciones/CAROTENOIDES%20Y%20PREPARACION%20DE%20ALIMENTOS.pdf>

<sup>24</sup> *Ibid.*, p. 11.

<sup>25</sup> VAN HETHOF, Karin., *et al.* Factores dietéticos que afectan la biodisponibilidad de los carotenoides. En: Revista de nutrición, 2000, vol. 130, nº 3, p. 503-506. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/130/3/503/4686253>

<sup>26</sup> CARRANCO, CALVO y PEREZ. Carotenoides y su función antioxidante. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222011000300001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000300001)

<sup>27</sup> *Ibid.*, p. 1

**4.3.3 Luteína/Zeaxantina.** en comparación de los carotenos, las xantofilas no poseen actividad provitamina A. La zeaxantina es el estereoisómero de la luteína. Mediante una reacción enzimática el organismo puede sintetizarla a partir de la luteína. Actúa como filtro protector de las plantas frente a la luz azul del espectro por lo que cree que, en los tejidos humanos, como la piel y en la retina, actuarían de la misma manera (Carrango<sup>28</sup>).

**4.3.4 Astaxantina.** Carranco, Calvo y Pérez mencionan que:

Es una xantófila presente en microalgas (*Haematococcus pluvialis* y *Chlorella zofingiensis*) en la levadura (*Phaffia rhodozyma*), crustáceos (camarón y langostino), peces (salmón) y algunas aves (flamingo). En estos organismos la astaxantina se encuentra ligada a una proteína mediante enlaces no covalentes, formando compuestos estables e hidrosolubles de color azul-grisáceo o verdoso llamados carotenoproteínas. Al ser hidrolizados estos compuestos, ya sea por calentamiento (como sucede durante la cocción de los invertebrados comestibles), o por solventes orgánicos, se libera la astaxantina exhibiendo su característico color rojo-naranja. En algunos casos, el compuesto puede estar asociado firmemente con el material tegumentario como la quitina o el carbonato de calcio, impidiendo su completa extracción aún con solventes orgánicos. La astaxantina ha llamado la atención por su alto potencial bioactivo que incluye su actividad antioxidante, anticancerígena, antidiabética y antiinflamatoria y por sus efectos protectores en los sistemas gástrico, hepático, neurológico, cardiovascular, ocular y piel que en muchos casos es más potente que el de otros carotenoides<sup>29</sup>.

**4.3.5 Curcumina.** Según Islam y Gracia

La curcumina es responsable del pigmento color naranja-amarillento de la famosa especia, cúrcuma (*Cúrcuma longa L*) tiene una larga historia de uso en la medicina ayurvédica de la India, para la cicatrización de heridas e infecciones. El principal constituyente biológicamente activo de la cúrcuma es el carotenoide curcumina, el cual posee potentes propiedades anti-inflamatorias y antioxidantes que pueden contribuir en prevenir o retardar el cáncer, enfermedades del corazón, artritis, entre otras, mantener también la salud del cerebro y retrasar trastornos cognitivos como la enfermedad de Alzheimer. En estudios en ratas se observó el desempeño y el crecimiento del cerebro en ratas después de 6 y 12 semanas con una dieta enriquecida con curcumina. La curcumina mejoró la memoria (tanto espacial y no espacial), así como el crecimiento de células del hipocampo en comparación con las ratas en el grupo de control<sup>30</sup>.

## 4.4 CAROTENOIDES

### 4.4.1 Carotenoides en plantas

---

<sup>28</sup>CARRANGO, María Elena; CALVO, Maria de la Concepción; PEREZ, Fernando. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. En: Archivos latinoamericanos de nutrición, España, 2011, vol. 61, no 3, p. 233-241. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2011/3/art-1/>

<sup>29</sup> Ibíd., p. 16.

<sup>30</sup> ISLAM, Mir; GRACIA, Fernando. Los antioxidantes para la salud óptima. En: Revista medico científica, 2013, vol. 26, no 2. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: [http://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/viewFile/371/pdf\\_54](http://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/viewFile/371/pdf_54).

Las plantas producen aproximadamente más de 30 mil diferentes clases de compuestos conocidos como *terpenoides* o *isoprenoides*, los cuales están formados por dos, tres o más unidades estructurales de cinco átomos de carbono llamadas isopreno. Muchos de estos compuestos tienen aplicaciones en la manufactura de alimentos, compuestos industriales y farmacéuticos. Entre los isoprenoides destacan los *carotenoides*, los cuales comprenden a los carotenos y a las xantófilas.

Los carotenoides son pigmentos presentes en las raíces, flores y frutos de las plantas. Se localizan en las células vegetales en el interior de orgánulos especializados, cloroplastos y cromoplastos; los primeros acompañan a las clorofilas. En el caso de los frutos maduros, los carotenoides se acumulan en los plastoglóbulos de los cromoplastos de forma masiva y es donde la diversidad estructural alcanza un mayor grado.

La presencia del extenso sistema de dobles enlaces conjugados de la cadena poliénoica de los carotenoides conforma un cromóforo (parte de la estructura responsable de la absorción de luz visible y por tanto del color del compuesto) cuya capacidad de absorción de luz da lugar a los llamativos y característicos colores de estos pigmentos. El número de dobles enlaces conjugados y la presencia de diferentes grupos funcionales determinarán en última instancia las características espectroscópicas propias de cada pigmento. Un cromatóforo que contiene 7 o más enlaces dobles conjugados posee la capacidad de absorber luz en la región visible, por esto es posible observar colores que van desde el amarillo al rojo, incluyendo el naranja; sin embargo, este mismo sistema poliénoico convierte a la molécula en una estructura extremadamente sensible a la degradación oxidativa y a la isomerización inducida por la luz, el calor y los ácidos.

Como menciona Sánchez *et al* que “En organismos fotosintéticos, una de las funciones más relevantes de los carotenos consiste en proporcionar protección contra la combinación altamente dañina de oxígeno con luz visible o UV y clorofila. La presencia de carotenoides es por consiguiente obligatoria para la actividad fotosintética”<sup>31</sup>.

Arango<sup>32</sup> menciona que en las plantas los carotenos son sintetizados y almacenados en los plastidios, existiendo evidencia substancial de la participación de las membranas plastídicas en su biosíntesis. Adicionalmente se han encontrado ejemplos de una diversidad bioquímica en la ruta de la biosíntesis para carotenos y en la compartimentalización de sus contribuyentes en tejidos específicos, como es el caso de las raíces tuberosas donde se ha identificado la presencia de carotenos como licopeno y luteína.

---

<sup>31</sup> SANCHEZ, Ángeles, *et al*. Carotenoides: estructura, función, biosíntesis, regulación y aplicaciones. En: Revista latinoamericana de microbiología-México-, Julio-Septiembre, 1999, vol. 41, no 3, p. 175-192. [Consultado: 2 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamico/mi-1999/mi993j.pdf>

<sup>32</sup> ARANGO, Jacobo. Op. Cit., p. 7.

Meléndez, Vicario y Heredia<sup>33</sup> argumentan que su distribución de carotenoides entre los distintos grupos de plantas no presenta un patrón único. En verduras, el contenido en carotenoides sigue el modelo general de los cloroplastos de todas las plantas superiores, siendo generalmente luteína,  $\beta$ -caroteno, violaxantina y neoxantina. En pequeñas cantidades se encuentran zeaxantina,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina y anteraxantina. En frutos, las xantófilas suelen encontrarse en mayor proporción, aunque en algunos casos, los pigmentos mayoritarios son carotenos, como es el caso del licopeno del tomate. A veces, en ciertos frutos ocurre que algún carotenoide, además de ser mayoritario, se limita a una sola especie de plantas, por ejemplo, capsantina y capsorrubina, se encuentran casi exclusivamente en frutos del género *Capsicum* y son los principales pigmentos que dan color al pimiento rojo.

Cabe señalar que los carotenoides siempre acompañan a la clorofila en una relación de tres a cuatro partes de clorofila por una parte de carotenoide y que el caroteno más común en las plantas es el  $\beta$ -caroteno constituyendo entre un 25 – 30 % del contenido total de carotenoides, respecto a las xantófilas la más abundante es la luteína con 40-45% del total de xantófilas, pero siempre se encuentra en menor proporción que el  $\beta$ -caroteno (Ecuared<sup>34</sup>).

Sánchez<sup>35</sup> determina que desde hace mucho tiempo el uso de carotenoides extraídos de plantas ha girado alrededor de maíz, alfalfa, achiote (*Annatto*), pimentón (*paprika*) y la flor de cempasúchitl (*Tagetes erecta*) y se venden como pigmentos para usos diversos. Los extractos de cempasúchitl son una fuente importante de luteína y zeaxantina, las semillas del árbol de achiote producen una cantidad considerable de bixina, mientras que la capsantina y capsorrubina se encuentran en la oleorresina del fruto del pimentón.

De acuerdo con Carranga<sup>36</sup> Hay que tener en cuenta que el patrón de carotenoides en un mismo alimento varía en función de factores como el genotipo, la variedad, la región y las condiciones climáticas, así como las operaciones de procesado y conservación. Entre éstos la temperatura e intensidad de la luz tienen una gran influencia en el contenido de los carotenoides. Así mismo, se ha estudiado el efecto que las operaciones de procesado, cortado, lavado, envasado y conservación, tienen sobre el contenido de estas moléculas. Durante el procesamiento y almacenamiento la oxidación y los cambios estructurales al aplicar calor son los principales factores que los alteran. El empacado de alimentos congelados y esterilizados en atmósferas libres de oxígeno ayuda a mantener el contenido de carotenoides. Sin embargo, el tipo de suelo, riego y fertilización no afectan significativamente el contenido de éstos.

---

<sup>33</sup> MELENDEZ, VICARIO y HEREDIA. Op.cit., p. 10.

<sup>34</sup> ECUARED. Caroteno. [En línea]. [Citado 25 de mayo 2017]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Caroteno>

<sup>35</sup> SANCHEZ, *et. al.*, Op. Cit., p 184.

<sup>36</sup> CARRANCO, *et al.*, Op.cit. p. 10.

**Tabla 1. Presencia de carotenoides en diferentes alimentos.**

<b>Carotenoides mayoritarios</b>	<b>Fuente</b>
$\alpha$ -y $\beta$ - caroteno	Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ).
Licopeno	Tomates ( <i>Lycopersicum spp</i> )
Luteína/Zeaxantina	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ), maíz ( <i>Zea mays</i> ), cempasúchil ( <i>Tagetes erecta</i> ), huevo de gallina
Violaxantina, $\beta$ -criptoxantina, Luteína/Zeaxantina	Naranja ( <i>Citrus sinensis</i> )
Astaxantina	Salmón ( <i>Salmo spp</i> ), crustáceos, microalgas y levaduras
Cantaxantina	Crustáceos
Crocentina	Azafrán ( <i>Crocus sativus</i> )

**Fuente:** Carrango, Calvo y Pérez<sup>37</sup>

En la actualidad no existe evidencia firme de la función de los carotenoides en flores, raíces y frutos, aunque se considera que probablemente estén involucrados en la formación del polen, ya que han sido encontrados carotenoides llamados lipocromos en el polen de algunas plantas como *Verbascum thapsiforme*, *Salis alba*, *S. nigricans*, *Lilium candidum* y *Taraxacum officinale*, igualmente se considera su influencia en la atracción de los polinizadores involucrados en la dispersión de las semillas (Zaldívar<sup>38</sup>).

#### **4.4.2 Carotenoides en yema de huevo.** De acuerdo con Sánchez *et al.*

El color de la yema de huevo es uno de los principales criterios utilizados por el consumidor para juzgar la calidad de los huevos. Dependiendo de la ubicación geográfica, la cultura de comercialización y la tradición, existen percepciones específicas con el color. Sin embargo, los consumidores en la mayor parte del mundo prefieren una yema con un tono amarillo-dorado. Investigaciones sobre las preferencias de los consumidores han confirmado “la relación existente calidad e intensidad de la pigmentación la yema del huevo, puesto que se asocia con un producto más saludable, de mayor calidad, de mejor sabor y también asociado a parvadas criadas bajo condiciones naturales, lo cual ha traído como consecuencia una creciente competencia entre los avicultores para lograr identificar su marca comercial a través de la pigmentación de la yema de huevo”, con este fin “en el sector avícola se han utilizado durante muchos años, extractos naturales de zeaxantina, luteína y cantaxantina, básicamente en la alimentación de gallinas de

<sup>37</sup> CARRANGO, María Elena; CALVO, Maria de la Concepción; PEREZ, Fernando. Op. Cit. p. 1.

<sup>38</sup> ZALDIVAR, Juan y GODOY, Gregorio. Funciones de los carotenoides en plantas. En: Revista Ciencia México, 2019. [Consultado: 1 de Noviembre de 2020]. Disponible en: [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18%3Amanipulaciones-geneticas-para-la-sobreproduccion&catid=7&Itemid=10](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=18%3Amanipulaciones-geneticas-para-la-sobreproduccion&catid=7&Itemid=10)

postura y pollos de engorde para mejorar la pigmentación de la yema de huevo y la piel del pollo<sup>39</sup>.

De igual manera, Meléndez menciona que “en los animales, los carotenoides son incorporados a través de la dieta y se almacenan en el tejido adiposo sin transformarse. Para el caso de la yema de huevo su color se debe principalmente a dos xantófilas: luteína y zeaxantina, y a trazas de  $\beta$ -caroteno”<sup>40</sup>.

El mismo autor menciona que:

En condiciones normales los pigmentos se absorben en el intestino delgado de la gallina a partir de la dieta, posteriormente estos son transportados en la sangre teniendo su destino en el tejido subcutáneo, adiposo, tarsos y piel en donde son almacenados. Sin embargo, la capacidad de pigmentación está relacionada con el grado de absorción intestinal y por la afinidad específica de cada carotenoide por depositarse en un tejido determinado, por ejemplo del 30 al 40% de la cantaxantina y el 25% de la zeaxantina se deposita en la yema; una proporción muy baja de los pigmentos es retenida en el organismo, el resto es excretado<sup>41</sup>.

Gonzales argumenta que “Pero ese considera que en términos generales las gallinas tienen la habilidad de transportar entre el 20 y el 60% de los pigmentos a la yema desde la alimentación ingerida”<sup>42</sup>.

El mecanismo y condiciones que favorecen la absorción de grasa y xantófilas durante el proceso digestivo, implica un flujo de bilis adecuado con la subsiguiente formación de micelas. Las micelas están compuestas de sales biliares, monoglicéridos, ácidos grasos y vitaminas liposolubles. Los carotenos después de ser absorbidos pasan al torrente sanguíneo, luego al hígado y por último al ovario, yema de huevo y áreas ricas en lípidos. Los pigmentos absorbidos por las aves son depositados casi directamente y sin modificación en la yema en desarrollo y una vez al llegar a estas son muy estables y no sufren deterioro. La mayor absorción se da en yeyuno e íleon<sup>43</sup>.

Bolaños manifiesta que “Se ha encontrado que la absorción de carotenos tiende a ser decreciente con aumentos adicionales de éstos en la dieta, por la saturación de las paredes intestinales en las zonas de absorción. Por este motivo el aumento de

---

<sup>39</sup> HERNANDEZ GOMEZ, Martín. Pigmentación en la industria avícola. En: Los Avicultores y su Entorno [En Línea]. 2011, vol.1, n°. 89 [Consultado: 1 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://bmeditores.mx/pigmentacion-en-la-industria-avicola/>.

<sup>40</sup> MELENDEZ, et. al., Op.cit., p. 1.

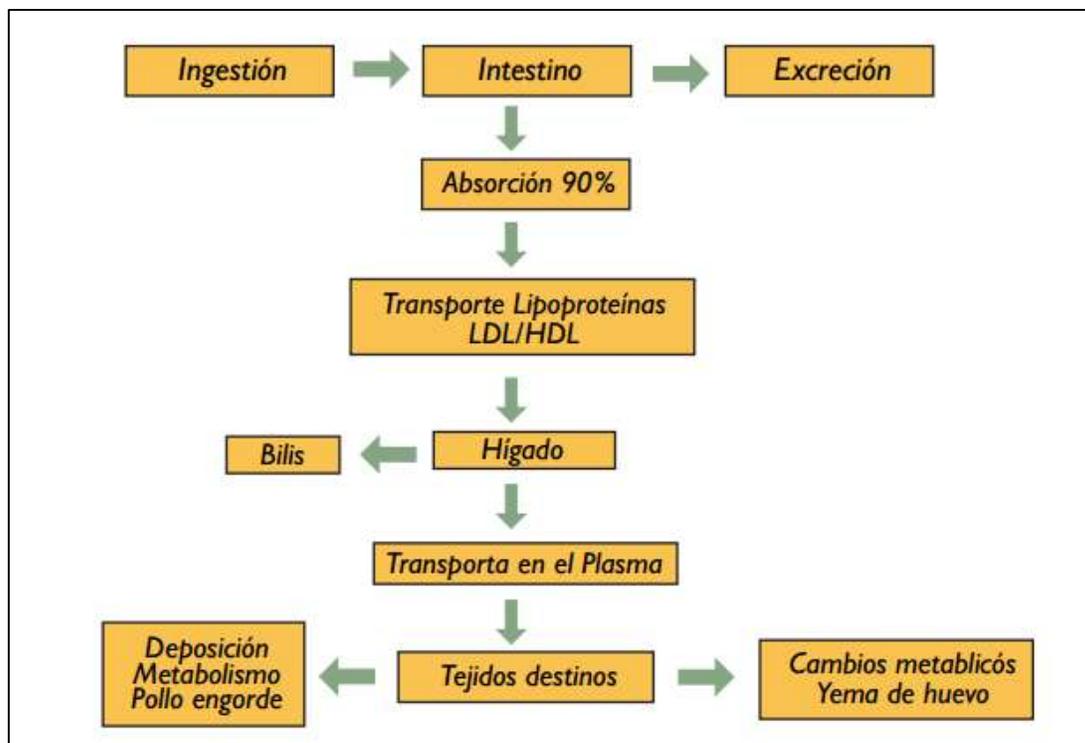
<sup>41</sup> Ibíd. p.1.

<sup>42</sup> GONZALES, Duván. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal. [En línea] Tesis de pregrado. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Alimentos, p.101. 2013. [Consultado: 28 de Diciembre de 2020]. Disponible en: [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento\\_residuos\\_agroindustriales\\_produccion\\_alimentos\\_funcionales.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento_residuos_agroindustriales_produccion_alimentos_funcionales.pdf);

<sup>43</sup> Ibíd. p.1

carotenoides en la dieta no produce una respuesta lineal en el aumento del color en la yema, sino curvilínea, aumentando en una escala logarítmica”<sup>44</sup>.

**Figura 2. Metabolismo de los carotenos.**



Fuente: Rada-Jiménez<sup>45</sup>

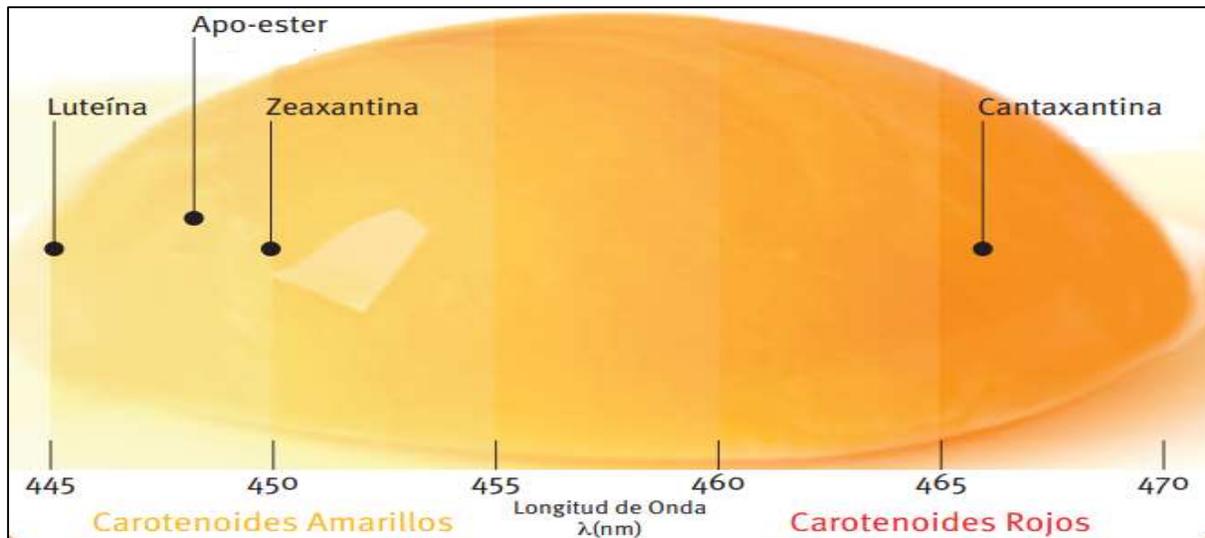
La eficiencia de pigmentación de la yema de huevo de los carotenoides está determinada por dos factores principales: la deposición del pigmento en la yema y su color (longitud de onda). La deposición de los carotenoides de la dieta en la yema depende de la molécula individual de carotenoide, a medida que el contenido de carotenoides aumenta en el alimento, su concentración en la yema aumenta en proporción directa; en lo que respecta al color de los carotenoides se conoce que la longitud de onda de los carotenoides utilizados para la pigmentación de la yema de huevo esta entre 400 nm y 600 nm en el rango visible del espectro de colores. Al ojo humano, tales compuestos son de color amarillo al rojo. La luteína, zeaxantina y apo-ester son carotenoides amarillos (longitud de onda desde 445 a 450 nm) mientras que la cantaxantina es un carotenoide rojo (longitud de onda desde 465 a 470 nm) (Guía DMS<sup>46</sup>).

<sup>44</sup> BOLAÑOS, Alessandra. Evaluación de oleoresina de achiote como pigmentante natural para la yema de huevo en gallinas de postura. [En Línea]. Colombia, 9 Mayo 2012. [Consultado: 17 de Enero de 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/nataliaespinozabarrientos/evaluacin-de-oleoresina-de-achiote-como-pigmentante-natural-para-la-yema-de-huevo-en-gallinas-de-postura>

<sup>45</sup> RADA-JIMÉNEZ, Eustacio. Evaluación de la inclusión de dos niveles de harina de morera sobre los parámetros productivos de aves de postura de la línea Babcock Brown en la Granja Experimental Villa Marina. [En línea]. Trabajo de Grado Zootecnista. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Zootecnia, pamplona, 2009. Disponible en: [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1867/1/Romero\\_2018\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1867/1/Romero_2018_TG.pdf)

<sup>46</sup> Guía de DSM para la pigmentación de la yema de huevo con CAROPHYLL®. Op. Cit., p.1.

**Figura 3. Longitudes de onda de varios carotenoides utilizados en la pigmentación de yema de huevo.**



Fuente: Rada-Jiménez<sup>47</sup>

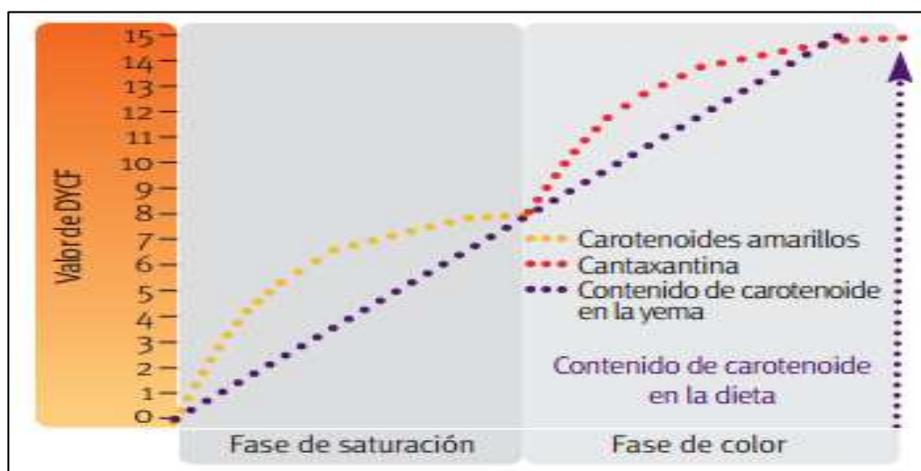
La guía de DSM para la pigmentación de la yema de huevo menciona que:

El principio de la pigmentación de la yema de huevo se fundamenta en la presencia de dos fases para lograr la pigmentación en la yema de huevo, la primera conocida como la fase de saturación involucra la deposición de carotenoides amarillos para crear una base amarilla que corresponde a una clasificación de 7 en el abanico de color de yema de DSM. Esta base de color amarilla es muy importante para lograr la adecuada saturación en el color final. Una vez que la base amarilla está establecida, la adición de un carotenoide rojo cambia el color hacia una tonalidad más naranja-rojizo (el segundo componente, o fase de color). La respuesta relacionada a la dosis utilizada de los carotenoides rojos es mayor que la respuesta a los carotenoides amarillos y la combinación de carotenoides amarillos y rojos es la solución más rentable para la pigmentación de la yema de huevo. La figura 4 muestra este principio<sup>48</sup>.

<sup>47</sup> *Ibíd.*, p. 34.

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p.1.

**Figura 4. Fases de pigmentación de la yema de huevo.**



Fuente: Radar-Jiménez<sup>49</sup>

De acuerdo con el Sitio Avícola<sup>50</sup> Las recomendaciones para pigmentar yemas de huevo están claramente establecidas y se trata de un proceso que se puede llevar sin mayores contratiempos siempre y cuando:

- Se conozca el contenido exacto de carotenoides en las diversas fuentes.
- Se determine y se ajuste la formulación para considerar pérdidas en el proceso. El valor que importa es el que el ave tiene en el comedero.
- Se mantenga un proceso óptimo de mezclado. De preferencia incorporar los pigmentos en la premezcla.
- Mantener a los animales libres de problemas sanitarios, ya que es la única garantía de buena producción de bilis e integridad intestinal.

De acuerdo con Carné “La incorporación máxima de carotenoides naturales y sintéticos en alimentos para ponedoras es de 80 mg/kg de alimento balanceado, la única excepción es la cantaxantina, cuyo uso en ponedoras está limitado a 8 ppm. Esta restricción está destinada a prevenir los efectos no deseados de una exposición excesiva en humanos, puesto que en tal caso la cantaxantina puede provocar la aparición de cristales precipitados en la retina”<sup>51</sup>.

<sup>49</sup> RADAR-JIMENEZ, Op. Cit. p. 37.

<sup>50</sup> EL SITIO AVICOLA. Desarrollos tecnológicos en la pigmentación de huevo y pollo. [En Línea]. 24 junio de 2013. [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en:<http://www.elsitioavicola.com/articulos/2398/desarrollos-tecnologicos-en-la-pigmentacion-de-huevo-y-pollo/>

<sup>51</sup> CARNÉ, Saul. Op. cit., p.1.

## 4.5 EVALUACIÓN DE LA PIGMENTACIÓN

Se trata de un problema delicado, ya que, al medir el color, se está valorando algo subjetivo que depende de la luz reflejada, el color de los alrededores, la luz presente y el ojo del observador. A continuación, se mencionan cuatro métodos utilizados en medición de color de yema de huevo de acuerdo con lo mencionado por Carne:

1. El uso del abanico colorimétrico DSM para yemas de huevo. Inició su uso en 1957 y desde entonces evolucionó para convertirse en el estándar de referencia para determinar el objetivo de pigmentación del huevo.
2. El colorímetro Minolta para yemas de huevo se basa en la expresión de los grados de colores en una esfera que va del blanco al negro en los polos y gira entre verde, amarillo, azul y rojo en el ecuador (usando la tierra como símil).
3. HPLC. Una medida indirecta de medir el color es a través de la medición de carotenoides en la yema, por medio de cromatografía líquida de alta eficiencia. El costo de operación es bastante costoso.
4. El Icheck: este aparato permite evaluar rápidamente en condiciones de campo la cantidad de carotenoides totales en la yema de huevo y en el plasma, expresándolos como equivalentes de  $\beta$ -caroteno<sup>52</sup>.

**4.5.1 Los carotenos del huevo como alimento funcional.** Se define como alimento funcional aquel cuyo consumo contribuye a aportar beneficios sobre la salud, por encima del aporte estrictamente nutricional. Presenta compuestos identificados como fisiológicamente activos y con efectos positivos demostrados para mantener y potenciar la salud, así como prevenir la aparición de determinadas enfermedades.

Por otra parte, Kavacs menciona que:

Es importante conocer el papel del huevo como alimento funcional, ya que es un ingrediente habitual de la dieta de los seres humano. El huevo contiene numerosos compuestos con actividad biológica que ejercen un papel en la terapia y prevención de enfermedades crónicas e infecciosas. Así, algunas proteínas presentes en el albumen (lisozima, ovotransferrina, avidina, ovoalbúmina, ovomucina) o en la yema (inmunoglobulina Y) tienen una potente actividad antibacteriana y antivírica; también algunos de ellos son inmunomoduladores (lisozima, ovotransferrina, ovoalbúmina, cistatinas) y anticancerígenos (lisozima y ovomucina) o tienen propiedades antihipertensivas (ovoquinina, un producto de la digestión de la ovoalbúmina) o antioxidantes (fosvitina, presente en la yema) entre otras<sup>53</sup>.

---

<sup>52</sup> Ibíd. p. 1.

<sup>53</sup> KOVACS, Jennifer; PHILLIPS, Marshall; MÍO, Yoshinori. Avances en el valor de los huevos y sus componentes para la salud humana. En: Revista de química agrícola y alimentaria. [En Línea]. 2005, vol. 53, n° 22, pág. 8421-8431. [Consultado: 13 de febrero de 2021]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/173-huevo\\_como\\_alimento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf)

Por otra parte, Applegate<sup>54</sup> manifiesta que otros compuestos no proteicos con demostrado y aceptado valor funcional son la colina, luteína y zeaxantina. Además, la vitamina E y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega -3 están presentes en cantidades importantes en huevos enriquecidos.

Según la Federación Nacional de Avicultores mencionan que “Cabe resaltar que el huevo es el único alimento de origen animal que aporta luteína y zeaxantina (un huevo contiene entre 150 y 250 mcg de luteína y 200 mcg de zeaxantina)”<sup>55</sup> y Sevillano argumenta que “la biodisponibilidad es superior a la de algunas fuentes de origen vegetal”<sup>56</sup>.

Según Carné:

Se considera que 1 mg de luteína del huevo tiene la biodisponibilidad equivalente a 5 mg procedentes de suplementos dietéticos vegetales. Distintos estudios indican que la yema de huevo comercial contiene entre 0,2-0,5 mg de luteína, lo que equivale a una concentración aproximada de 3,5-9 ppm. Valores similares también se han observado para su isómero zeaxantina. En cualquier caso, luteína y zeaxantina son los carotenoides mayoritarios en la dieta natural de la gallina y representan más del 85% de carotenoides totales en el huevo comercial<sup>57</sup>.

De igual manera, Peña y Restrepo manifiestan:

Los seres humanos y los animales son incapaces de realizar la biosíntesis de carotenoides y por lo tanto, la presencia de este grupo de pigmentos en el organismo depende totalmente de la dieta. Los pigmentos carotenoides juegan un papel importante en la prevención de enfermedades degenerativas como arterioesclerosis, cáncer (principalmente el de pulmón, boca y estomago), envejecimiento, cataratas, degeneración muscular relacionada con la edad, estimula el sistema inmunológico, entre otras. El papel protector para las células humanas frente a la radiación ultravioleta de diversos antioxidantes como  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -tocoferol y ácido ascórbico ha sido evaluado, llegándose a la conclusión de que el primero es el más eficiente, probablemente debido a su localización en la membrana celular. La luteína y la zeaxantina son potentes antioxidantes que juegan un papel importante en la salud ocular y en la prevención

---

<sup>54</sup> APPLGATE, E. 2000. Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. [En Línea]. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 19, No. 5, 495S–498S. [Consultado: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/173-huevo\\_como\\_alimento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf)

<sup>55</sup> FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA. Composición y valor nutricional del huevo. Su importancia como fuente de energía, nutrientes y otros componentes. [Impreso]. El huevo en la mira. FENAVI. 2006. Pontificia Universidad Javeriana. p. 10. [Consultado: 22 de febrero de 2021]. ISBN. 978-958-98012-0-8

<sup>56</sup> SEVILLANO, Pedro Gil; BARROETA, Ana Cristina y NARRO, Carlos Garcés. El huevo como alimento funcional y sus componentes. [En Línea] *Albéitar: publicación veterinaria independiente*, Septiembre, 2016, no 198, p. 4-7., 22. [Consultado: 10 de enero de 2020]. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/15065/articulos-aves/el-huevo-como-alimento-funcional-y-sus-componentes.html>

<sup>57</sup> CARNÉ, Sergio. Op. Cit., p. 1.

de la enfermedad cardiovascular, accidente cerebrovascular y cáncer de pulmón. Hay estudios que relacionan la aparición de algunos tipos de cáncer con la carencia de ciertos carotenoides en la dieta, por lo que son considerados compuestos anticancerígenos. Varias investigaciones epidemiológicas han mostrado que el riesgo de padecer cáncer es inversamente proporcional al consumo de vegetales y frutas ricos en carotenoides. Si bien muchos de estos estudios se han centrado en el  $\beta$ -caroteno, otros carotenoides eficaces en la prevención de la enfermedad son  $\beta$ -criptoxantina, zeaxantina, astaxantina e incluso carotenoides no coloreados como el fitoeno<sup>58</sup>.

### Según Volp, Renhe y Stringueta

condujeron experimentos con ratas, ratones y hámsters y demostraron que beta-caroteno, cantaxantina y, más recientemente otros carotenoides como alfa caroteno, licopeno, astaxantina y fucoxantina, pueden retrasar el desarrollo de tumores de la piel inducida por la radiación ultravioleta, y los tumores inducidos químicamente en varios tejidos, como la piel, las glándulas salivares, sistema respiratorio, pulmones, estómago, colon, páncreas, vejiga e hígado, tumores de piel trasplantados y tumores espontáneos de mama y de hígado. Por ejemplo, la incidencia de tumores de colon, inducidos en ratas con azoximetano, fue disminuida por la administración de sólo 10 mg de beta caroteno/kg de dieta, mientras que el licopeno suprimió el desarrollo de tumores espontáneos de mama, en ratones con sólo 0,5 mg / kg de dieta. Estas concentraciones se asemejan a las encontradas en dietas humanas. Se han realizado investigaciones empleando el b-caroteno solo, pero existe una gran evidencia de que los carotenoides actúan sinérgicamente cuando se consumen en forma de “mixto”, encontrados en fuentes de alimentos naturales<sup>59</sup>.

De acuerdo con Itpsa<sup>60</sup>, los efectos benéficos de los carotenoides están directamente ligados a su carácter antioxidante natural, que los convierte en captadores eficaces de oxígeno reactivo y de radicales libres. Esto les confiere una marcada capacidad para proteger a los tejidos de los fenómenos de estrés oxidativo. Este fenómeno ocurre cuando el organismo no es capaz de metabolizar adecuadamente los metabolitos derivados de las reacciones naturales de oxidación, por lo que se acumulan en los tejidos dañando membranas celulares, proteínas, carbohidratos y ADN.

En los seres humanos los carotenoides son absorbidos por la mucosa del intestino delgado, especialmente en el duodeno. La grasa es uno de los factores que influyen en

---

<sup>58</sup> PEÑA, Clara y RESTREPO, Luz. Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. En: Actualización en Nutrición. 14 (1), 2013. [Consultado: 10 de enero de 2020]. Disponible en: [http://www.revistasan.org.ar/pdf\\_files/trabajos/vol\\_14/num\\_1/RSAN\\_14\\_1\\_25.pdf](http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_1/RSAN_14_1_25.pdf).

<sup>59</sup> VOLP, Ana Carolina; RENHE, Isis; STRINGUETA, Paulo. Carotenoides: pigmentos naturais como compostos bioativos. En: Revista Brasileira Nutrição Clínica, 2011, vol. 26, no 4, p. 291-8. p. 291 – 298. [Consultado: 12 mayo 2020]. Disponible: <http://www.sbnpe.com.br/wp-content/uploads/2016/12/10-Caroten%C3%B3ides-Pigmentos-Naturais-como-Compostos-Bioativos.pdf>

<sup>60</sup> ITPSA. Carotenoides en reproductoras para la protección antioxidante e inmunomoduladora de los pollitos. [En Línea]. Barcelona. 2011. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible: [http://www.itpsa.com/images/stories/pdfs/Articulo\\_Carotenoides\\_en\\_Reproductoras.pdf](http://www.itpsa.com/images/stories/pdfs/Articulo_Carotenoides_en_Reproductoras.pdf).

su absorción intestinal por lo que se ha señalado que dietas bajas en grasa o sin grasa reducen la absorción de  $\beta$ -carotenos.

Teniendo en cuenta que los carotenoides son fácilmente absorbidos de las matrices lipofílicas, se destaca que los carotenoides de la yema de huevo como luteína y zeaxantina están contenidos en una matriz digerible lipídica compuesta de colesterol, fosfolípidos y triglicéridos y por tanto esta matriz se constituye en un medio óptimo para su absorción.

Slullitel explica que “Tras su captación dentro del enterocito, una parte del  $\beta$ -caroteno absorbido y otros carotenoides provitamina A son convertidos en retinol o vitamina A; sin embargo la luteína y la zeaxantina no se convierten en vitamina A, a través del metabolismo humano y se ha sugerido la existencia de una absorción selectiva según el tipo de carotenoide”<sup>61</sup>.

De igual manera, Zaheer menciona

Para poder aprovechar al máximo los carotenos del huevo se debe tener en cuenta la preparación de los mismos, ya que cocinar y procesar posiblemente causan cierto agotamiento en el contenido de carotenoides de huevo porque la molécula carotenoide altamente reactiva, rica en electrones presente en las yemas de huevo sufre oxidación. El nivel de oxidación depende de la cantidad de carotenoide presente, oxígeno disponible, exposición a la luz, la temperatura, la presencia de enzimas, metales y antioxidantes; pero por otra parte la interrupción mecánica o tratamiento térmico hace que la pared celular sea suave y tienda a romperse la membrana, por lo tanto, facilita la liberación de los componentes promotores de la salud y, como tal, la biodisponibilidad, por ejemplo la luteína es uno de los carotenos más afectados con reducciones de alrededor del 23%, 17% y 19% para huevos hervidos, preparados en microondas y fritos, respectivamente.

Para el mismo autor las nuevas estrategias de comercialización de huevos deberían estar enmarcadas en el contenido de luteína altamente biodisponible y zeaxantina, haciendo hincapié en su importancia en la salud humana. Mientras tanto, el consumidor necesita estar mejor informado de los atributos de alta calidad de los huevos para reparar la mala reputación del pasado que se centró en el alto contenido de grasa saturada y colesterol en los huevos, ya que múltiples investigaciones concluyen que el consumo de un huevo por día no aumenta el colesterol en la sangre en humanos sanos, sino más bien aporta nutrientes que actúan como “potenciadores” de la defensa antioxidante contra una vasta gama de enfermedades<sup>62</sup>.

---

<sup>61</sup> SLULLITEL, Julian. Valoración de la importancia nutricional del consumo de antioxidantes en personas de 40 a 50 años. [En Línea]. Tesis de pregrado. Universidad abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Licenciatura en Nutrición. Colombia. 2012. 56 p. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC111977.pdf>.

<sup>62</sup> ZAHEER, Karl. Carotenoides del huevo de gallina (luteína y zeaxantina) e impactos nutricionales en la salud humana: una revisión. En: *CYTA-Journal of Food*, 2017, vol. 15, n° 3, p. 474-487. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19476337.2016.1266033?needAccess=true>

## 4.6 GENERALIDADES DE LA CODORNIZ

Dueñas menciona que “La codorniz es originaria de China y Japón y se produce a nivel industrial en Francia, Alemania, Inglaterra, Italia, Estados Unidos, Venezuela y Colombia”<sup>63</sup>.

Tobón señala que “en Colombia se reportan más de 5 especies de codorniz, pero solo tiene importancia económica la *Coturnix coturnix japónica*. Se trata de un ave pequeña que pesa aproximadamente 170 gramos la hembra y 150 gramos el macho en su edad adulta. Es un ave precoz que alcanza la madurez sexual en poco tiempo (35–42 días) y tiene una extraordinaria facultad de reproducirse, es rustica y fácil de criar intensivamente”<sup>64</sup>.

Según Lembcke “en condiciones adecuadas de iluminación, el porcentaje de puesta es del 80%, logrando aproximadamente 300 huevos por año para cada ponedora en promedio”<sup>65</sup>.

“La codorniz incrementa su producción conforme crece, a los dos meses y medio a tres, la codorniz llega a su pico de postura, es decir, el nivel máximo de puesta de huevo de una ponedora durante su vida productiva. En este pico, una codorniz puede llegar a poner 1 a 2 huevos diarios, manteniendo este nivel de puesta por cuatro a seis semanas”<sup>66</sup>.

Según la guía para la producción de la codorniz refiere que “El peso promedio del huevo es de 12 g, pudiéndose encontrar en las primeras semanas pesos que oscilan entre 1 g a 24 g debido a que las aves aún no han regulado las hormonas involucradas en el proceso”<sup>67</sup>. adicionalmente Barbosa y Mesa mencionan que “El huevo es de forma ovoide y su longitud es de 3 cm y su anchura de poco menos de 2.5 cm”<sup>68</sup>.

---

<sup>63</sup> DUEÑAS, Luis. Cría de la codorniz. Manuales virtuales del SENA. Caldas – Colombia. [En Línea]. 2000. [Consultado: 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.geocities.com/sanfdo/codorn.htm>.

<sup>64</sup> TOBON Mati. et. al. Determinación del perfil de ácidos grasos de la secreción de la glándula uropigial de la *Coturnix coturnix japónica* (codorniz doméstica). [En Línea]. Colciencias. Medellín – Colombia-. 2002. Volumen15. Agosto 2005. Consultado: 18 Agosto 2020. Disponible en: <http://kogí.udea.edu.co/revista/15/15-2-4.pdf>.

<sup>65</sup> LEMBCKE. et. al. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, fertilidad, incubabilidad y peso al nacer de la codorniz, de la variedad japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). [En Línea]. Perú, julio de 2014. [Consultado: 10 de febrero de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/273338576\\_EFECTO\\_DE\\_LA\\_EDAD\\_DE\\_LAS\\_REPRODUCTORAS SOBRE\\_EL\\_PESO\\_DEL\\_HUEVO\\_FERTILIDAD\\_INCUBABILIDAD\\_Y\\_PESO\\_AL\\_NACER\\_DE\\_LA\\_CODORNIZ\\_VARIEDAD\\_JAPONESA\\_COTURNIX\\_COTURNIX\\_JAPONICA](https://www.researchgate.net/publication/273338576_EFECTO_DE_LA_EDAD_DE_LAS_REPRODUCTORAS SOBRE_EL_PESO_DEL_HUEVO_FERTILIDAD_INCUBABILIDAD_Y_PESO_AL_NACER_DE_LA_CODORNIZ_VARIEDAD_JAPONESA_COTURNIX_COTURNIX_JAPONICA)

<sup>66</sup> REVISTA DE INVESTIGACIÓN VETERINARIA DEL PERÚ. La codorniz y su cría. volumen 12. No.1. En Línea. 2001. [Consultado: 18 de agosto de 2021]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/veterinaria/Vol12\\_N1\\_2001/efec\\_edad\\_reproduc.htm#rác](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/veterinaria/Vol12_N1_2001/efec_edad_reproduc.htm#rác)

<sup>67</sup> PRODUCTIVIDAD DE LA CODORNIZ PONEDORA. Agropecuaria Stypa. Comunidad de criadores de codornices. 2005. [En Línea]. . [Consultado: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <http://codornices.blogspot.com/>.

<sup>68</sup> BARBOSA, Edgar y MESA, Francisco. Monografía sobre la cría y explotación de la codorniz domestica (*Coturnix coturnix japonica*). Medellín, Colombia.1991. p.9. En Línea. Trabajo de grado (Zootecnista).

Echeverri citado por Jurado y Vivas establece que las características de la codorniz japónica son las reportadas en la tabla 2<sup>69</sup>.

**Tabla 2. Características de la codorniz japónica.**

Índice	Valor
Peso promedio al nacer	3,04 g
Peso macho adulto	105
Peso hembra adulta	115
Peso máximo del macho	123
Peso máximo de la hembra	157
Tiempo promedio inicio de postura	42 días
Porcentaje promedio de postura	80%
Peso del huevo	10 – 12 g
Vida útil de la codorniz	4 años
Periodo rentable de la producción	2 años
Conversión alimenticia	3,04
Huevos por ave alojada	250
Porcentaje de uniformidad	85%
Porcentaje de mortalidad	1-2 %
Consumo de alimento entre 2 – 15 días	8 – 10 g/día
Consumo de alimento entre 15 – 30 días	10 – 16 g/día
Consumo de alimento entre 30 – 45 días	20 – 22 g/día
Consumo de alimento adultos y ponedoras	20 – 25 g/día

**Fuente:** Echeverry citado por Jurado y Vivas<sup>70</sup>

**4.6.1 Ciclo productivo.** El ciclo productivo de la codorniz de postura comprende 3 fases, según lo mencionado por Jurado y Vivas:

- 1. Fase de cría.** Comprende los primeros 15 días de vida.
  - El piso del galpón debe ser forrado con 4 cm. De paja, tuza picada o cáscara de arroz para aislar la humedad.

Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. . Consultado: 17 de junio de 2020. Disponible en: <https://167.114.2.69/index.php/vozzootecnista/article/view/70>

<sup>69</sup> JURADO, Liliana y VIVAS, Ricardo. Planificación de plantel avícola para la explotación comercial de codornices de postura (*Coturnix coturnix japonica*) el departamento de Nariño. Pasto, Colombia. 2002. p.44. Impreso. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia. Consultado: 20 de julio de 2020.

<sup>70</sup> Ibíb., p. 3.

- Se recibe a las codornices en un círculo hecho de cartón o lámina de zinc, provisto de una fuente de calor, que puede ser una campana eléctrica o a gas, la cual brindará una temperatura entre 33 y 35 °C. Algunas criadoras para pollitos de gallina, pueden adaptarse a las codornices.
- Se suministra un multivitamínico en dosis de 1 c.c. por litro de agua durante la primera semana.
- La alimentación debe hacerse en bandejas bajas, a razón de 2-3/100 aves. Los bebederos son de tipo vaso o depósito 2-3/100 aves.
- Dos horas después del recibimiento, se suministra el alimento con un 25 – 27 % de proteína.
- Se debe remover la cama cuando sea necesario.

## **2. Fase de levante.** Desde los 15 hasta los 30 días de vida.

- Dependiendo del clima, cálido o frío, los círculos pueden ser retirados o ampliados. Durante este tiempo se reduce la temperatura a 24 – 26 °C.
- Se cambia los comederos de bandeja baja por comederos tipo campana en una proporción de 1-2/100 aves y se utiliza los bebederos tipo campana en la misma proporción.
- Se debe tener la precaución de regular la altura entre los bebederos y el piso, de modo que los animales puedan beber, pero no introducirse en ellos, de esta manera se mantiene la cama seca por más tiempo.
- Se utiliza la misma ración de la fase de cría.
- Se realiza una selección por tamaño antes de ser ubicadas en las jaulas.
- Para evitar agresividad y desperdicio de alimento, se despica las codornices a los 25 días con una lámina caliente.
- Entre los 26 – 30 días se instala las codornices en las baterías, a razón de 20 animales divididas en dos compartimentos por cada jaula, para evitar la intoxicación con dióxido de carbono. Las medidas de los compartimentos son 50 cm de longitud, 60 cm de profundidad, 17 cm de alto en la parte frontal, 15 cm en la parte posterior y un desnivel del 15 % para la caída de los huevos.

## **3. Fase de prepostura y postura.** La prepostura comprende del día 30 a 45, y la postura a partir de esta edad hasta que termina el ciclo de postura.

- La temperatura en esta fase debe ser de 20 – 22 °C.
- Un fotoperiodo natural de 14 horas diarias.
- El alimento en esta fase debe contener un valor proteico digerible de 22 – 24%. Este se suministrará tres veces al día, a las 7:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m.
- Se debe mantener los animales tranquilos evitando al máximo el estrés.
- La recolección de los huevos debe hacerse en horas de la mañana, manipulándolos con precaución.
- El almacenamiento de los huevos se realiza en un lugar limpio y seco, a una humedad de 75% y una temperatura de 15°C.
- Mantener una buena ventilación para evitar problemas respiratorios<sup>71</sup>.

---

<sup>71</sup> JURADO, Liliana y VIVAS, Ricardo. Op cit., p. 95.

En lo que respecta a requerimientos nutricionales, se requiere de un alimento con 25 – 26% de proteína en las primeras semanas de vida y pueden reducirse a un 20% de las 3 semanas de vida. Bissoni citado por Papamija y Villareal<sup>72</sup> afirma que: “la primera respuesta a la deficiencia de proteína es la pérdida de peso corporal, con una disminución del tamaño de los huevos, seguida por un descenso en el consumo de alimento y la producción de huevos”.

Checa y Patiño refieren que “para la codorniz se reporta un requerimiento de energía de 2600 – 3000 Kcal de EM/Kg”<sup>73</sup>, “un porcentaje de grasa que oscile entre 3 y 5%, minerales como el calcio, fósforo, magnesio, manganeso, cinc, hierro, cobre, cobalto, yodo, sodio, cloro, potasio, azufre, molibdeno y selenio; así como vitaminas A, D, E y vitaminas del complejo B”<sup>74</sup>. Los requerimientos nutricionales se mencionan en la tabla 3.

**Tabla 3. Requerimientos nutricionales de la codorniz en sus diferentes fases.**

<b>Nutriente</b>	<b>Cría</b>	<b>Levante</b>	<b>Postura</b>
Proteína (%)	27 – 30	23 – 25	16 – 20
E.M. (Kcal/Kg)	2950 – 3000	2800– 2900	2700– 3000
Grasa Cruda (%)	2,5 – 4,2	1,0 – 5,0	1,0 – 3,5
Fibra (%)	3,9 – 5,0	5,0 – 7,0	4,5 – 6,0
Calcio (%)	0,8 – 1,0	1,0 – 2,0	2,3 – 3,7
Proteína Total (%)	0,65 – 1,0	0,5 – 1,0	0,72 – 1,5
Proteína Disponible (%)	0,42 – 0,48	4,0 – 0,7	0,3 – 0,5
Sal (mg/Kg)	0,5 – 1,5	0,5	0,25 – 0,5
Ceniza (%)	8,0	--	8,0

**Fuente:** Barbosa y Meza<sup>75</sup>

#### **4.7 CARACTERÍSTICAS DEL HUEVO DE CODORNIZ**

De acuerdo con Basante y Santacruz “los huevos de codorniz tienen forma ovoide, en el 80 % de los casos, dando excepciones alargadas, redondas o tubulares”<sup>76</sup>. Por otra parte, Pérez y Pérez manifiesta que “tienen una dimensión de 2,41 cm de diámetro transversal y 3,14 cm de diámetro longitudinal; con un peso de 2 a 15 gramos, dependiendo de la edad de las ponedoras”<sup>77</sup>, Poseen color pardo amarillento y están

<sup>72</sup> PAPAMIJA, Lucy y VILLAREAL, Alexander. Autobalanceamiento en alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japónica*) en fase de producción. Pasto, Colombia. 1993. p.12. Trabajo de grado Zootecnista. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia

<sup>74</sup> PAPAMIJA, Lucy y VILLAREAL, Alexander. Op. cit. p.16.

<sup>75</sup> BARBOSA, Edgar y MESA, Francisco. Op. Cit., p. 32.

<sup>76</sup> BASANTE, Sandra y SANTACRUZ, Claudia. Op. Cit., p. 12.

<sup>77</sup> PÉREZ, Álvaro y PÉREZ, Fernando. Tratado de cornicultura. Zaragoza, España: Científico-Médica, 1971 p.14

muy pigmentados con manchas pardo rojizas y negras que varían en la intensidad y el brillo.

Villa<sup>78</sup> escribe que se trata de un alimento que se destaca por su significativo aporte de colesterol, vitamina D, vitamina B2, vitamina B, selenio, vitamina B9, ácidos grasos monoinsaturados, hierro, yodo, fósforo, agua, grasa y proteínas. El resto de nutrientes presentes en este alimento, ordenados por la relevancia de su presencia, son: zinc, vitamina B12, ácidos grasos saturados, ácidos grasos poliinsaturados, vitamina B3, calcio, sodio, vitamina B6, vitamina E, retinol, potasio, vitamina A, magnesio e hidratos de carbono.

**Tabla 4. Composición nutricional del huevo de codorniz.**

<b>Estructura del huevo de codorniz</b>		Fuente: Closa <i>et al.</i> <sup>79</sup> manera, Estrada "el consumo de huevos codorniz aporta al organismo, requerido tejidos corporales, médula espinal, y cerebro, como en el sanguíneo, siendo para crear la membrana plasmática que regula la salida de sustancias a las células" <sup>80</sup> .
De igual menciona de colesterol tanto en hígado, páncreas plasma esencial	Yema 42,3 % Clara 46,1 % Membrana 1,4 % Cáscara 10,2 % Agua 73,9 % Proteínas 15,6 % Grasas 11,0 % Sales minerales 12,2 %	
entrada y través de	<b>Composición mineral del huevo de codorniz</b> Calcio 0,08 % Fósforo 0,22 % Cloro 0,13 % Potasio 0,14 % Sodio 0,13 % Azufre 0,10 % Hierro 0,031 % Manganeso 0,33 % Cobre 1,86 % Yodo 0,09% Magnesio 0,04 %	indica que "aporta D, la cual estimula la de calcio y fósforo por el organismo contribuyendo al desarrollo de huesos y la vez que favorece el crecimiento celular y
adecuado dientes, a		fortalece al sistema inmune ayudando a prevenir infecciones. Al depender el nivel del

<sup>78</sup> VILLA, Juana. Salud y buenos alimentos. Clasificación y propiedades de los huevos de codorniz. 12 junio de 2013. [En línea] Disponible en internet: <<http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Huevos%2FHuevas&s2=Ave&s3=De+Codorniz>>

<sup>79</sup> CLOSA, Sara; MARCHESICH, Claudia; CABRERA, Mildred y MORALES, Juan. Composición de huevo de gallina y codorniz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Madrid: p.85, 1999. [Consultado 26 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/1999/2/art-14/>

<sup>80</sup> ESTRADA, María. Los alimentos. Huevos de codorniz. [En línea]. noviembre 2011. [Consultado: 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <<http://alimentos.org.es/huevos-codorniz>>

calcio de vitamina	<b>Composición de la yema de huevo de codorniz</b>		la concentración de D, la cual juega un importante papel en transmisión del impulso y la contracción muscular <sup>81</sup> .
	Lípidos	60 %	
	Fosfolípidos	35 %	
nervioso	Esteroles	5 % (lecitina 11%, aneurina 0,6%, colessterina 0,8%)	
De	<b>Composición de la clara de huevo de codorniz</b>		acuerdo con Pineda
	Ovo albúmina	80 %	huevos de codorniz constituyen una fuente natural de vitamina B2
Los	Ovomucoide	10 %	
	Ovomucina	7 %	
	Ovo globulina	3 %	

(riboflavina), lo que favorece la actividad oxigenadora intercelular, mejorando el estado de las células del sistema nervioso y colaborando en la regeneración de tejidos como piel, cabello, uñas, mucosas y de forma especial en la integridad de la córnea, contribuyendo de esta manera a mejorar la salud visual. Esta vitamina interviene además en la transformación de los alimentos en energía y complementa a la vitamina E, en su actividad antioxidante y a las vitaminas B3 y B6, en la producción de glóbulos rojos, ayudando a mantener el sistema inmune en buen estado<sup>82</sup>.

### Según Hernández

Gracias al contenido de vitamina B9, los huevos de codorniz contribuyen a la formación de células sanguíneas y glóbulos rojos, ayudando a prevenir la anemia y a mantener sana la piel. Además de ser indispensable para la correcta división y crecimiento celular, fundamental durante el embarazo y la infancia, la vitamina B9 (ácido fólico), interviene en el metabolismo de proteínas, ADN y ARN, reduciendo el riesgo de aparición de deficiencias en el tubo neural del feto (estructura que dará lugar al sistema nervioso central). Esta vitamina además, disminuye la posibilidad de presentar enfermedades cardiovasculares, previene algunos tipos de cáncer como la leucemia, estimula la formación de ácidos digestivos y ayuda a mejorar el apetito<sup>83</sup>.

### De acuerdo con Rodríguez

También poseen un significativo aporte de vitamina B1, participan en la producción energética colaborando en el metabolismo de los carbohidratos, que juega además un papel esencial en la absorción de glucosa por parte de cerebro y sistema nervioso, por lo que la deficiencia de este nutriente puede derivar en cansancio, poca actividad

<sup>81</sup> TEJERO, Francisco. Asesoría Técnica el huevo y su uso. [En línea]. agosto 2010. [Consultado: 26 de mayo de 2017]. Disponible en:

<<http://www.franciscotejero.com/tecnica/otras%20materias%20primas/el%20huevo.htm>>

<sup>82</sup> PINEDO, Milton. Nutrición aplicada. [En línea] enero 2010. [Consultado: 30 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://miltonpinedo.blogspot.com/2010/01/la-importancia-del-huevo-en-la.html>>

<sup>83</sup> HERNÁNDEZ, Roberto. Caracterización fisicoquímica y funcional de la clara deshidratada de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Huajuapán De león, OAX. Enero del 2004, p. 42. Trabajo de grado (Ingeniero en Alimentos). Universidad Tecnológica De La Plata. Facultad de Agronomía, programa de Nutrición Animal.

mental, falta de coordinación, depresión. Además, por su contenido en selenio, los huevos de codorniz refuerzan la protección contra enfermedades cardiovasculares a la vez que estimulan el sistema inmunológico. El carácter antioxidante del selenio, retarda el proceso de envejecimiento celular, a la vez que le confieren propiedades preventivas contra el cáncer. La acción de este nutriente guarda relación con la actividad de la vitamina E<sup>84</sup>.

Es un alimento rico en hierro (necesario para la síntesis de hemoglobina), favorece en la renovación de las células sanguíneas, posibilitando el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia los diferentes órganos, como los músculos, el hígado, el corazón o el cerebro, siendo el hierro indispensable en determinadas funciones de este último, como la capacidad de aprendizaje. El hierro también incrementa la resistencia ante enfermedades reforzando las defensas frente a los microorganismos, previene estados de fatiga o anemia y sin él no podrían funcionar el sistema nervioso central, el control de la temperatura corporal o la glándula tiroides, siendo además saludable para la piel, el cabello y las uñas. Este alimento resulta muy beneficioso para el organismo en situaciones de carencia de hierro, ya sean como consecuencia de hábitos alimenticios inadecuados, durante el período o el embarazo, o tras accidentes u operaciones médicas donde se ha perdido sangre<sup>85</sup>.

Aporta antioxidantes en forma de carotenoides, en particular la luteína y zeaxantina; los aportes de los carotenoides se describen en la tabla 5.

**Tabla 5. Antioxidantes carotenoides del huevo de codorniz**

Nutriente	µg en cada 100g
Alfa Caroteno	0
67y67y5Beta Caroteno	11
Beta Criptoxantina	10
Licopeno	0
Luteina y Zeaxantina	369

**Fuente:** Daniel<sup>86</sup>

<sup>84</sup> RODRÍGUEZ, Fabián. Cría de codornices para pequeños emprendedores. Manual Teórico práctico para el manejo comercial de la codorniz. [En línea] Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 2010, p. 11. [Consultado: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.quade.com.ar/produccion-animal/9224-cria-de-codornices-para-pequenos-emprendedores-manual-teorico-practico-para-el-manejo-comercial-de-la-codorniz-9789505045891.html>

<sup>85</sup> AGUDELO, Juan. Huevo de codorniz. Cuba. 08 Septiembre 2012. [En línea] Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php/Huevo\\_de\\_codorniz](http://www.ecured.cu/index.php/Huevo_de_codorniz)

<sup>86</sup> DANIEL. Dieta y nutrición. Información nutricional del huevo de codorniz. [Tabla]. México. 2013. [Consultado: 3 de noviembre de 2013]. Recuperado de: <http://www.dieta ynutricion.net/informacion-nutricional-de/huevo-de-codorniz/>

De igual manera España menciona que

En lo que tiene que ver con el color de la yema de huevo de codorniz, España, C. evaluó la calidad de los huevos comercializados en la ciudad de San Juan de Pasto, encontrando que con respecto a la escala colorimétrica DSM las yemas presentan coloración 5, siendo estas últimas muy pálidas; la misma autora reporta que la mayoría de los valores coinciden con los reportados por la Universidad de Baja California, quienes mencionan que el color de la yema es más claro que el de gallina, situándose entre 4 y 6 del abanico de coloración de yemas, debido a que no se utilizan pigmentos adicionados en el alimento<sup>87</sup>.

Por otra parte, Viñas argumenta lo siguiente

El color de la yema se debe en un 70% a las xantófilas y en un 2% a los carotenos, el resto corresponde a otros pigmentos. Los carotenos y vitamina A que aparecen en unos piensos en gran cantidad dan una yema pálida, mientras que las xantofilas dan yemas muy subidas de color. Las yemas pálidas por llevar gran cantidad de carotenos y vitamina A son de gran importancia bromatológica ya que son más nutritivas que las de color oscuro, las yemas pálidas suelen aparecer en los huevos procedentes de la avicultura industrial<sup>88</sup>

#### 4.8 CARACTERÍSTICAS DEL NABO AMARILLO O NABO DE CAMPO

De acuerdo con el Programa Regional BIOANDES<sup>89</sup>, El género Brassica pertenece a la familia Brassicaceae (también conocida como Cruciferae) y abarca un gran número de especies distribuidas por todo el mundo debido a su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas. La familia está compuesta por 350 géneros y alrededor de 3500 especies. El nabo amarillo es originario del viejo mundo, se trata de una planta herbácea de tamaño mediano, con abundante floración amarilla, que crece en los campos de cultivo, principalmente en los meses de inicio de lluvias y se desarrolla adecuadamente en climas fríos o templados.

De igual manera, Figueras<sup>90</sup> el origen de los nabos no está bien definido y se desconoce si se originó en Asia Central o en Europa. Se han encontrado vestigios que demuestran que se cultivaba hace ya 4.000 años y se sabe que los griegos y los romanos lo

---

<sup>87</sup> ESPAÑA, Constanza. Evaluación de calidad del huevo de codorniz (*Coturnix, coturnix japónica*), comercializado en el municipio de Pasto, departamento de Nariño [En Línea]. (Tesis de pregrado). Nariño: Universidad de Nariño. Departamento de producción y procesamiento animal. Programa de Zootecnia. 2014. 97 pág. [Consultado: 28 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/2352/>

<sup>88</sup> VIÑAS, Ángel Nieves. Control y manejo de huevos y pollos recién nacidos en la explotación avícola. [En Línea]. Editorial Elearning S.L, Edición 5.0. 2015, p. 30. [Consultado: 23 de julio de 2020]. ISBN 978-84-16492-71-8

<sup>89</sup> PROGRAMA REGIONAL BIOANDES. Gastronomía y biodiversidad andina en las comunidades de Pitumarca y de Valle de Vilcanota. [En Línea]. Perú. 2011. [Consultado: 23 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/5da57fa73dadf203d4c3be84d6e9ae74.pdf>

<sup>90</sup> FIGUERAS, Palou. Ficha técnica: Nabo. [En Línea]. 2017. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.figueraspalou.com/FICHAVERDURAScast%2048.pdf>

consumían. Durante la Edad Media era importante en la dieta de los países europeos, hasta la llegada de la patata en el siglo XVIII, que poco a poco fue desbancando al nabo.

Vibrans<sup>91</sup> argumenta que en la agricultura campesina generalmente no es vista como arvense, ya que se trata de una planta comestible importante y nutritiva; frecuentemente se fomenta su uso y hasta se llega a cultivar. Es pariente cercano de las coles comestibles y la canola.

Obregón<sup>92</sup> afirma que en el norte de España y Portugal los cultivos hortícolas de Brassica rapa tienen una gran tradición formando parte de numerosos platos de la cocina tradicional de esta zona tales como el “Lacón con grelos”, y se comercializan tanto en fresco como envasados. De la misma planta se cosechan los nabos, que son la raíz engrosada (hipocótilo), las nabizas que son las hojas vegetativas, y los grelos que son los tallos junto con las hojas florales previos a la floración de la planta.

De acuerdo con Benavides y Chamorro

se trata de una especie que prospera como invasora en los campos de cultivo descuidados, así como en potreros, rastros, vías y caminos; compite fuertemente con los cultivos herbáceos y puede afectar negativamente su producción causando pérdidas importantes de forraje si no se realiza un control adecuado. Su propagación se realiza por medio de las aves (estiércol), el viento y el hombre. Es polinizada por insectos<sup>93</sup>.

De igual manera Rodríguez

Las semillas de nabo son usadas usualmente en la alimentación de aves ornamentales, ya que contribuyen de manera notable a mejorar el plumaje, haciendo que las aves presenten una cobertura de plumas más bonita, colorida y bien cuidada; contribuye al emplume después de las mudas y mejora el canto de las aves. Se menciona además que acelera la llegada de la madurez sexual y la

---

<sup>91</sup> VIBRANS, Heike. *Brassica rapa* L. Nabo de campo. Malezas de México. [En línea], julio, 2009. [Consultado: 25 de Agosto de 2020], Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/brassica-rapa/fichas/ficha.htm>.

<sup>92</sup> OBREGÓN, Sara, Estudio del contenido y valor nutracéutico de los glucosinolatos y otros compuestos presentes en nabizas y grelos (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) cultivados en el sur de España. [En línea], (Tesis de doctorado). España: Universidad de Córdoba; 340 p, 2016. [Consultado: 23 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13645>

<sup>93</sup> BENAVIDES MONTERO, Juan y CHAMORRO ARTEAGA, Edwin. Evaluación de diferentes niveles de harina del forraje de nabo (*Brassica campestris*) como suplemento en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) durante las fases de levante y engorde. [En Línea]. Tesis de pregrado. Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, 2013. 53 p. [Consultado: 20 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/view/year/2013.type.html>

puesta de huevos. También se ofrece a estas aves la flor del nabo, que es un alimento energético, fácilmente asimilable y con muchas vitaminas<sup>94</sup>.

Obregón menciona que “el género Brassica también se valora en otros sectores además del alimentario, se utiliza en biorremediación, como plantas ornamentales, fuentes de medicamentos, acondicionadores del suelo, abonos verdes, cultivos de compostaje, herbicidas, en la producción de miel y muchas especies son importantes en la producción de aceites industriales, tales como los combustibles líquidos y lubricantes en motores diésel”<sup>95</sup>.

**4.8.1 Clasificación taxonómica.** De acuerdo con la página web AGROES<sup>96</sup>, el nabo, al igual que muchas crucíferas, ha sufrido numerosas modificaciones en cuanto a su clasificación botánica, durante bastante tiempo se ha conocido como *Brassica campestris* L., pero según Vibrans<sup>97</sup> se determinó que pertenece a la misma especie de las coles cultivadas por los que su nombre científico actual es *Brassica rapa* L. La clasificación taxonómica se indica a continuación:

**Tabla 6. Clasificación taxonómica nabo.**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Traqueibionta
<b>Superdivisión</b>	Spermatophyta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Dilleniidae
<b>Orden</b>	Brassicales
<b>Familia</b>	Brassicaceae
<b>Género</b>	Brassica
<b>Especie</b>	Brassica Rapa L.

Fuente: Rosales y Villavicencio<sup>98</sup>

<sup>94</sup> RODRIGUEZ HERNANDEZ, Marco. Alimentación del canario (*Serinus canaria domestica*) con alimentación convencional y bizcocho elaborado con guayaba (*Psidium guajava* L), pera (*Pyrus communis*), manzana (*Malus domestica*), banano (*Musa x paradisiaca*), lechuga (*Lactuca sativa*), zanahoria (*Daucus carota*), arroz, harina de trigo y aditivos. [En Línea]. (Tesis de posgrado). Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio ambiente, Especialización en nutrición animal sostenible. 2015. 70 p. [Consultado: 20 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3727>

<sup>95</sup> OBREGÓN, Sara. Op. cit., p. 36.

<sup>96</sup> AGROES. Nabo, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. [En Línea]. España. 2010. [Consultado: 26 de octubre de 2020] Disponible en: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/nabo/424-nabo-descripcion-morfologia-y-ciclo>

<sup>97</sup> VIBRANS, Heike. Op., cit. p. 1.

<sup>98</sup> ROSALES-ARÉVALO, Fredy Geovanny y VILLAVICENCIO-CRIOLLO, María Belén. Evaluación de la eficiencia de Brassica rapa en la reducción de plomo y cadmio en los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua del Canton Penipe. Trabajo de Grado Ingeniero Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. 2018, p. 100.

De acuerdo con Rosales y Villavicencio<sup>99</sup> se conoce como mostaza, pata de cuervo, nabo de canarios, nabo silvestre, nabina, pero se sugiere el uso de “nabo amarillo” para distinguir a la especie silvestre de otras parecidas, así como de las formas cultivadas.

**4.8.2 Identificación y descripción.** La especie presenta las siguientes características de acuerdo con Rosales y Villavicencio<sup>100</sup>

- **Tamaño:** 30 a 130 cm.
- **Tallo:** cilíndrico, con vellosidades erectas y ásperas.
- **Hojas:** presenta hojas alternas, las superiores se caracterizan por presentar una perdomocoloración azulosa, sésiles (sentadas, sin peciolos) y amplexicaulas (abrazando el tallo, generalmente más pequeñas que las inferiores, su tamaño es de hasta 6 cm de largo por 1,3 cm de ancho. Las hojas inferiores pecioladas con el lóbulo terminal obtuso, rara vez con bordes irregulares, su tamaño va de 4 a 20 cm de largo y de 1,8 a 8 cm de ancho, con 2 a 4 lóbulos laterales.
  
- **Inflorescencia:** Racimo terminal de 10 a 30 cm de largo.
- **Flores:** Amarillas, con 4 sépalos verdes de 4 a 5 mm de largo y 4 pétalos de 6 a 10 mm de largo, 6 estambres, de los cuales 2 son más cortos.
- **Frutos y semillas:** Pedicelos de 1 a 2.5 cm, vainas lineales y cilíndricas, dehiscentes de 2 a 6 cm de largo, ápice con un pico de 1 a 3 cm de largo. Semillas globulares de 1,5 a 2 mm en diámetro de color café o negras.
- **Raíz:** Napiforme y delgada.
- **Características especiales:** Al estrujarse huele a col.

---

<sup>99</sup> Ibid. p. 1.

<sup>100</sup> Ibid. p. 1.

**Figura 5. Descripción del nabo amarillo.**



**Fuente:** Vibrans<sup>101</sup>

**4.8.3 Composición nutricional.** Según Villanueva<sup>102</sup> El nabo es un alimento con un significativo aporte de carotenoides, vitamina C, vitamina A, vitamina B9, agua y fibra. El resto de nutrientes están presentes en menor medida y ordenados por relevancia son: calcio, vitamina E, yodo, hierro, vitamina B2, potasio, vitamina B6, vitamina B, magnesio, hidratos de carbono, fósforo, cinc, vitamina B3, proteínas, sodio, calorías, selenio, ácidos grasos poliinsaturados, grasa, ácidos grasos saturados y ácidos grasos monoinsaturados.

Según Arévalo

Se trata de una hortaliza de escaso aporte calórico, la cual posee abundante cantidad de agua y un bajo contenido de hidratos de carbono, es muy buena y excelente fuente de fibra. Contiene un 4,43 % de hidratos de carbono, un 0,9% de proteínas y un 0,1% de grasas. En cuanto a energía, sólo aporta 27 Kcal/100 g. Respecto a vitaminas destaca una gran cantidad de vitamina C, 100 g. de nabo, contiene 21 mg. De esta vitamina, que representa más de la tercera parte de las necesidades de un adulto. También aporta fibra, mucho potasio, algo de sodio y otros oligoelementos<sup>103</sup>.

Las hojas del nabo (*Brassica rapa*), también llamadas grelos, contienen 190 mg. De calcio (por cada 100 g.) por eso es considerada la verdura más rica en este mineral e incluso se considera que tiene más calcio que la leche. También aporta mucha fibra, provitamina A, vitamina C, hierro y folatos.

<sup>101</sup> VIBRANS, Heike. *Brassica rapa* L. Nabo de campo. Malezas de México. [imagen], julio, 2009. . [Consultado: 25 de agosto de 2020], Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/brassica-rapa/fichas/ficha.htm>

<sup>102</sup> VILLANUEVA, Carlo., Op. Cit. p. 3.

<sup>103</sup> AREVALO, Manuel. Características organolépticas de la carne de pavo americano big-6 con dieta alimenticia balanceado + nabo (*brassica rapa*) [En Línea] (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Técnica estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Carrera de Ingeniería Zootécnica, 2015. 64 p. [Consultado: 23 de enero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/96/1/T-UTEQ-0004.pdf>

Obregón<sup>104</sup> afirma que las brasicáceas proporcionan fotoquímicos que promueven la salud, incluyendo los glucosinolatos, antocianinas, flavonoides, terpenos, sulfóxido de Smetilcisteína, cumarinas y algunos antioxidantes bien conocidos como vitamina C, vitamina E, carotenoides y enzimas antioxidantes como catalasa, superóxido dismutasa y peroxidasa.

**Tabla 7. Composición química del forraje de nabo en prefloración.**

<b>Análisis Químico</b>	<b>%</b>
Materia seca	9,97
Proteína bruta	29,00
Fibra cruda	22,20
Extracto etéreo	3,22
ELN	29,50
Cenizas	17,10

Fuente: UNIVERSIDAD DE NARIÑO<sup>105</sup>

Balloun Citado por Ojeda y Avila, Ernesto La semilla de nabo se caracteriza por un alto contenido de aceite que varía del 36 al 42%. Este aceite se utiliza para fines industriales. La pasta que queda una vez extraído el aceite, contiene un promedio de 36% de proteína<sup>106</sup>.

#### **4.9 CULTIVO DE NABO AMARILLO**

El nabo puede ser considerado como una alternativa forrajera para alimentación de animales como bovinos, caprinos, ovinos y cuyes.

De acuerdo con Delgado

El nabo forrajero es, en general, poco exigente. Prefiere los suelos sueltos y ricos en materia orgánica, aunque también se desarrolla en suelos arcillosos y calizos o pobres. No obstante, en cualquiera de las condiciones requiere suelos sanos y bien drenados para su desarrollo normal. Su cultivo exige poca agua. La semilla, de pequeño tamaño, germina en cuatro o cinco días. La siembra se realiza muy superficial y generalmente en verano, por lo que es preciso disponer de riego si se quiere asegurar la implantación del cultivo. Las temperaturas suaves son óptimas para su crecimiento, necesitando temperaturas bajas para la formación de la raíz. Su ciclo vegetativo dura de dos a cuatro meses, en función de las condiciones climáticas existentes, siendo más corto cuando las temperaturas son más altas y más largo cuando éstas son más bajas. Sin embargo, el nabo forrajero

<sup>104</sup> OBREGÓN, Sara. Op. cit., p. 36.

<sup>105</sup> UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Manual de Laboratorios Especializados. 2013, p. 34.

<sup>106</sup> BALLOUN, S. Plant protein meals for livestock feeding. Bull. Amer. Soybean Ass. Hudson, Iowa. [En línea]. 2007. [Consultado: 23 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/2699/2263>

se comporta como una planta bianual que necesita de frío para florecer. Sembrado en verano-otoño florece pronto, generalmente al final del invierno (en el mes de marzo en las condiciones climatológicas de Zaragoza). Si la planta está en un estado avanzado de desarrollo, tolera temperaturas de 10°C bajo cero sin helarse. Depende de las condiciones en que se realiza la siembra y del tipo de producción esperada. Si la semilla se distribuye homogéneamente y se desea obtener fundamentalmente raíces voluminosas, son suficientes de dos a cuatro kilos por hectárea de semilla para lograr una buena implantación (25 plantas por metro cuadrado). Cuando la siembra se realiza en malas condiciones, no hay posibilidad de repartir homogéneamente la semilla o se pretende obtener un gran volumen de forraje en el menor tiempo posible, la dosis deberá incrementarse hasta ocho kilos por hectárea, sabiendo que en este último caso la producción se compondrá principalmente de hojas<sup>107</sup>.

#### De acuerdo con Antrillao

Los tratamientos herbicidas normalmente no son necesarios, ya que el rápido crecimiento del nabo forrajero ahoga el desarrollo de las malas hierbas. La fertilización está determinada por el contenido de nutrientes del suelo, en tanto, la fertilización nitrogenada debe ser al menos 138 Kg de N, equivalentes a 300 Kg de urea/ha que pueden ser aplicados en una o dos parcialidades, además dependiendo del análisis de suelo se adiciona 180 a 250 Kg de p<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 120 a 150 Kg de K<sub>2</sub>O, 18 a 20 kg/ha de Azufre y 500 a 800 kg/ha de cal si el pH es inferior a 5,8.

Los nabos son consumidos una vez que están maduros (10 a 16 semanas) o cuando el follaje tiene aproximadamente 30 cm de alto (70 a 90 días después de la siembra). Periodo en el que las hojas alcanzan su máximo crecimiento y calidad bromatológica, mientras que los bulbos pueden continuar su crecimiento 30 a 60 días después de la madurez de las hojas. Es posible un rebrote de la planta si se hace un primer pastoreo suave y si los puntos de crecimiento de las hojas que están cercanos a la raíz no son dañados<sup>108</sup>.

---

<sup>107</sup> DELGADO, Ignacio. 1987. El nabo forrajero. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Ingeniero Agrónomo. P. 2-3 Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1984\\_07.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_07.pdf)

<sup>108</sup> ANTRILLAO URRIETA, Ingrid. Utilización de nabo forrajero (*Brassica rapa*) como suplemento de otoño para la engorda de coderos, en la Zona Intermedia de Aysén. [En Línea]. Tesis de pregrado. Chile: Universidad Austral de Chile. Escuela de Agronomía, Programa de Ingeniería agronómica, 2009. 45 p. [Consultado: 23 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/faa636u/doc/faa636u.pdf>

## 4.10 ANTECEDENTES

**4.10.1 Uso de *Brasicáceas* como pigmentantes.** Teniendo en cuenta a Antrillao<sup>109</sup>, los antecedentes del proyecto de investigación planteado se resalta que se han realizado varias investigaciones en adición de carotenos a dietas para aves con el propósito de lograr mayor pigmentación de los huevos, empleando para ello una gran variedad de recursos naturales y sintéticos; sin embargo hay poca información sobre la extracción de carotenos de nabo amarillo (*Brassica rapa L.*) para tal fin y su uso solo se ha limitado al suministro del forraje fresco (frutos y flores) por los beneficios que éstos traen en la cría de aves ornamentales como canarios y pericos, donde su uso está ligado a la historia natural de estas especies aviares por los beneficios observables en los animales tales como facilidad de muda y recuperación del plumaje, mantenimiento de las funciones vitales, mejora en el canto y en los aspectos reproductivos de la aves, por la ligada influencia de los carotenos sobre la fertilidad y viabilidad de las crías.

Al respecto Tanvez, A. *et al.* Manifiestan que

Investigaron como las hembras de canarios pueden transferir los carotenos a sus crías ya sea a través del huevo o la dieta, por lo que a las hembras se les permitió acceder a alimento enriquecido con beta carotenos durante la formación del huevo y la alimentación de los polluelos. La colorimetría y el análisis por HPLC de las muestras confirmaron que los huevos procedentes de hembras a las que se suplemento con carotenos mostraron menor matiz (son más naranja que amarillo), una mayor saturación (son más contrastados) y un tono más alto (son más brillante) que los huevos puestos por las hembras alimentadas con el alimento regular; además se encontró que las hembras transfieren los carotenoides alimenticios a la yema y a su vez a los polluelos garantizando mayor porcentaje de eclosión y supervivencia, aunque es variable el nivel de asimilación de acuerdo al periodo en el que se suministran. El crecimiento de los pollitos se potenció cuando los carotenoides fueron asimilados tanto antes como después de la eclosión; sin embargo, se demostró que el aumento en la eficiencia de la inmunidad celular sólo ocurre cuando la asimilación tiene lugar después de la eclosión; finalmente se demostró la influencia positiva de los carotenos sobre el crecimiento de los polluelos<sup>110</sup>.

En la investigación no se pudo determinar el tipo de carotenoides aumentados en la yema, pero Blount et al.,<sup>111</sup> reportan que debe tenerse en cuenta que un aumento en ciertas concentraciones de carotenoides en la dieta de una madre no provoca un

---

<sup>109</sup> *Ibíd.*, p. 2.

<sup>110</sup> TANVEZ, A.; AMY, M.; CHASTEL, O. y LÉBOUCHER G. Maternal effects and  $\beta$ -carotene assimilation in Canary chicks. *Physiology & Behavior*, [En Línea]. 2009; 96: 3, Pág. 389-393. [Consultado: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690857/pdf/11788033.pdf>

<sup>111</sup> BLOUNT, Jonathan D., et al. Los carotenoides y la calidad del huevo en la gaviota de lomo negro menor *Larus fuscus*: un estudio de alimentación suplementaria de los efectos maternos. [En Línea]. *Actas de la Royal Society de Londres. Serie B: Ciencias Biológicas*, 2002, vol.2 69, n. 1486, pág. 29-36. [Consultado: 13 de enero de 2021]. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2001.1840>

aumento del mismo carotenoide dentro de la yema ya que se puede presentar influencias por parte de las madres y por el metabolismo propio de los carotenos.

En lo que respecta a los efectos de los carotenos sobre el crecimiento de los canarios, se afirma que el pico y el color del pico en polluelos altriciales es un determinante en el cuidado de los padres, ya que según Kilner et al.,<sup>112</sup> afirman que los padres tienden a alimentar con más frecuencia a los pollitos con el pico más rojo, cuya cualidad es evidente en polluelos procedentes de madres que reciben en la dieta carotenos, esto finalmente influye en una en el crecimiento y desarrollo de los polluelos debido a un aumento de la atención materna.

Igualmente, Cucco *et al.*, mencionan que

Evaluaron el efecto del beta caroteno sobre la salud y la respuesta inmune de 64 pares reproductores de perdiz gris (*Perdix perdix L.*) y sobre la calidad de sus huevos mediante la medición de componentes bioquímicos en yema y albúmina, la tasa de eclosión de huevos y la supervivencia del pollo. Se encontró un efecto beneficioso del beta caroteno en la tasa de eritrosedimentación y la respuesta inmune de las hembras, mientras que la dieta no afectó significativamente a estas variables en los machos. En ambos sexos, el nivel plasmático de carotenoides no estaba relacionado con la cantidad de beta-caroteno suministrado. Se demostró que una mayor cantidad de beta caroteno en la dieta no conlleva una variación de los nutrientes del huevo (proteínas y lípidos), ni a un aumento de la concentración de beta caroteno en la yema. Se detectó una mayor concentración de lisozima en la albúmina de los huevos puestos por las hembras que recibieron beta carotenos, así como mayores tasas de eclosión. Se concluyó que aunque la suplementación con carotenoides no influye en los niveles de carotenoides en la sangre y la yema, resulta en mejores condiciones inmunológicas de las hembras, lo que eventualmente se traduce en una mayor actividad antibacteriana de los huevos<sup>113</sup>.

Estudios de aves en el medio silvestre han sugerido que los antioxidantes como los carotenos son un factor limitante para las hembras ponedoras, ya que la suplementación con antioxidantes aumenta su transferencia a los huevos, lo que tiene consecuencias beneficiosas para los rasgos específicos de la descendencia principalmente coloración de las crías, plumaje de adultos (especialmente en machos), patas y picos (Karadas<sup>114</sup>).

---

<sup>112</sup>. SAINO, Nicola, *et al.* Mejor rojo que muerto: la coloración de la boca a base de carotenoides revela infección en pichones de golondrina común. [En línea]. *Actas de la Royal Society de Londres. Serie B: Ciencias Biológicas*, 2000, vol. 267, n.º 1438, pág. 57-61. [Consultado: 17 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690492/pdf/10670953.pdf>

<sup>113</sup>. CUCO, Marco, *et al.* Efectos del  $\beta$ -caroteno sobre el estado inmunológico adulto y la actividad antibacteriana en huevos de perdiz pardilla, *Perdix perdix*. *Bioquímica y fisiología comparativas, parte A: fisiología molecular e integradora*, [En Línea]. 2007, vol. 147, n.º 4, pág. 1038-1046. [Consultado: 23 de enero de 2021]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643307009415>.

<sup>114</sup>. KARADAS, F., et al. Los efectos de diferentes tipos de antioxidantes (Se, vitamina E y carotenoides) en las dietas de pollos de engorde sobre el rendimiento del crecimiento, la pigmentación de la piel y las concentraciones de antioxidantes en el hígado y el plasma.[En Línea]. *Revista Brasileña de Ciencias Avícolas*, 2016, vol. 18, pág. 101-116.[Consultado: 26 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/18069061-2015-0155>

Al respecto Zhang et al., Mencionan que

estudiaron la influencia de la cantaxantina en la reproducción de pollos de engorde, calidad del pollito y rendimiento del mismo, para ello las gallinas reproductoras fueron alimentadas con una dieta suplementada con 6 mg de cantaxantina / kg durante 24 semanas. Al final del experimento de crianza de 24 semanas, se recogieron e incubaron los huevos y los pollitos fueron criados en condiciones ambientalmente controladas durante 21 días. Los resultados obtenidos fueron: aumento de la capacidad antioxidante total en suero (TAC) de las gallinas reproductoras ( $P = 0,029$ ), un aumento significativo en la puntuación colorimétrica de la yema según escala de Roche (RYCF,  $P < 0,001$ ), y una mejora significativa del estado antioxidante de la yema de huevo ( $P < 0,05$ ). Los pollitos que nacieron de los huevos colocados por las gallinas reproductoras alimentadas con la dieta suplementada con cantaxantina demostraron una mayor puntuación colorimétrica de pigmentación en tarsos ( $P < 0,05$ ), y la capacidad antioxidante de los polluelos recién nacidos aumentó significativamente ( $P < 0,05$ ). Además los pollitos mostraron una menor mortalidad (0 frente al 4%) durante los primeros 21 días de vida<sup>115</sup>.

Respecto al contenido de carotenos en brassicáceas, Reif, C., evaluaron el contenido de luteína y beta caroteno en 3 especies de Brassica de hoja verde (*Brassica rapa ssp. Chinensis*, *Brassica rapa ssp. Nipposinica* y *Brassica juncea*) bajo diferentes condiciones de cultivo. En general, las concentraciones de luteína oscilaron entre 3,8 y 10,5 mg / 100 g y de beta caroteno de 2,1 a 6,8 mg / 100 g, siendo ligeramente mayor el contenido de carotenoides en *Brassica rapa ssp. Chinensis*. En cuanto efectos provocados por la época de cultivo se encontró que el crecimiento fue menos pronunciado, pero los contenidos de beta caroteno ligeramente superiores en época de verano. Igualmente se encontró una relación entre la proporción que existe entre la hoja y el tallo y el contenido de carotenos, siendo mayor el contenido de carotenos cuando el tallo es menor<sup>116</sup>.

Por otra parte, Arévalo evaluó las características organolépticas de la carne de pavo americano Big 6 con dieta alimenticia de alimento balanceado + nabo (*Brassica rapa*) encontrando que la dieta incide en la calidad organoléptica del producto ya que produce una carne de mejor calidad en cuanto a sabor, olor y jugosidad; en lo que respecta al color podría afirmarse que está directamente influenciado por el contenido de carotenos presentes en el nabo que conllevaron a los panelistas a concluir que la carne de pavo que recibió suplemento y nabo presentaba un color más intenso al de los pavos que no recibieron suplementación con nabo<sup>117</sup>.

---

<sup>115</sup>. ZHANG, Will., et al. Influencia de la cantaxantina en la reproducción de pollos de engorde, la calidad y el rendimiento de los pollitos. [En Línea] *Ciencia avícola*, 2011, vol. 90, nº 7, pág. 1516-1522. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21673167>

<sup>116</sup>. REIF, Constanza, et al. Contenido de luteína y  $\beta$ -caroteno de especies de Brassica de hojas verdes cultivadas en diferentes condiciones. [En Línea] *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, 2013, vol. 53, nº 1, pág. 378-381. . [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813000820>

<sup>117</sup>. AREVALO, Miguel. Op. cit., p. 39

Sozoranga<sup>118</sup> evaluó la calidad del huevo de mesa almacenado a diferentes temperaturas en gallinas ponedoras suplementadas con tres tipos de vegetales (nabo, col y lechuga), en sus resultados reporta y recomienda el uso de nabo para la pigmentación de la yema de huevos ya que se encontró un valor estimado de 11,49 según la escala de Roche, siendo mayor al de los huevos de gallinas que se alimentaron con col y lechuga.

**4.10.2 Enriquecimiento de huevos con carotenos.** En cuanto al enriquecimiento del huevo las investigaciones se han enfocado principalmente en la inclusión de selenio, ácidos grasos omega 3, 6, vitamina E, carotenos naturales provenientes de flor de marigold, maíz, achiote, paprika, alfalfa, hembras de cochinilla, yuca, ahuyama, leucanena, matarraton, zanahoria, botón de oro, algunas especies de hongos y algas y el uso de carotenos sintéticos como la cantaxantina que permite obtener tonalidades de yema bastante intensas por contener pigmentantes de color rojo, pero sin influencia alguna sobre la salud humana, es más se considera que dosis superiores a 8 ppm pueden resultar dañinas para la vista. Igual sucede con la adición de éster etílico del ácido beta apo 8 carotenoico o más conocido como carophill amarillo.

De acuerdo con Cisneros:

El uso de carotenoides para modificar parámetros en aves se inició con una especie no doméstica. A mediados del siglo XX, los flamencos eran aves que se reproducían con poca efectividad en cautiverio y que, además no conservaban el color rosa característico de sus congéneres salvajes. Los biólogos del Zoológico de Basilea en conjunto con los científicos de Hoffmann-La Roche descubrieron que la dieta de los animales en cautiverio carecía de los carotenoides necesarios para la reproducción, por lo que se dieron a la tarea de suplementar cantaxantina a los ejemplares. Gracias a ello, se convirtieron en la primera estación de flamencos del mundo que logró multiplicarse en cautiverio y conservar el colorido que caracteriza a sus congéneres salvajes.

En el otro lado del Atlántico, la incipiente avicultura mexicana se enfrentaba a un problema de rechazo del público consumidor. Al inicio de la industrialización de la avicultura, el cambio de maíz amarillo a sorgo provocaba que los huevos y pollos perdieran la pigmentación que los caracterizaba y que el público consumidor rechazara los pollos de granja y las yemas de huevo de tonalidad inferior. Un grupo de científicos mexicanos encabezados por el Dr. Sergio Brambila del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP, hoy INIFAP) se dio a la tarea de resolver el problema. El uso de alfalfa era una posibilidad, pero resultaba cara y poco práctica. Posteriormente el Dr. Brambila y la química Carmen Mendoza descubrieron que la flor de cempasúchil *omarigold*, una fuente rica en luteína y zeaxantina, que funcionaba como una alternativa barata y disponible para

---

<sup>118</sup>. SOZORANGA, Nixon. Evaluación de la calidad del huevo de mesa almacenado a diferentes temperaturas en gallinas ponedoras suplementadas con tres tipos de vegetales [En Línea]. (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Nacional de Loja, área agropecuaria y de recursos naturales renovables, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2016. 100 p. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14415/1/Nixon%20Guillermo%20Sozoranga%20Ortiz.pdf>

pigmentar pollo y yema de huevo; sin embargo, en los últimos años se ha convertido en la principal fuente de luteína para la alimentación animal y humana<sup>119</sup>.

Ante esta situación, Alzate *et al.*, proponen

El aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas a un menor costo, además de convertirse en una producción de aditivos bajo el concepto de negocios limpios. Consideran que los residuos orgánicos más allá de considerarse como desechos de las plazas de mercado también son una fuente importante de compuestos que pueden ser utilizados por sus propiedades a nivel tecnológico y nutricional. Estas sustancias pueden ser usadas para producir alimentos funcionales, adicionándolas a alimentos de consumo masivo como el huevo para beneficiar a una gran cantidad de personas con la ingesta de dichas sustancias. En el caso del huevo, para lograr incorporarle dichas sustancias sería necesaria la intervención desde la nutrición del ave de postura, debido a que la presencia de sustancias bioactivas como los carotenoides en el huevo dependen de la dieta suministrada al animal, por lo cual actualmente se emplean colorantes de origen sintético en su alimentación. Por consiguiente, el uso de los residuos vegetales con alto contenido de carotenoides provenientes de las industrias agroalimentarias y las centrales de abasto son una fuente promisoría para elaborar premezclas para la alimentación de gallinas ponedoras, con el fin de sustituir los pigmentos de origen sintético para obtener huevos de mejor color y de alto contenido de sustancias funcionales, que contribuyan a una alimentación saludable, e incluso a la prevención de enfermedades crónicas<sup>120</sup>.

Bajo este contexto, Schweiggert y Carle mencionan que

las últimas investigaciones han identificado carotenos en un número raro de alimentos vegetales, tales como mandarina y fruta de palma de durazno (*Bactris gasipaes Kunth*). Además, se asumieron formas líquidas-cristalinas en los llamados cromoplastos tubulares de numerosas frutas como papaya, mango y pimiento. Menciona también que la biodisponibilidad de los carotenoides de los alimentos frescos y procesados depende fuertemente de su forma genuina de deposición, ya que su absorción efectiva al organismo humano requiere su liberación de la matriz alimenticia y posterior solubilización en micelas mixtas en el intestino delgado<sup>121</sup>.

---

<sup>119</sup>. CISNEROS, Fernando. Desarrollo de la pigmentación de huevos y pollo de engorda. [En Línea]. DSM in Animal Nutrition & Health. 2013. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://www.dsm.com/markets/anh/en\\_US/Events/world\\_egg\\_day\\_lang\\_es/Pigmenting\\_eggs\\_and\\_broiler\\_chickens\\_lang-es.html](https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Events/world_egg_day_lang_es/Pigmenting_eggs_and_broiler_chickens_lang-es.html)

<sup>120</sup>. ALZATE, L.; JIMÉNEZ, C. y LONDOÑO. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. [En Línea]. Producción + Limpia, enero - junio de 2011. Vol.6, No.1, pág. 108 -127 [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a10.pdf>

<sup>121</sup>. SCHWEIGGERT, RM; CARLE, R. Carotenoid deposition in plant and animal foods and its impact on bioavailability. [En Línea]. 2017 Jun 13; 57 (9), pág. 1807-1830. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26115350>

De acuerdo con Carné *et al.*,

la presencia de carotenoides en el huevo está originalmente destinada a la nutrición y protección antioxidante del embrión, por lo que ejerce efectos beneficiosos sobre el animal que van más allá de su capacidad de pigmentación, de ahí el valor funcional que puede ofrecer este producto a los seres humanos, además de la proteína de alta digestibilidad que ya posee el huevo. Entre los carotenoides, la luteína y su isómero zeaxantina son los mayoritarios en la dieta natural de la gallina. De hecho, estos dos carotenoides son mayoritarios en el huevo que, con niveles en función de la dieta entre 0,1 a 0,8 µg/huevo, representan más del 85% de carotenoides totales. La luteína y la zeaxantina están ampliamente estudiadas por sus propiedades protectoras contra la degeneración macular asociada con la edad y contra las cataratas, que es la principal causa de cegueras en países desarrollados. La suplementación de la dieta con luteína-zeaxantina aumenta la densidad óptica del pigmento de la mácula y mejora el funcionamiento de los conos de la retina. La capacidad protectora de la luteína y zeaxantina está ligada a sus propiedades como potente antioxidante natural. La luteína y zeaxantina procedentes del huevo han demostrado ser las de mayor valor biológico, es decir, de mayor biodisponibilidad y presencia en los tejidos tras su absorción, frente a otras fuentes vegetales, de hecho, se ha indicado que 1 mg de luteína de huevo tiene la biodisponibilidad de 5 mg procedentes de suplementos dietéticos<sup>122</sup>.

Con este propósito Vassilia *et al.*, evaluaron el contenido de carotenoides en la yema de los huevos convencionales de cinco especies aviares (avestruz, pavo, codorniz, pato y ganso) encontrando que todas las yemas examinadas contenían nutrientes funcionales altamente biodisponibles, como la luteína y la zeaxantina. La comparación entre los carotenoides de la yema en los diferentes huevos mostró que la luteína era significativamente mayor en yemas de huevos de pato (98,79 µg/g), pavo (82,25 µg/g) y avestruz (47,86 µg/g); mientras que la zeaxantina fue mayor en yemas de huevos de ganso (62,19 µg/g) y codornices (46,88 µg/g). Neoluteína estaba presente sólo en la yema de huevo de pato (14,96 µg/g), mientras que beta caroteno se identificó en yemas de huevos de gansos (2,72 µg/g) y pavos (0,06 µg/g)<sup>123</sup>.

Para codornices, Karadas *et al.*,

investigaron los efectos de la suplementación de carotenos en reproductoras de codorniz empleando tres fuentes naturales: alfalfa, licopeno del tomate y caléndula, sobre el contenido de ésteres de retinilo de la yema de huevo y el desarrollo de hígado de esta especie aviar, encontrando que al incrementar la concentración de

---

<sup>122</sup> CARNÉ, SERGI y ZARAGOZA, ANNA. Nutrientes en la dieta de ponedoras para modificar el perfil nutricional del huevo. [En Línea]. Departamento Técnico, Industrial. Técnico Pecuaria, S.A (ITPSA). [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/01/nutrientes-en-la-dieta-de-ponedoras-para-modificar-el-perfil-nutricional-del-huevo>

<sup>123</sup>. SINANOGLU, Vassilia; STRATI, Irini y MINIADIS-MEIMAROGLOU, Sofía. Contenido de lípidos, ácidos grasos y carotenoides en yemas de huevo comestibles de especies aviares: un estudio comparativo. *Química de los alimentos*, 2011, vol. 124, nº 3, pág. 971-977. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610008770>

carotenoides se puede mejorar significativamente la concentración en la yema de huevo y el hígado de la codorniz en forma de retinol, ésteres de retinilo y vitamina A importantes para la salud ocular de los seres humanos, por ello se recomiendan el licopeno y la luteína de la caléndula, así como la mezcla de ambos para incrementar la acumulación de vitamina A en la yema de huevo de codorniz<sup>124</sup>.

**4.10.3 Extracción de carotenoides.** En cuanto a las metodologías para extracción de carotenoides, se ha evaluado varias investigaciones con el fin de identificar y cuantificar carotenos en varias especies vegetales, pero usando únicamente la metodología tradicional con reactivos químicos mediante cuantificación HPCL no aptos para el consumo animal y las metodologías aplicadas para la extracción solo se aplican a carotenos de interés comercial obtenidos de flor de marigold, achiote, paprika y hembras de cochinilla que mantienen ciertas reservas de información.

Es un proceso mediante el cual se aísla una sustancia o grupos de sustancias basándose en la diferencia de solubilidad de los mismos en un determinado solvente. Las razones más frecuentes por las que se usa una extracción son aislar, concentrar o separar un analito de una especie que interfería en su análisis. La sustancia a separar puede tratarse tanto de un sólido como de un líquido. Por lo tanto, la extracción puede clasificarse dependiendo del estado físico en sólido-líquido o líquido - líquido<sup>125</sup>.

Originalmente las técnicas de separación de carotenoides se llevaban a cabo usando la cromatografía de columna abierta a presión atmosférica, con la desventaja de que este método requiere una gran cantidad de muestra. Sin embargo, otros investigadores han indicado que esta técnica a pesar de esta desventaja, asegura una buena separación cuando se trata de muestras de alimentos con una composición de carotenoides complejos.

De acuerdo con Wang et al.,<sup>126</sup> el análisis general de carotenoides consiste en (1) preparación de la muestra, (2) extracción, (3) partición con un solvente compatible, (4) saponificación y lavado, (5) concentración o evaporación del solvente, (6) separación cromatográfica, (7) identificación y (8) cuantificación. Debido a la variabilidad natural de las matrices alimentaria y a la variación en la composición cuantitativa y cualitativa de los carotenoides de los alimentos, no se debe usar un solo método para su análisis.

---

<sup>124</sup>. KARADAS, Filiz, *et al.* Efectos de la suplementación dietética materna con tres fuentes de carotenoides sobre los ésteres de retinilo de la yema de huevo y el hígado de codorniz en desarrollo. *Bioquímica y fisiología comparativas, parte A: fisiología molecular e integradora*, 2005, vol. 140, n° 4, pág. 430-435. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643305000528>

<sup>125</sup>. Gary, D. (1988). *Extracción con solventes para química analítica* 2ª edición. México: Universidad de Washington editorial al limusa.

<sup>126</sup>. WANG, Ling, *et al.* Optimización de las condiciones de extracción por solventes para carotenoides totales en colza utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Ciencias Naturales*, 2009, vol. 1, n° 01, pág. 23 [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scirp.org/html/500.html?pagespeed=noscript>

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se desarrolló en la Granja Experimental Botana y en los Laboratorios de la Universidad de Nariño.

De acuerdo con Insuasty, Martínez y Jurado<sup>127</sup> La Granja Experimental Botana se encuentra ubicada aproximadamente a 9 km del municipio de Pasto (Nariño), en el corregimiento de Catambuco, vereda Botana. Está localizada al oriente del meridiano de Greenwich a 77° 18' 58'' longitud oeste y 1° 10' 11,4'' latitud norte, a una altura de 2820 msnm, con temperatura promedio de 12 °C, precipitación media anual de 800 a 1000 mm y humedad relativa de 70 a 80 %.

Las pruebas de laboratorio se desarrollaron en los Laboratorios Especializados de cromatografía y laboratorio del grupo de investigación BIOTA de la Universidad de Nariño, sede Torobajo, ubicada en la calle 18 con carrera 50 de la ciudad de San Juan de Pasto, situada a 1°, 13' y 16" de latitud Norte y 77°, 17' y 2" de longitud al oeste de Greenwich, con una altitud de 2527 msnm, temperatura media de 14 °C, humedad relativa de 79 % y precipitación media anual de 700 mm<sup>128</sup>.

### 5.2 MATERIAL BIOLÓGICO

**5.2.1 Plantas de nabo (*Brassica rapa* L.).** Las plantas de nabo amarillo requeridas para la investigación se obtuvieron en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño de un lote al cual se le realizó la limpieza, preparación del terreno, y la posterior siembra de semilla al boleó; cuando las plantas alcanzaron una edad de 10 – 16 semanas se hizo la recolección de hojas y flores, y entre las 16 – 24 semanas se inició con la recolección de semillas ya que es el tiempo donde la planta alcanza su madurez.

**Figura 6. Hojas, Flores y semillas de nabo amarillo (*Brassica rapa* L.).**



<sup>127</sup> INSUASTY, E.; MARTÍNEZ, J. y JURADO, H. Evaluación del proceso productivo apícola, basado en la caracterización etológica de la abeja. En: Veterinaria y Zootecnia, 2015, Vol. 9, Nº 1, p. 1-15.

<sup>128</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Boletín del tiempo. 2015. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

### 5.3 ANIMALES, INSTALACIONES Y ALIMENTACIÓN

En el desarrollo del trabajo se emplearon 120 codornices hembras de la línea *Coturnix coturnix japónica*, provenientes del Valle del Cauca y adquiridas por intermedio de una casa comercial de la Ciudad de Pasto, con una edad de 35 días. Las aves se mantuvieron en las instalaciones de la Granja Experimental Botana, en un galpón, brindando todas las condiciones para su adecuado desarrollo, manteniendo una temperatura y luz optima, acompañado de una alimentación propicia para estas etapas (prepostura y postura).

Para el manejo y producción de las codornices se dispuso de un área de 12 m<sup>2</sup>, la cual brinda unos espacios adecuados para realizar el manejo y limpieza de las jaulas, además cuenta con las instalaciones eléctricas necesarias permitiendo una correcta ubicación en las bombillas, además cuenta con la ventilación suficiente para una adecuada circulación de aire. El módulo consto de 6 jaulas, cada una de ellas dividida en dos, para un total de 12 compartimentos y con capacidad para alojar 10 codornices en cada uno. Las medidas de los compartimentos son 50 cm de largo, 60 cm de profundidad, 17 cm de alto en la parte frontal, 15 cm en la parte posterior y un desnivel del 15 % para la caída de los huevos. En cada jaula se dispuso de comederos y bebederos lineales elaborados en acero inoxidable para evitar la contaminación del alimento.

Para la alimentación de las codornices se empleó un alimento balanceado comercial con contenido de “proteína del 23%, grasa 3%, fibra 6%, cenizas 15%, humedad 13%, calcio 2,5% y fosforo 0,80%”<sup>129</sup> y a este se le agregó 20 mg de carotenoides por cada Kg de alimento balanceado. La adición de los carotenoides se realizó por medio de aspersión, la cual estaba disuelta en aceite (aceite de oliva) facilitando la incorporación y evitando perdidas en el proceso; se realizó con cada una de las partes de nabo amarillo según el tratamiento (flores, hojas y semillas), y se almacenaban en bolsas plásticas negras bien selladas para evitar su contaminación. De esta mezcla cada codorniz recibió 27 g de alimento al día dividido en 3 raciones (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m.) con disposición de agua a voluntad.

**Figura 7. Animales, instalaciones y alimentación**



<sup>129</sup> Solla Nutricion Animal, Codornices Solla. Registro ICA 1254 AL. 2022. Disponible en: <https://www.solla.com/product/codornices-postura/>

## 5.4 POBLACIÓN OBJETO Y MUESTRA

Se emplearon 120 codornices con una edad de 130 días con un porcentaje de postura del 81,9 %. Las aves fueron sometidas a un periodo de adaptación desde el día 35 de vida, acostumbrándose al medio, al manejo y alimentación, además, después de alcanzar el pico de postura tuvieron 15 días de acostumbramiento del alimento con carotenoides y posteriormente 3 semanas más para recolección de datos.

La investigación contó con tres tratamientos más un testigo, cada uno con el nivel de inclusión de carotenoides (20 mg por kg de concentrado) proveniente de las diferentes partes de la planta de nabo amarillo, descritos de la siguiente forma:

T0 = Sin adición de carotenoides

T1 = Carotenoides provenientes de hojas de nabo

T2 = Carotenoides provenientes de flores de nabo

T3 = Carotenoides provenientes de semillas de nabo

Se recolectaron huevos al azar por 3 semanas, tomando 12 huevos semanales por cada tratamiento, para un total de 144 huevos en toda la investigación, con el fin de determinar parámetros productivos como peso de los huevos, grosor de la cascara y coloración de la yema. Así mismo cada día se llevó registro del alimento consumido y rechazado, postura diaria, huevos rotos, fáfarras y aves muertas en cada tratamiento y su repetición.

## 5.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS

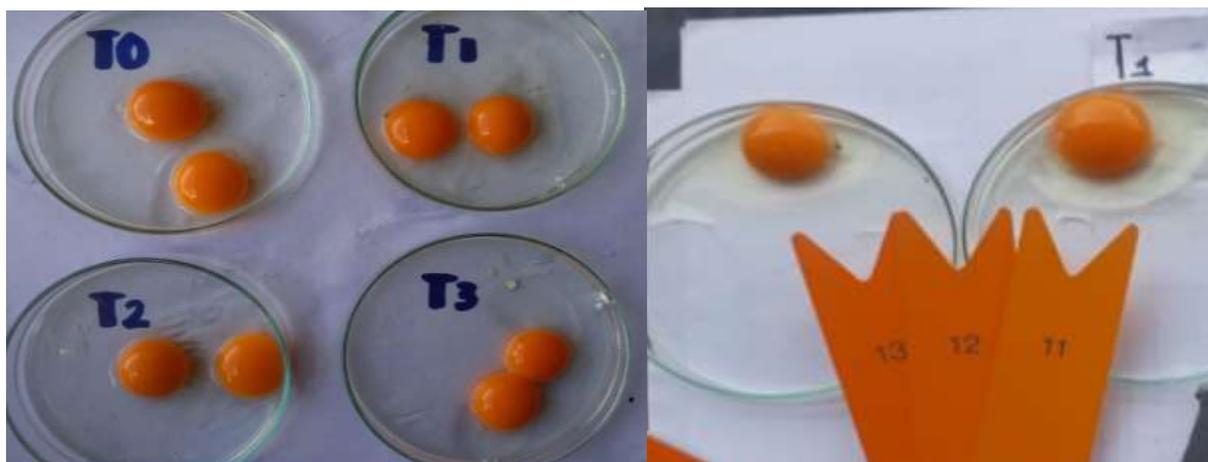
ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana indican en su trabajo de grado el método utilizado para la obtención de carotenoides implementados en esta investigación, descrito a continuación: "El procedimiento se realizó a 3 g de material vegetal (hojas, flores y semillas) se agregó 12 ml de etanol grado HPLC, la muestra se depositó en beakers cubiertos con papel aluminio y se dejó en reposo por periodos de 2 horas, se filtró para separar el sólido del solvente repitiendo este procedimiento hasta observar pérdida de color. Para cada extracción se realizó la identificación y verificación de presencia de pigmentos en cada una de las muestras mediante cromatografía de capa fina (CCF); una vez realizadas el total de extracciones el extracto se rotaevaporó hasta sequedad para su posterior cuantificación".<sup>130</sup>

---

<sup>130</sup> ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana. Determinación del contenido de carotenoides de hojas, flores y semillas de nabo amarillo (*Brassica rapa* L.) para su evaluación como pigmentante natural de yemas de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Trabajo de grado. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de ingeniería agroindustrial. Nariño. 2020. Pag 149

**5.5.1 Metodología para medición de coloración en yema de huevo.** La medición de color se realizó mediante el uso de la escala de color DSM o abanico de Roche se tomaron de manera aleatoria 12 huevos por cada tratamiento semanalmente. Se dispuso las yemas sobre cajas Petri, en un lugar con buena iluminación, además se los ubicaba en un fondo blanco para favorecer la comparación entre yema y cada una de las pestañas del abanico, seguidamente se comparó visualmente hasta determinar el color que más se asemeje, de esta manera se reportó el valor correspondiente en la escala (1 - 16) para cada una de las replicas.

**Figura 8. Medición de color para yemas de huevo de codorniz**



## **5.6 VARIABLES A EVALUAR**

**5.6.1 Consumo de alimento.** Esta variable se midió estableciendo la diferencia entre alimento ofrecido y alimento rechazado.

**5.6.2 Conversión alimenticia.** Se obtuvo aplicando la relación entre la cantidad de alimento consumido en gramos sobre el peso de los huevos producidos en gramos.

**5.6.3 Porcentaje de postura.** Correspondió al número de huevos puestos por día sobre el número actual de aves, multiplicado por 100.

**5.6.4 Porcentaje de mortalidad.** Correspondió al número de aves muertas sobre el número inicial de aves, multiplicado por 100.

**5.6.5 Porcentaje de rotura.** Se obtuvo dividiendo el número de huevos rotos entre el número de huevos producidos, multiplicado por 100.

**5.6.6 Peso del huevo.** Se realizó un pesaje de los huevos individualmente con ayuda de una gramera digital.

**5.6.7 Grosor de la cáscara.** El grosor de la cáscara se midió con un tornillo micrométrico.

**5.6.8 Coloración de la yema.** Se empleó la escala de color DSM o abanico de Roche. Esta escala contiene un rango de 16 colores que van desde amarillo claro hasta el naranja rojizo. La medición se realizó después de disponer los huevos sobre cajas Petri en un lugar con buena iluminación y fondo blanco.

## **5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los tratamientos a evaluar corresponden a:

T0 = Sin adición de carotenoides

T1 = Carotenoides provenientes de hojas de nabo

T2 = Carotenoides provenientes de flores de nabo

T3 = Carotenoides provenientes de semillas de nabo

Las variables productivas fueron evaluadas mediante un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos (incluido el testigo), los cuales constan de 3 repeticiones, y cada una constituida por 10 animales, para un total de 120 aves. Para la coloración y contenido de carotenoides de yema se realizó un muestreo cada semana de 12 huevos por tratamiento bajo el diseño anteriormente propuesto.

Para encontrar diferencias entre tratamientos se realizó la prueba paramétrica de Tukey, con un nivel de confianza del 95%. La información se recolectó y organizó en el programa Microsoft Excel de Windows® y se analizó en el paquete estadístico R (3.14)<sup>131</sup>.

El análisis de las variables número de huevos rotos y fáfara se utilizó una Chi-cuadrado a un nivel de significancia del 95% ( $p < 0,05$ ), mientras que para la mortalidad no se realizó análisis estadístico puesto que sólo hubo una muerte durante la evaluación, lo que no permite hacer una correcta inferencia de los resultados.

---

<sup>131</sup> TEAM, R. C. (2021). R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 EXTRACCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO

**6.1.1 Determinación del número de extracciones.** En la tabla 8 se puede observar los resultados de la extracción de carotenoides, con lo que se concluye que el mayor número de muestras extraídas fue con el etanol. Siendo este método el utilizado para extraer los carotenos necesitados para la investigación.

**Tabla 8. Número de extracciones para cada solvente utilizado en la extracción de carotenoides.**

Tipo de solvente	Hojas	Flores	Semillas	Total de extracciones por solvente
THF	6	7	6	19
Etanol	8	9	6	23
Metanol	6	6	4	16

Fuente. ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana<sup>132</sup>

### 6.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

**6.2.1 Consumo de alimento (g/día).** Los resultados muestran que el consumo difirió entre los tratamientos, presentando una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) con un mayor consumo por parte del tratamiento testigo, seguido por T2 y finalmente T1 y T3 (ver figura 9).

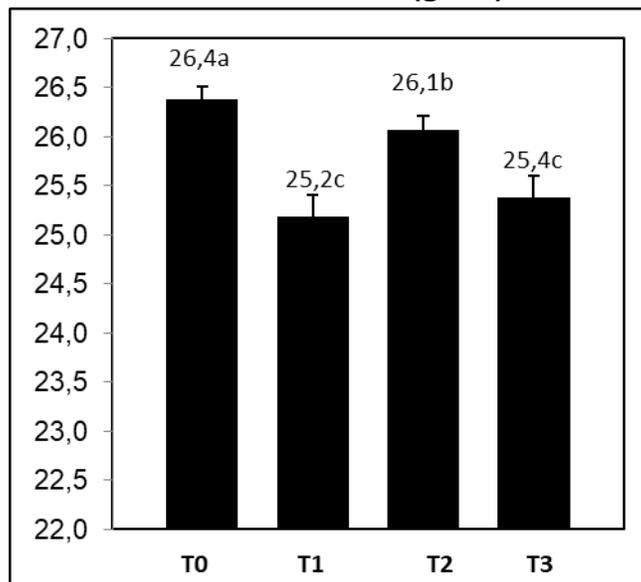
Teniendo en cuenta que se suministró 27 g de alimento balanceado por animal/día en esta investigación es posible señalar que el consumo estuvo dentro del promedio sugerido por Buenaño<sup>133</sup>, quien encontró un promedio día en codornices en fase de postura de 25 g/animal, dato que es corroborado por el MANUAL CODORNICES SOLLA<sup>134</sup>, el cual es de 23 a 25 g/animal.

<sup>132</sup> ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana. Determinación del contenido de carotenoides de hojas, flores y semillas de nabo amarillo (*Brassica rapa* L.) para su evaluación como pigmentante natural de yemas de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Trabajo de grado. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de ingeniería agroindustrial. Nariño. 2020. Pag 149

<sup>133</sup> BUENAÑO BUENAÑO, Juan Pablo. *Producción de huevos de codorniz (Coturnix coturnix japonica) utilizando dietas alimenticias enriquecidas con azolla (Azolla anabaena)*. [En Línea.]. Brasil 2016. Tesis de Licenciatura. [Consultado: 24 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23669>

<sup>134</sup> SOLLA. Manual para el manejo de las codornices. [En Línea]. Colombia. 2011. [Consultado: 23 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/manual-codornices-solla-2018.pdf>

**Figura 9. Promedio del consumo de alimento (g/día).**



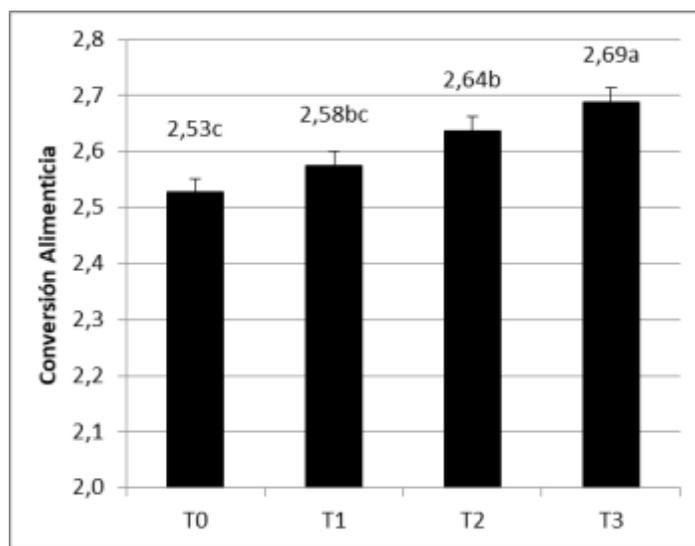
Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo con Castillo-Valenzuela<sup>135</sup>, la adición del pigmento de caroteno afectó esta variable, ya que se observa un consumo menor en los tratamientos con inclusión de extracto. Esto puede responder a un olor o sabor persistente en el pigmento como consecuencia del etanol utilizado en su extracción, factor que disminuye su palatabilidad. Lo anterior indica que la extracción de beta-caroteno del nabo por el método utilizado disminuye su palatabilidad, aunque esta diferencia se encuentra dentro de los rangos reportados para la especie.

**6.2.2 Conversión alimenticia.** La conversión alimenticia presenta diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Se observó valores mayores para el tratamiento T3, seguido por el tratamiento T2 y finalmente los tratamientos T0 y T1 (ver figura 10).

<sup>135</sup> CASTILLO-VALENZUELA, J. Proceso de formación sobre parámetros productivos de codorniz japonesa (*coturnix coturnix japónica*) en etapa de postura orientada a los pequeños productores del municipio de Mitu- Vaupés [Universidad de los Llanos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/287325852.pdf>

**Figura 10. Conversión alimenticia promedio para cada tratamiento.**



Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

A diferencia de lo observado en el consumo de alimento, este parámetro presentó una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre el T3 y T0; T2 y T1 mostrando una mejoría para los tratamientos con inclusión del pigmento, en lo referente a la utilización de flores y semillas como fuentes de carotenoides. Estos resultados muestran un indicativo favorable y permiten recomendar a las flores y las semillas de nabo amarillo como fuentes para la pigmentación del huevo de codorniz, sin que alteren la conversión alimenticia de las aves. Esta variable permite reducir el efecto encontrado en el consumo, y demostrar, que, a pesar de observarse una disminución en este último, la afectación sobre la productividad de las aves se mantiene e incluso se mejoran con la inclusión del carotenoide, y en el caso del tratamiento T1 no presenta una diferencia estadística significativa en relación a T0.

El estudio realizado por Rosario y Nieves<sup>136</sup> mostró conversiones alimenticias de 3,95 a 4,1 en aves suplementadas con vitamina C, mientras que Nuñez *et al.*,<sup>137</sup> determinaron valores de 3,0 a 3,2 que son cercanos a los observados en esta investigación. De igual manera Chimezie *et al.*<sup>138</sup> indican que una adecuada conversión alimenticia para codorniz ponedora debe estar alrededor de 2,5, parámetro que está más cercano a los tratamientos T0 (testigo) y T1 (hoja) de esta investigación. Esto nos permite argumentar

<sup>136</sup> ROSARIO, J. y NIEVES, D. Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. En: Revista Científica, FCV-LUZ, 2015, vol. 15, n° 2, p. 139–144.

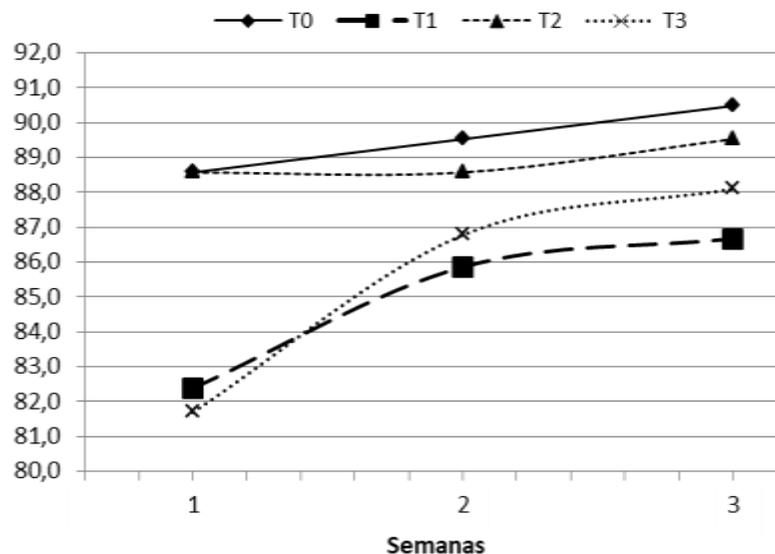
<sup>137</sup> NÚÑEZ-TORRES, O.; DELGADO-ÁLVAREZ, V.; ALMEIDA-SECARÁ, R. y CRUZ QUINTANA, S. Ginger supplementation in quail as a nutritional alternative in egg production and quality. En: Journal of the Selva Andina Animal Science, 2021, vol 8, n° 2, p. 90–101.

<sup>138</sup> CHIMEZIE, V.; FAYEYE, T.; AYORINDE, K. y ADEBUNMI, A. Phenotypic correlations between egg weight and some egg quality traits in three varieties of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). En: Agresearch, 2017, vol. 17, n° 1, p. 44–53.

que se evidencian diferencias significativas entre tratamientos en la variable conversión, pero que los valores están dentro de lo reportado por la especie.

**6.2.3 Porcentaje de postura.** En los resultados se encontró diferencia significativas en las tres semanas de evaluación ( $p>0,05$ ), dado que los tratamientos con inclusión de pigmentante proveniente de las hojas y las semillas fueron menores a los observados en los otros dos, los cuales tuvieron una respuesta similar. El estudio realizado por Nabi *et al.*<sup>139</sup> en codornices demostró que la postura se encuentra cerca del 80% al inicio de la producción. Los resultados observados en la figura 11 están de acuerdo con lo reportado en el estudio, aunque se debe destacar los mejores resultados observados en el tratamiento testigo y el tratamiento con inclusión de flores que mostraron mayor porcentaje de postura en toda la etapa de evaluación.

**Figura 11. Curva de postura.**



Por otra parte, también se observó mejora en el tratamiento con inclusión de pigmento de semilla a través de las semanas cuando se compara con el tratamiento que incluyó carotenoides extraídos de las hojas, este efecto se observa a partir de la segunda semana. En cuanto a la curva de postura, los resultados de Samant *et al.*<sup>140</sup> reportan el pico a las nueve semanas de vida con un 94% de postura, e igual observación se encontró en el estudio de Ayuni<sup>141</sup> con un pico de 96%, siendo el tiempo similar al observado en el pico de postura en esta investigación (Figura 11), aunque la leve diferencia puede justificarse por las condiciones climáticas del sitio de experimentación, especialmente la temperatura, debido a que esta especie es muy susceptible a cambios

<sup>139</sup> NABI, F.; ARAIN, M.; RAJPUT, N.; ALAGAWANY, M.; SOOMRO, J.; UMER, M.; SOOMRO, F.; WANG, Z., YE, R. y LIU, J. Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. En: Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2020, vol. 104, n° 6, p. 1809–1818.

<sup>140</sup> SAMANT, S.; CRANDALL, P.; JARMA ARROYO, S. y SEO, H. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. En: Foods, 2021, vol. 10, n° 11, p. 2599-2610.

<sup>141</sup> AYUNI, Y. y WIRYAWAN, K. The effects of graded levels of fermented duckweed in quail diets on egg production and yolk cholesterol. En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 012112.

bruscos de temperatura, además las codornices reciben menos elementos nutritivos para la formación de los huevos; cuando la temperatura está muy elevada, provoca disminución del tamaño de los huevos, puesto que las aves comen menos debido al calor, en cambio, cuando la temperatura es baja disminuye la postura y los huevos producidos son de mayor tamaño.<sup>142</sup>

La curva de postura está afectada por el tratamiento con pigmento de las hojas (T1), posiblemente se debe a que este tratamiento requirió una mayor cantidad de solvente para extraer el pigmento, lo que muestra un mayor contenido de residuos en la muestra que evidencio la disminución en el consumo y su consiguiente la disminución de la postura.

**6.2.4 Mortalidad.** Durante el periodo de evaluación se tuvo la muerte de un (1) ave en la semana 15, como se observa en la tabla 9. Este valor representa un porcentaje de mortalidad del 0,84, valor bastante bajo, si se compara con otros estudios y los reportados por las casas genéticas comerciales, que lo sitúan en el 3,0%.

**Tabla 9. Porcentaje de mortalidad de codornices (14-17 semanas).**

Semanas	N° aves vivas	N° aves muertas	Mortalidad semanal
14	120	0	0,00
15	119	1	0,84
16	120	0	0,00
17	120	0	0,00
<b>Mortalidad</b>			<b>0,84</b>
<b>Viabilidad</b>			<b>99,16</b>

Según He *et al.*<sup>143</sup>, la mortalidad en postura es de 4%. Por otra parte, Islam<sup>144</sup> menciona una mortalidad de 2,04%, datos superiores a la mortalidad encontrada en este estudio, donde el resultado es menor (0,8403) que los señalados anteriormente. Según Ibrahim

<sup>142</sup> VALLE, Sofia, *et al.* Manual crianza y manejo de codornices. Managua Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de ciencia animal.2015.p. 41. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.una.edu.ni/3323/1/tnl01v181.pdf&ved=2ahUKEwi9-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.una.edu.ni/3323/1/tnl01v181.pdf&ved=2ahUKEwi9-uS8zu78AhXMVTABHYiQDBwQFnoECDsQAQ&usq=AOvVaw1QsclqOINzITmzQnRmSjW1)

[uS8zu78AhXMVTABHYiQDBwQFnoECDsQAQ&usq=AOvVaw1QsclqOINzITmzQnRmSjW1](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.una.edu.ni/3323/1/tnl01v181.pdf&ved=2ahUKEwi9-uS8zu78AhXMVTABHYiQDBwQFnoECDsQAQ&usq=AOvVaw1QsclqOINzITmzQnRmSjW1)

<sup>143</sup> HE, Z.; CHEN, X.; SHI, X.; LI, X.; LI, C.; LI, J.; XU, G.; YANG, N. y ZHENG, J. Acetic acid, vinegar, and citric acid as washing materials for cuticle removal to improve hatching performance of quail eggs. En: Poultry Science, 2020, vol. 99, n° 8, p. 3865–3876.

<sup>144</sup> ISLAM, K.; KHALIL, M.; MÄNNER, K.; RAILA, J.; RAWEL, H.; ZENTEK, J. y SCHWEIGERT, F. Lutein specific relationships among some spectrophotometric and colorimetric parameters of chicken egg yolk. En: The Journal of Poultry Science, 2020, vol. 54, n° 4, p. 271–277.

et al.,<sup>145</sup> el resultado puede asociarse a las buenas condiciones de manejo que se dio a las aves durante el periodo experimental, tales como buena alimentación basada en aportes de nutrientes según los requerimientos de la especie, cantidades aportadas acorde a las necesidades de las codornices y alimentación a tiempo; un manejo eficiente de la producción, control sanitario correcto, buena aceptación y asimilación del carotenoide incluido en la dieta, ya que estos factores son claves en el éxito de la crianza de codornices de postura.

**6.2.5. Número y porcentaje de huevos rotos.** Los resultados se pueden observar en la tabla 10. En cuanto al número de huevos rotos no se observó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) como se observa en la (figura 12). Esta variable fue similar entre los tratamientos, el cual osciló entre los 0,046 y 0,074 %. Al respecto el estudio realizado por Wahyuni y Sudrajat<sup>146</sup> encontró valores de 10,13 a 31,80%, lo que evidencia un menor porcentaje de huevos rotos en esta investigación.

Robayo, Nery y Novoa<sup>147</sup> menciona este factor es importante para los sistemas de producción, dado que aumenta el número de huevos totales comercializables. Sin embargo, los resultados muestran que no hay diferencias sustanciales entre los tratamientos, lo que podría evidenciar un adecuado manejo de las aves y los huevos; por otra parte, se deduce que los carotenoides no producen efectos negativos sobre la calidad de la cascara, de ahí su baja incidencia de rotura.

**Tabla 10. Información sobre el número y porcentaje de huevos rotos.**

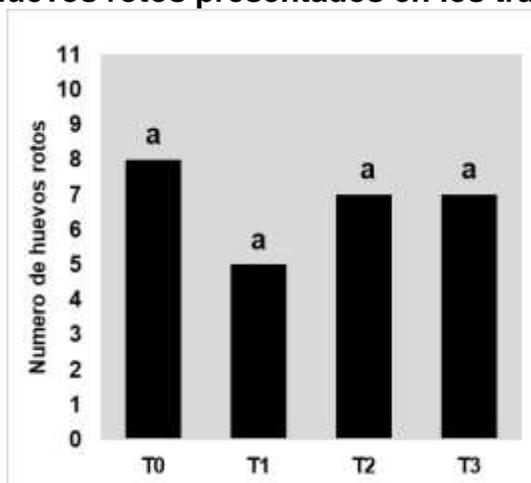
		TRAT				Total
		T0	T1	T2	T3	
ROTOS	No	100	103	101	101	405
	Si	8	5	7	7	27
Total		108	108	108	108	432
<b>Porcentaje</b>		<b>0,074</b>	<b>0,046</b>	<b>0,065</b>	<b>0,065</b>	<b>0,063</b>

<sup>145</sup> IBRAHIM, N.; SABIC, E.; ABU-TALEB, A. y ABDEL-MONEIM, A. Effect of dietary supplementation of full-fat canola seeds on productive performance, blood metabolites and antioxidant status of laying Japanese quails. En: Brazilian Journal of Poultry Science, 2020, vol. 22, nº 1, p. 1175-1198.

<sup>146</sup> WAHYUNI, D. y SUDRAJAT, D. Sensory quality of quail eggs fed with coriander flour (*Coriandrum sativum* linn) in the feed. En: Indonesian Journal of Applied Research, 2021, vol. 2, nº 3, p. 186–191.

<sup>147</sup> ROBAYO, L.; NERY, V. y NOVOA, D. Evaluación de la calidad del huevo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) utilizando algunos alimentos energéticos. En: Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 2017, vol. 5, nº 2, p. 30–43.

Figura 12. Número de huevos rotos presentados en los tratamientos.

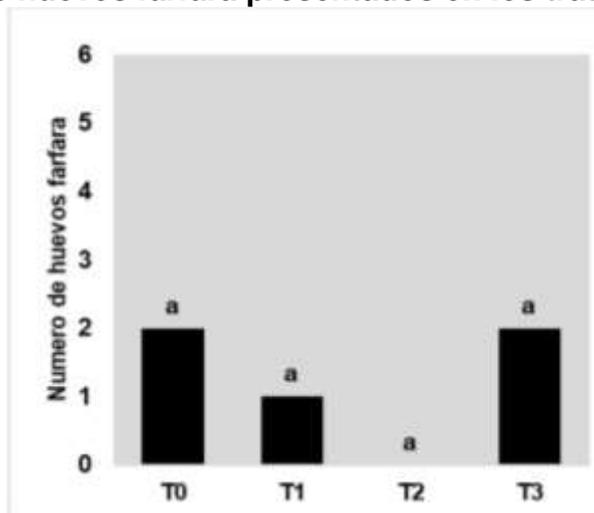


**6.2.6 Número y porcentaje de huevos fárfara.** En la tabla 11 se puede observar los resultados obtenidos para la variable y en la figura 13 se observa que no hay diferencia entre el número de huevos fárfara encontrados en los tratamientos ( $p > 0,05$ ). Se encontró una baja incidencia de este defecto, lo que concuerda con la baja incidencia de huevos rotos observada en el anterior acápite.

Tabla 11. Número y porcentaje de huevos fárfara.

		TRAT				Total
		T0	T1	T2	T3	
FARFARA	No	106	107	108	106	427
	Si	2	1	0	2	5
Total		108	108	108	108	432
Porcentaje		0,019	0,009	0,000	0,019	0,012

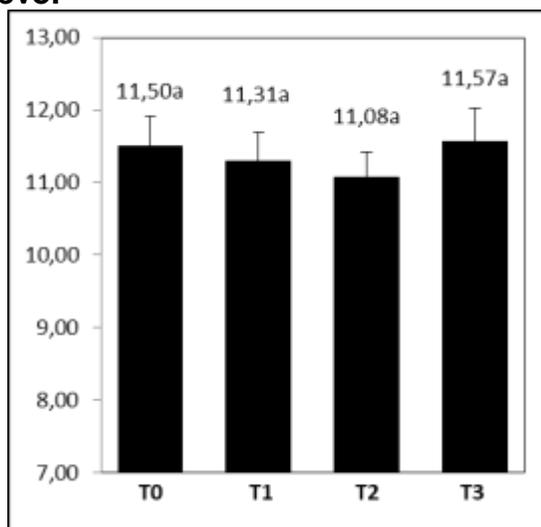
Figura 13. Número de huevos fárfara presentados en los tratamientos.



Este parámetro mide de manera indirecta la calcificación de los huevos de codorniz y su estado nutricional, dado el elevado requerimiento de este mineral para el sostenimiento de la producción (Furtado *et al.*,<sup>148</sup>). Al respecto, los estudios realizados por Batool *et al.*<sup>149</sup> y Herbe *et al.*<sup>150</sup> demuestran que la baja presencia de este tipo de huevos incrementa la productividad del sistema pecuario, siendo un parámetro ideal para determinar el efecto de la suplementación de carotenoides en el huevo, ya que demuestra que no existe interacción de estos compuestos con el calcio o fósforo que desfavorezca su utilización como aditivo en codornices de postura.

**6.2.7 Peso del huevo (g).** Los resultados para la variable muestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Esto evidencia que no se altera este parámetro con la adición de carotenoides (ver figura 14).

**Figura 14. Peso del huevo.**



Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Los estudios realizados por Moreno<sup>151</sup> en tres variedades de aves diferenciadas por el color del plumaje en codorniz indican que éste se encuentra entre 9,82 a 10,53 g, siendo

<sup>148</sup> FURTADO, D.; BRAZ, J.; DO NASCIMENTO, J.; LOPES, J. y OLIVEIRA, D. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. En: Engenharia Agrícola, 2020, vol. 38, nº 4, p. 504–509.

<sup>149</sup> BATOOL, F.; BILAL, R.; HASSAN, F.; NASIR, T.; RAFEEQUE, M.; ELNESR, S. y ALAGAWANY, M. An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. En: Animal Biotechnology, 2021, vol. 6, p. 1–14.

<sup>150</sup> HERVE, T.; RAPHAËL, K.; FERDINAND, N.; VICTOR-HERMAN, N.; WILLY MARVEL, N.; CYRIL D'ALEX, T. y LAURINE VITRICE, F. Effects of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe) essential oil on growth and laying performances, serum metabolites, and egg yolk antioxidant and cholesterol status in laying Japanese quail. En: Journal of Veterinary Medicine, 2017, vol. 2, nº 5, p. 1–8.

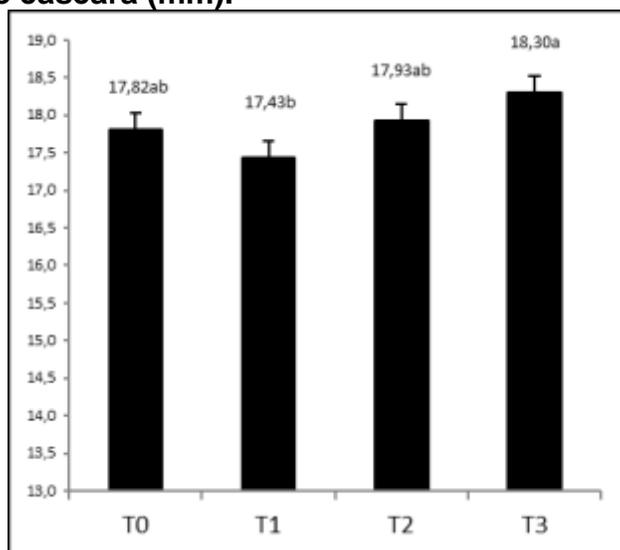
<sup>151</sup> MORENO, J.; DÍAZ-GÓMEZ, J.; FUENTES-FONT, L.; ANGULO, E.; GOSÁLVEZ, L.; SANDMANN, G.; PORTERO-OTINC, T.; CAPELL, T.; ZHU, C.; CHRISTOUEF, P. y NOGAREDA, C. Poultry diets containing

las aves de coloración marrón las que demostraron mayor peso. Estos valores fueron inferiores a los observados en esta investigación.

Por otra parte, Natalucci *et al.*<sup>152</sup> mostraron valores de 10,58 a 11,6 g en las variedades blanca y marrón de codorniz en zona tropical de la india, demostrando con ello, que los pesos observados en la investigación están de acuerdo con los reportes de la literatura científica. Lo que evidencia un bajo efecto de la inclusión de carotenoides en la ración sobre este parámetro.

**6.2.8 Grosor de la cáscara (mm).** Se observó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, los tratamientos T3 y T1, con un mayor grosor para los huevos del primero en comparación con el segundo respectivamente ( $p < 0,05$ ). Siendo similares los resultados de los otros tratamientos T0 y T2 donde no presenta una diferencia estadística significativa (ver figura 15).

**Figura 15. Grosor de cáscara (mm).**



Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Los estudios realizados por Oliviera *et al.*<sup>153</sup> encontraron un grosor de 0,225 mm, mientras que Robayo<sup>154</sup> observaron valores de 0,24 a 0,36 mm. Esto muestra un menor grosor de la cáscara en los tratamientos evaluados, incluyendo el testigo. Al parecer, Bai

---

(keto) carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. En: Animal Feed Science and Technology, 2021, vol. 260, nº 2, p. 114334.

<sup>152</sup> NATALUCCI, C. Análisis (le1 contenido en Carotenoides) de plantas que crecen en la Provincia de Buenos Aires (Argentina). En: Acta Farmaceutica Bonaerense, 1982, vol. 1, nº 1, p. 13–21.

<sup>153</sup> OLIVEIRA, H.; MELLO, H.; LEANDRO, N.; MASCARENHAS, A.; CONCEIÇÃO, E.; ARNHOLD, E.; LAGE, M. y Souza, M. Lipid stability of egg and laying performance of Japanese quail feed with extract of guava (*Psidium guajava* L.). En: Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 2021, vol. 93, nº 4, p. e20191424.

<sup>154</sup> ROBAYO, L.; NERY, V. y NOVOA, D. Evaluación de la calidad del huevo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) utilizando algunos alimentos energéticos. En: Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 2014, vol. 5, nº 2, p. 30–43.

*et al.*<sup>155</sup> el tipo de genética utilizado en la investigación tiene un efecto en el grosor del huevo, pero se descarta un efecto del aditivo por cuanto el testigo muestra también un bajo grosor de cáscara en comparación con los otros estudios.

Por otra parte, el estudio realizado por Banerjee<sup>156</sup> muestra valores de grosor de cáscara más cercanos entre los 0,189 a 0,210 mm, en líneas genéticas colombianas, lo que demuestra que los parámetros encontrados en la investigación tienen un comportamiento de acuerdo a las líneas utilizadas en Colombia. Sin embargo, también se debe recalcar que el grosor es importante para evitar la rotura del huevo y la conservación de la calidad en el tiempo, dado que esta es la primera barrera contra microorganismos deterioradores y patógenos del huevo.

**6.2.9 Pérdida de peso de las aves durante la postura (g).** Se observó pérdida de peso de las aves en todos los tratamientos, donde presento una diferencia estadística significativa en el tratamiento T3 ( $p < 0.05$ ), y en los demás tratamientos T0, T1, T2 no presenta diferencia estadística significativa (ver figura 16). La pérdida de peso afecta la productividad de las aves, en este caso en tratamiento con inclusión de aditivo de semilla fue el más afectado; sin embargo, los resultados observados en los estudios de Chen<sup>157</sup> y Díaz<sup>158</sup> muestran pérdidas de peso de hasta 15% del peso vivo durante la etapa de postura, lo que equivale a 12 g, demostrando que este valor está dentro de lo observado para la especie; sin embargo, se debe tener en cuenta que el tratamiento con adición de semilla tuvo mayor pérdida de peso lo que evidencia un menor consumo de alimento, un mayor esfuerzo para la producción y su menor porcentaje de postura al inicio de la evaluación.

---

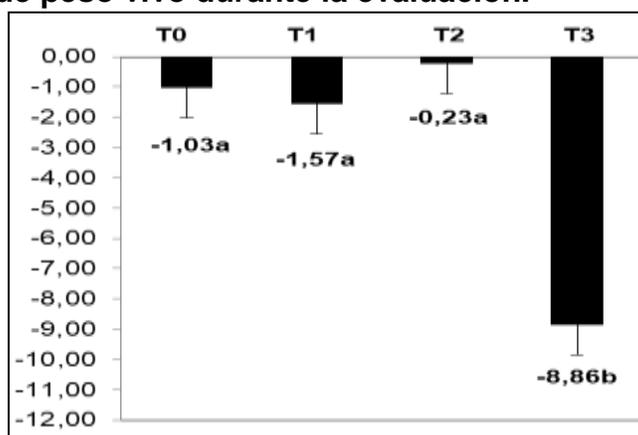
<sup>155</sup> Bai, J., Yang, S., Pang, Y., Wu, X., & Li, G. (2019). Comparative Analysis of Egg Quality and Egg Laying Capacity of Different Quails. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(5), 1663–1666. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.5.1663.1666>

<sup>156</sup> BANERJEE, S. y CHATURVEDI, C. (2018). Neuroendocrine mechanism of food intake and energy regulation in Japanese quail under differential simulated photoperiodic conditions: Involvement of hypothalamic neuropeptides, AMPK, insulin and adiponectin receptors. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 185, 10–23.

<sup>157</sup> CHEN, X., LI, X., GUO, Y., LI, W., SONG, J., XU, G., YANG, N., y ZHENG, J. (2019). Impact of cuticle quality and eggshell thickness on egg antibacterial efficiency. *Poultry Science*, 98(2), 940–948. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pey369>

<sup>158</sup> DÍAZ-GÓMEZ, J., MORENO, J., ANGULO, E., SANDMANN, G., ZHU, C., CAPELL, T., y NOGAREDA, C. (2017). Provitamin A carotenoids from an engineered high-carotenoid maize are bioavailable and zeaxanthin does not compromise  $\beta$ -carotene absorption in poultry. *Transgenic Research*, 26(5), 591–601. <https://doi.org/10.1007/s11248-017-0029-y>

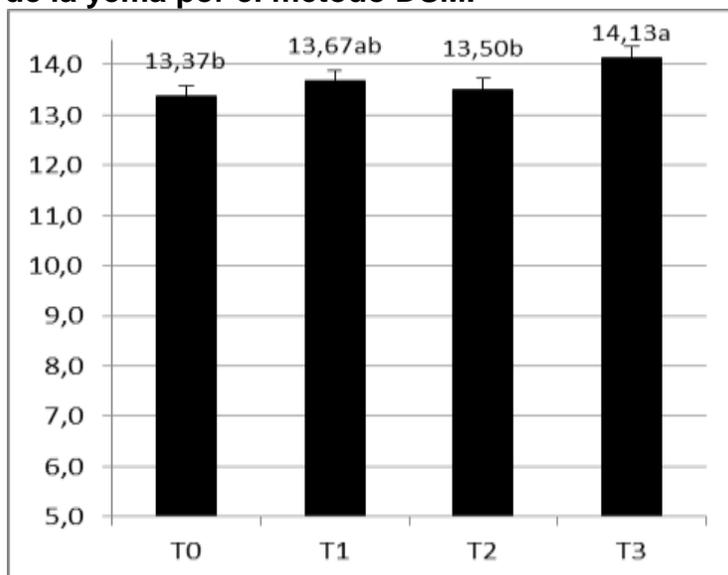
**Figura 16. Pérdida de peso vivo durante la evaluación.**



Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**6.2.10 Color de yema.** Se encontró diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos. Se determinó mayor color para el tratamiento T3 en comparación con el tratamiento testigo (ver figura 17).

**Figura 17. Color de la yema por el método DSM.**



Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo con Furtado *et al.*<sup>159</sup> La coloración fuerte de la yema de huevo es un elemento sensorial importante para el consumidor, dado que lo relaciona con una mejor calidad nutricional y le da valor agregado al productor. De acuerdo con los resultados, este efecto se observó en el tratamiento T3 (semilla), sin observarse una mejoría en los otros tratamientos cuando se comparan con el tratamiento testigo. Al respecto, se puede

<sup>159</sup> FURTADO, D.; BRAZ, J.; DO NASCIMENTO, J.; LOPES, J. y OLIVEIRA, D. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. En: Engenharia Agrícola, 2018, vol. 38, n° 4, p. 504–509.

observar que la incorporación de aditivos no fue suficiente para mejorar la coloración de yema de huevo, pero si puede ser modificada mediante su adición por el efecto observado en el T3.

La puntuación observada en esta investigación es alta para todos los tratamientos, ya que su valor más bajo fue de 13,37 para el testigo. Los estudios realizados por Purwante *et al.*<sup>160</sup> muestran puntuaciones de 9,23 a 11,34 en huevos de codorniz, lo que demuestra los valores altos observados en la investigación. Estos valores pueden ser el resultado indirecto del uso del maíz en la dieta como fuente energética y que está incluida en los alimentos balanceados.

Kogut<sup>161</sup> menciona que el maíz se ha considerado como una fuente excelente de pigmentos para la coloración de la yema de las aves, factor que se evidencia en la coloración de los huevos denominados campesinos. Aunque este cereal no es la única fuente de pigmentante en las aves, si tiene un excelente aporte sobre la coloración de la yema como lo ha demostrado las investigaciones de Langi<sup>162</sup> siendo este un aspecto que pudo afectar los resultados.

Sin embargo, se debe observar que el pigmentante proveniente del nabo es una alternativa para la coloración, dado que incrementó el color de la yema cuando se extrajo de la semilla. Pruebas realizadas por Langi<sup>163</sup> indican que la pigmentación natural de los huevos de codorniz está alrededor de los 12,3, mientras que los resultados Loyaga<sup>164</sup> encontraron una mejora en la coloración del huevo de codorniz con la adición de Moringa como aditivo del alimenticio en varias proporciones mostrando puntajes de 10,45 a 11,97, valores que son menores a los observados en esta investigación.

---

<sup>160</sup> PURWANTI, S. y NAHARIAH, N. Substitution of fish meal with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal to eggs production and physical quality of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. En: *Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 32, nº 3, p. 012014.

<sup>161</sup> KOGUT, M. Impact de los cambios en el microambiente sobre la homeostasis y la salud intestinal de las aves. En: *Plumazos*, 2015, vol. 57, nº 1, p. 4–10.

<sup>162</sup> LANGI, P.; KIOKIAS, S.; VARZAKAS, T. y PROESTOS, C. Carotenoids: From plants to food and feed industries. En: *Microbial Carotenoids*, 2018, vol 185, nº 2, p. 57–71.

<sup>163</sup> *Ibíd.*, p. 11.

<sup>164</sup> LOYAGA-CORTÉZ, B.; MENDOZA ORDOÑEZ, G.; YBAÑEZ-JULCA, R. y ASUNCIÓN-ALVAREZ, D. La suplementación de aceite esencial de orégano en la dieta reduce el estrés oxidativo en la yema de huevo y mejora los parámetros productivos de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). En: *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 2020, vol. 31, nº 3, p. e16637.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Los resultados demostraron que la mejor metodología para la extracción de los carotenoides del nabo forrajero (*Brassica rapa* L.) se realiza mediante el solvente orgánico etanol.

Los parámetros productivos se ven afectados por la inclusión de pigmentante de nabo amarillo en la ración de codornices de postura. De manera especial, se observa una reducción en el consumo de alimento, la ganancia de peso y mayor conversión alimenticia de las aves; fenómeno que se observa de forma más evidente en la inclusión de hojas de nabo amarillo.

Los resultados demostraron que los carotenoides extraídos del nabo amarillo (*Brassica rapa* L.) son una buena fuente de aditivos para mejorar la coloración de la yema de huevo de codorniz. De manera especial, los resultados demuestran que el tratamiento con inclusión con pigmentante proveniente de las semillas muestra un mayor efecto al mejorar la coloración de las yemas de huevo.

Las codornices debido a su rusticidad responden de buena manera a la incorporación de componentes naturales como en este caso carotenoides en la dieta, por eso se vio la necesidad de investigar una alternativa de un costo más bajo y dándole la importancia a una planta considerada arvense en nuestro departamento Nariño.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

Evaluar el porcentaje de inclusión de los carotenos extraídos del nabo forrajero sobre la calidad del huevo de codorniz, para determinar el nivel óptimo de suministro de este aditivo en la ración de codornices para postura.

De acuerdo con lo anterior, se debe evaluar mayores porcentajes de pigmento de nabo en la evaluación del color de yema de huevo de codorniz, que garantice una adecuada incorporación del pigmentante en la grasa del ave y por consiguiente se observe una mejoría del mismo en la calidad del huevo, medida por el color de la yema.

Realizar investigaciones donde se evalué otros métodos de incorporación de los carotenoides a la dieta diferente al aceite, para poder diferenciar un método que nos garantice el mayor aprovechamiento e incorporación a la coloración de la yema.

Finalmente, se recomienda emplear otra técnica de extracción debe rescatar el tipo de extracción del pigmentante, necesitando su reevaluación para mejorar la técnica de extracción.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AGROES. Nabo, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. [En Línea]. España. 2010. [Consultado: 26 de octubre de 2020] *Disponible en:* <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/nabo/424-nabo-descripcion-morfologia-y-ciclo>

AGUDELO, Juan. Huevo de codorniz. Cuba. 08 Septiembre 2012. [En línea] *Disponible en:* [http://www.ecured.cu/index.php/Huevo\\_de\\_codorniz](http://www.ecured.cu/index.php/Huevo_de_codorniz)

ALZATE, L.; JIMÉNEZ, C. y LONDOÑO. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. [En Línea]. Producción + Limpia, Enero - Junio de 2011. Vol.6, No.1, pág. 108 -127 [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. *Disponible en:* <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a10.pdf>

ANTRILLO URRIETA, Ingrid. Utilización de nabo forrajero (*Brassica rapa*) como suplemento de otoño para la engorda de codornices, en la Zona Intermedia de Aysén. [En Línea]. Tesis de pregrado. Chile: Universidad Austral de Chile. Escuela de Agronomía, Programa de Ingeniería agronómica, 2009. 45 p. [Consultado: 23 de diciembre de 2020]. *Disponible en:* <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/faa636u/doc/faa636u.pdf>

APPLEGATE, E. 2000. Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. [En Línea]. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 19, No. 5, 495S–498S. [Consultado: 20 de febrero de 2021]. *Disponible en:* [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/173-huevo\\_como\\_alimento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf)

ARANGO, Jacobo. Análisis de expresión de los genes de la ruta biocinética de carotenos, y cuantificación de carotenos en hojas y raíces de plantas de yuca a diferentes edades. [En Línea]. Trabajo de grado biólogo. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, 2006. p. 86. [Consultado: 2 de agosto de 2020]. *Disponible en:* [https://www.researchgate.net/profile/Paul-Chavarriaga/publication/237494506\\_ANALISIS\\_DE\\_EXPRESION\\_DE\\_LOS\\_GENES\\_DE\\_LA\\_RUTA\\_BIOSINTETICA\\_DE\\_CAROTENOS\\_Y\\_CUANTIFICACION\\_DE\\_CAROTENOS\\_EN\\_HOJAS\\_Y\\_RAICES\\_DE\\_PLANTAS\\_DE\\_YUCA\\_A\\_DIFERENTES\\_EDADES/links/02e7e535e499eab0d7000000/ANALISIS-DE-EXPRESION-DE-LOS-GENES-DE-LA-RUTA-BIOSINTETICA-DE-CAROTENOS-Y-CUANTIFICACION-DE-CAROTENOS-EN-HOJAS-Y-RAICES-DE-PLANTAS-DE-YUCA-A-DIFERENTES-EDADES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paul-Chavarriaga/publication/237494506_ANALISIS_DE_EXPRESION_DE_LOS_GENES_DE_LA_RUTA_BIOSINTETICA_DE_CAROTENOS_Y_CUANTIFICACION_DE_CAROTENOS_EN_HOJAS_Y_RAICES_DE_PLANTAS_DE_YUCA_A_DIFERENTES_EDADES/links/02e7e535e499eab0d7000000/ANALISIS-DE-EXPRESION-DE-LOS-GENES-DE-LA-RUTA-BIOSINTETICA-DE-CAROTENOS-Y-CUANTIFICACION-DE-CAROTENOS-EN-HOJAS-Y-RAICES-DE-PLANTAS-DE-YUCA-A-DIFERENTES-EDADES.pdf)

AREVALO, Manuel. Características organolépticas de la carne de pavo americano big-6 con dieta alimenticia balanceado + nabo (*brassica rapa*) [En Línea]. (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Técnica estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Carrera de Ingeniería Zootécnica, 2015. 64 p. [Consultado: 23 de enero de 2021]. *Disponible en:* <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/96/1/T-UTEQ-0004.pdf>

AYUNI, Y. y WIRYAWAN, K. The effects of graded levels of fermented duckweed in quail diets on egg production and yolk cholesterol. En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 012112

BALLOUN, S. Plant protein meals for livestock feeding. Bull. Amer. Soybean Ass. Hudson, Iowa. [En línea]. 2007. [Consultado: 23 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/2699/2263>

BARBOSA, Edgar y MESA, Francisco. Monografía sobre la cría y explotación de la codorniz domestica (*Coturnix coturnix japonica*). Medellín, Colombia.1991. p.9. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

BASANTE, Sandra y SANTACRUZ, Claudia. Plan de Negocios para la producción de huevos y aprovechamiento de la codorniz en canal al final del ciclo, en el municipio de Tangua-Nariño. 2012. Trabajo de grado Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Programa de Ingeniería Agroindustria.

BENAVIDES MONTERO, Juan y CHAMORRO ARTEAGA, Edwin. Evaluación de diferentes niveles de harina del forraje de nabo (*Brassica campestris*) como suplemento en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) durante las fases de levante y engorde. [En Línea]. Tesis de pregrado. Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, 2013. 53 p. [Consultado: 20 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/view/year/2013.type.html>

BLOUNT, Jonathan D., et al. Los carotenoides y la calidad del huevo en la gaviota de lomo negro menor *Larus fuscus*: un estudio de alimentación suplementaria de los efectos maternos. [En Línea]. *Actas de la Royal Society de Londres. Serie B: Ciencias Biológicas*, 2002, vol.2 69, n. 1486, pág. 29-36. [Consultado: 13 de enero de 2021]. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2001.1840>

BOLAÑOS, Alessandra. Evaluación de oleorresina de achiote como pigmentante natural para la yema de huevo en gallinas de postura. [En Línea]. Colombia, 9 Mayo 2012. [Consultado: 17 de Enero de 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/nataliaespinozabarrientos/evaluacin-de-oleorresina-de-achiote-como-pigmentante-natural-para-la-yema-de-huevo-en-gallinas-de-postura>

BRENE, Andrea. Los carotenoides dietéticos en el organismo animal. En: *Nutrición Animal Tropical*. 2014. vol. 8, nº 1. p. 21-29 [Consultado: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/ANA%20JULIA/Downloads/Brenes,%20A.%20Los%20carotenoides%20diet%C3%A9ticos%20en%20el%20organismo%20animal.pdf>

BUENAÑO BUENAÑO, Juan Pablo. *Producción de huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japónica*) utilizando dietas alimenticias enriquecidas con azolla (*Azolla*)*

*anabaena*). [En Línea.]. Brasil 2016. Tesis de Licenciatura. [Consultado: 24 dediciembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23669>

CARNÉ, Saul. Xantofilas naturales en el huevo: cuando no basta con tener buen color. NutriNews – nutrición animal. Unidad Técnica Industrial Técnica Pecuaria, S.A. ITPSA. España 2015. [Consultado: 10 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://nutricionanimal.info/xantofilas-naturales-en-el-huevo-cuando-no-basta-con-tener-buen-color/>.

CARNÉ, SERGI y ZARAGOZA, ANNA. Nutrientes en la dieta de ponedoras para modificar el perfil nutricional del huevo. [En Línea]. Departamento Técnico, Industrial. Técnico Pecuaria, S.A (ITPSA). [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/01/nutrientes-en-la-dieta-de-ponedoras-para-modificar-el-perfil-nutricional-del-huevo>

CARRANGO, María Elena; CALVO, Maria de la Concepción; PEREZ, Fernando. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. En: Archivos latinoamericanos de nutrición, España, 2011, vol. 61, no 3, p. 233-241. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2011/3/art-1/>

CASTILLO-VALENZUELA, J. Proceso de formación sobre parámetros productivos de codorniz japonesa (*coturnix coturnix* japónica) en etapa de postura orientada a los pequeños productores del municipio de Mitu- Vaupés [Universidad de los Llanos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/287325852.pdf>

CHIMEZIE, V.; FAYEYE, T.; AYORINDE, K. y ADEBUNMI, A. Phenotypic correlations between egg weight and some egg quality traits in three varieties of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). En: Agrosearch, 2017, vol. 17, nº 1, p. 44–53.

CISNEROS, Fernando. Desarrollo de la pigmentación de huevos y pollo de engorda. DSM in Animal Nutrition & Health. [En línea]. España 2013. [Consultado: 10 de Mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.dsm.com/markets/anh/en\\_US/Events/world\\_egg\\_day\\_lang\\_es/Pigmenting\\_eggs\\_and\\_broiler\\_chickens\\_lang-es.html](https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Events/world_egg_day_lang_es/Pigmenting_eggs_and_broiler_chickens_lang-es.html)

CLOSA, Sara; MARCHESICH, Claudia; CABRERA, Mildred y MORALES, Juan. Composición de huevo de gallina y codorniz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Madrid: p.85, 1999. [Consultado 26 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/1999/2/art-14/>

CUCO, Marco, *et al.* Efectos del  $\beta$ -caroteno sobre el estado inmunológico adulto y la actividad antibacteriana en huevos de perdiz pardilla, *Perdix perdix*. *Bioquímica y fisiología comparativas, parte A: fisiología molecular e integradora*, [En Línea]. 2007, vol. 147, nº 4, pág. 1038-1046. [Consultado: 23 de enero de 2021]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643307009415>.

DANIEL. Dieta y nutrición. Información nutricional del huevo de codorniz. [Tabla]. México. 2013. [Consultado: 3 de noviembre de 2013]. Recuperado de: <http://www.dietaynutricion.net/informacion-nutricional-de/huevo-de-codorniz/DE%20ALIMENTOS.pdf>

DELGADO, Ignacio. 1987. El nabo forrajero. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Ingeniero Agrónomo. P. 2-3 Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1984\\_07.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_07.pdf)

DUEÑAS, Luis. Cría de la codorniz. Manuales virtuales del SENA. Caldas – Colombia. En Línea. 2000. [Consultado: 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.geocities.com/sanfdo/codorn.htm>.

ECUARED. Caroteno. [En línea]. [Citado 25 de mayo 2017]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Caroteno>

EL SITIO AVICOLA. Desarrollos tecnológicos en la pigmentación de huevo y pollo. [En Línea]. 24 junio de 2013. [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2398/desarrollos-tecnologicos-en-la-pigmentacion-de-huevo-y-pollo/>

ESPAÑA, Constanza. Evaluación de calidad del huevo de codorniz (*Coturnix, coturnix japonica*), comercializado en el municipio de Pasto, departamento de Nariño [En Línea]. (Tesis de pregrado). Nariño: Universidad de Nariño. Departamento de producción y procesamiento animal. Programa de Zootecnia. 2014. 97 pág. [Consultado: 28 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/2352/>

ESTRADA, María. Los alimentos. Huevos de codorniz. [En línea]. noviembre 2011. [Consultado: 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://alimentos.org.es/huevos-codorniz.>>

FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA. Composición y valor nutricional del huevo. Su importancia como fuente de energía, nutrientes y otros componentes. [Impreso]. El huevo en la mira. FENAVI. 2006. Pontificia Universidad Javeriana. p. 10. [Consultado: 22 de febrero de 2021]. ISBN. 978-958-98012-0-8

FIGUERAS, Palou. Ficha técnica: Nabo. [En Línea]. 2017. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.figueraspalou.com/FICHAVERDURAScast%2048.pdf>

FURTADO, D.; BRAZ, J.; DO NASCIMENTO, J.; LOPES, J. y OLIVEIRA, D. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. En: Engenharia Agrícola, 2020, vol.

NASIR, T.; RAFEEQUE, M.; ELNESR, S. y ALAGAWANY, M. An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. En: Animal Biotechnology, 2021, vol. 6, p. 1–14. 38, nº 4, p. 504–509.

FURTADO, D.; BRAZ, J.; DO NASCIMENTO, J.; LOPES, J. y OLIVEIRA, D. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. En: Engenharia Agrícola, 2018, vol. 38, nº 4, p. 504–509.

GARCÍA FILLERÍA, Susan Fiorella. Evaluación de aislado proteico de amaranto como fuente de péptidos antioxidantes: estudios in vitro e in vivo. 2019. [En línea]. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Ciencias Biológicas, 2019. 301 p. [Consultado el 18 de abril de 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/T.%20Las%20Palmas/Downloads/Tesis%20Garc%20C3%ADa%20Filler%20C3%ADa.pdf-PDFA1b.pdf>

Gary, D. (1988). Extracción con solventes para química analítica 2ª edición. México: Universidad de Washington editorial al limusa.

GIL, Pedro; BARROETA, Ana; GARCES, Carlos. El huevo como alimento funcional y sus componentes. En: Albéitar veterinaria independiente, n. 198, 2016; p. 4-7.

GONZALES, Duván. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal. [En línea] Tesis de pregrado. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Alimentos, p.101. 2013. [Consultado: 28 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento%20de%20residuos%20agroindustriales%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20alimentos%20funcionales.pdf;1>

HE, Z.; CHEN, X.; SHI, X.; LI, X.; LI, C.; LI, J.; XU, G.; YANG, N. y ZHENG, J. Acetic acid, vinegar, and citric acid as washing materials for cuticle removal to improve hatching performance of quail eggs. En: Poultry Science, 2020, vol. 99, nº 8, p. 3865–3876.

HERNANDEZ GOMEZ, Martin. Pigmentación en la industria avícola. En: Los Avicultores y su Entorno [En Línea]. 2011, vol.1, nº. 89 [Consultado: 1 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://bmeditores.mx/pigmentacion-en-la-industria-avicola/>.

HERNÁNDEZ, Roberto. Caracterización fisicoquímica y funcional de la clara deshidratada de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Huajuapán De León, OAX. Enero del 2004, p. 42. Trabajo de grado (Ingeniero en Alimentos). Universidad Tecnológica De La Plata. Facultad de Agronomía, programa de Nutrición Animal.

HERVE, T.; RAPHAËL, K.; FERDINAND, N.; VICTOR-HERMAN, N.; WILLY MARVEL, N.; CYRIL D'ALEX, T. y LAURINE VITRICE, F. Effects of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe) essential oil on growth and laying performances, serum metabolites, and egg yolk antioxidant and cholesterol status in laying Japanese quail. En: Journal of Veterinary Medicine, 2017, vol. 2, nº 5, p. 1–8.

IBRAHIM, N.; SABIC, E.; ABU-TALEB, A. y ABDEL-MONEIM, A. Effect of dietary supplementation of full-fat canola seeds on productive performance, blood metabolites and antioxidant status of laying Japanese quails. En: Brazilian Journal of Poultry Science, 2020, vol. 22, n° 1, p. 1175-1198.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Boletín del tiempo. 2015. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

ISLAM, K.; KHALIL, M.; MÄNNER, K.; RAILA, J.; RAWEL, H.; ZENTEK, J. y SCHWEIGERT, F. Lutein specific relationships among some spectrophotometric and colorimetric parameters of chicken egg yolk. En: The Journal of Poultry Science, 2020, vol. 54, n° 4, p. 271–277.

ISLAM, Mir; GRACIA, Fernando. Los antioxidantes para la salud óptima. En: Revista médico científica, 2013, vol. 26, no 2. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: [http://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/viewFile/371/pdf\\_54](http://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/viewFile/371/pdf_54).  
ITPSA. Carotenoides en reproductoras para la protección antioxidante e inmunomoduladora de los pollitos. [En Línea]. Barcelona. 2011. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible: [http://www.itpsa.com/images/stories/pdfs/Articulo\\_Carotenoides\\_en\\_Reproductoras.pdf](http://www.itpsa.com/images/stories/pdfs/Articulo_Carotenoides_en_Reproductoras.pdf).

JAHANGIR, Mans. KIM, Hans., Choi, YEAN. H., VERPOORTE, R. Health-Affecting Compounds in Brassicaceae. En: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol. 8, N° 2, 2008; p. 31-43.

KARADAS, F., et al. Los efectos de diferentes tipos de antioxidantes (Se, vitamina E y carotenoides) en las dietas de pollos de engorde sobre el rendimiento del crecimiento, la pigmentación de la piel y las concentraciones de antioxidantes en el hígado y el plasma. [En Línea]. *Revista Brasileña de Ciencias Avícolas*, 2016, vol. 18, pág. 101-116. [Consultado: 26 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/18069061-2015-0155>

KARADAS, Filiz, et al. Efectos de la suplementación dietética materna con tres fuentes de carotenoides sobre los ésteres de retinilo de la yema de huevo y el hígado de codorniz en desarrollo. *Bioquímica y fisiología comparativas, parte A: fisiología molecular e integradora*, 2005, vol. 140, n° 4, pág. 430-435. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643305000528>

KOGUT, M. Impact de los cambios en el microambiente sobre la homeostasis y la salud intestinal de las aves. En: Plumazos LANGI, P.; KIOKIAS, S.; VARZAKAS, T. y PROESTOS, C. Carotenoids: From plants to food and feed industries. En: *Microbial Carotenoids*, 2018, vol 185, n° 2, p. 57–71., 2015, vol. 57, n° 1, p. 4–10.

KOVACS, Jennifer; PHILLIPS, Marshall; MÍO, Yoshinori. Avances en el valor de los huevos y sus componentes para la salud humana. En: *Revista de química agrícola y alimentaria*. [En Línea]. 2005, vol. 53, n° 22, pág. 8421-8431. [Consultado: 13 de febrero

de 2021]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/173-huevo como alimento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf)

LOYAGA-CORTÉZ, B.; MENDOZA ORDOÑEZ, G.; YBAÑEZ-JULCA, R. y ASUNCIÓN-ALVAREZ, D. La suplementación de aceite esencial de orégano en la dieta reduce el estrés oxidativo en la yema de huevo y mejora los parámetros productivos de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). En: Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 2020, vol. 31, nº 3, p. e16637.

LUPANO, Cecilia. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. Universidad de la Plata. Facultad de Ciencias exactas. 2013. p. 217. [Consultado: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/T.%20Las%20Palmas/Downloads/91-3-239-1-10-20150331.pdf>

MEDRANO, Karin. Unidad De Investigación y Estudios Integrales Sobre Alimentos Autóctonos de La Region-UNIAR. En: Revista Científica, 2005, vol. 17, no 2, p. 39-49. [Consultado: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <https://rcientifica.com/index.php/revista/article/view/211/298>

MELLENDEZ, Antonio; VICARIO, Isabel; HEREDIA, Francisco. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. En: Archivos latinoamericanos de nutrición, Vol. 54, Nº. 2, 2004; p. 149-154.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antonio; VICARIO, Isabel y HEREDIA, Francisco. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 2004, vol. 54, no 2, p. 209-215. [Consultado: 1 de agosto de 2020]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011)

MINGUEZ, Maria; PEREZ, Antonio y HORNERO, Damaso. Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples colorantes naturales. Grupo de química y bioquímica de pigmentos. Departamento de biotecnología de alimentos. Instituto de la grasa (CSIC). Sevilla. 2005. [Consultado: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/5754>

MORENO, J.; DÍAZ-GÓMEZ, J.; FUENTES-FONT, L.; ANGULO, E.; GOSÁLVEZ, L.; SANDMANN, G.; PORTERO-OTINC, T.; CAPELL, T.; ZHU, C.; CHRISTOUEF, P. y NOGAREDA, C. Poultry diets containing (keto) carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. En: *Animal Feed Science and Technology*, 2021, vol. 260, nº 2, p. 114334.

NABI, F.; ARAIN, M.; RAJPUT, N.; ALAGAWANY, M.; SOOMRO, J.; UMER, M.; SOOMRO, F.; WANG, Z., YE, R. y LIU, J. Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. En: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, vol. 104, nº 6, p. 1809–1818.

NATALUCCI, C. Análisis (le1 contenido en Caro tenoides Floralcs tlc plantas qjie crecen en la Provincia de Buenos Aires (Argentina). En: Acta Farmaceutica Bounaerence, 1982, vol. 1, nº 1, p. 13–21.

NÚÑEZ-TORRES, O.; DELGADO-ÁLVAREZ, V.; ALMEIDA-SECARÁ, R. y CRUZ QUINTANA, S. Ginger supplementation in quail as a nutritional alternative in egg production and quality. En: Journal of the Selva Andina Animal Science, 2021, vol 8, nº 2, p. 90–101.

OBREGÓN, Sara, Estudio del contenido y valor nutracéutico de los glucosinolatos y otros compuestos presentes en nabizas y grelos (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) cultivados en el sur de España. [En línea], (Tesis de doctorado). España: Universidad de Córdoba; 340 p, 2016. [Consultado: 23 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13645>

OLIVEIRA, H.; MELLO, H.; LEANDRO, N.; MASCARENHAS, A.; CONCEIÇÃO, E.; ARNHOLD, E.; LAGE, M. y Souza, M. Lipid stability of egg and laying performance of Japanese quail feed with extract of guava (*Psidium guajava* L.). En: Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 2021, vol. 93, nº 4, p. e20191424

ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana. Determinación del contenido de carotenoides de hojas, flores y semillas de nabo amarillo (*Brassica rapa* L.) para su evaluación como pigmentante natural de yemas de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Trabajo de grado. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de ingeniería agroindustrial. Nariño. 2020. Pag 149

PAPAMIJA, Lucy y VILLAREAL, Alexander. Autobalanceamiento en alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japónica*) en fase de producción. Pasto, Colombia. 1993. p.12. Trabajo de grado Zootecnista. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

PEÑA, Clara y RESTREPO, Luz. Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. En: Actualización en Nutrición. 14 (1), 2013. [Consultado: 10 de enero de 2020]. Disponible en: [http://www.revistasan.org.ar/pdf\\_files/trabajos/vol\\_14/num\\_1/RSAN\\_14\\_1\\_25.pdf](http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_1/RSAN_14_1_25.pdf).

PÉREZ, Álvaro y PÉREZ, Fernando. Tratado de cornicultura. Zaragoza, España: Científico-Médica, 1971 p.14

PINEDO, Milton. Nutrición aplicada. [En línea] enero 2010. [Consultado: 30 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://miltonpinedo.blogspot.com/2010/01/la-importancia-del-huevo-en-la.html>.

PROGRAMA REGIONAL BIOANDES. Gastronomía y biodiversidad andina en las comunidades de Pitumarca y de Valle de Vilcanota. [En Línea]. Perú. 2011. [Consultado: 23 de julio de 2020]. Disponible en:

<http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/5da57fa73dadf203d4c3be84d6e9ae74.pdf>

PURWANTI, S. y NAHARIAH, N. Substitution of fish meal with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal to eggs production and physical quality of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. En: *Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 32, nº 3, p. 012014.

RADA-JIMÉNEZ, Eustacio. Evaluación de la inclusión de dos niveles de harina de morera sobre los parámetros productivos de aves de postura de la línea Babcock Brown en la Granja Experimental Villa Marina. [En línea]. Trabajo de Grado Zootecnista. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Zootecnia, pamplona, 2009. Disponible en: [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1867/1/Romero\\_2018\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1867/1/Romero_2018_TG.pdf)

REIF, Constanza, *et al.* Contenido de luteína y  $\beta$ -caroteno de especies de Brassica de hojas verdes cultivadas en diferentes condiciones. [En Línea] *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, 2013, vol. 53, nº 1, pág. 378-381. . [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813000820>

ROBAYO, L.; NERY, V. y NOVOA, D. Evaluación de la calidad del huevo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) utilizando algunos alimentos energéticos. En: *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2014, vol. 5, nº 2, p. 30–43.

RODRIGUEZ HERNANDEZ, Marco. Alimentación del canario (*Serinus canaria domestica*) con alimentación convencional y bizcocho elaborado con guayaba (*Psidium guajava* L), pera (*Pyrus communis*), manzana (*Malus domestica*), banano (*Musa x paradisiaca*), lechuga (*Lactuca sativa*), zanahoria (*Daucus carota*), arroz, harina de trigo y aditivos. [En Línea]. (Tesis de posgrado). Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio ambiente, Especialización en nutrición animal sostenible. 2015. 70 p. [Consultado: 20 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3727>

RODRIGUEZ, Delia. Carotenoides y preparación de alimentos. Universidad Estadual de Campinas. Facultad de ingeniería de Alimentos. Departamento de Ciencias de Alimentos. 1999. [Consultado: 18 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/investigaciones/CAROTENOIDES%20Y%20PREPARACION%20>

RODRÍGUEZ, Fabián. Cría de codornices para pequeños emprendedores. Manual Teórico práctico para el manejo comercial de la codorniz. [En línea] Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 2010, p. 11. [Consultado: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.quade.com.ar/produccion-animal/9224-cria-de-codornices-para-pequenos-emprendedores-manual-teorico-practico-para-el-manejo-comercial-de-la-codorniz-9789505045891.html>

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E.; ARÁNZAZU APARICIO, Bermejo; LÓPEZ, L.; ORTEGA, R. y LÓPEZ-SOBALER, A. Implicación de los componentes antioxidantes del huevo en la protección macular y la mejora de la visión. En: *Nutrición Hospitalaria*, 2021, vol. 38, nº 2, p. 9–12.

ROSALES-ARÉVALO, Fredy Geovanny y VILLAVICENCIO-CRIOLLO, María Belén. Evaluación de la eficiencia de Brassica rapa en la reducción de plomo y cadmio en los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua del Canton Penipe. Trabajo de Grado Ingeniero Agroindustriar. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. 2018, p. 100.

ROSARIO, J. y NIEVES, D. Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. En: *Revista Científica, FCV-LUZ*, 2015, vol. 15, nº 2, p. 139–144.

SAINO, Nicola, *et al.* Mejor rojo que muerto: la coloración de la boca a base de carotenoides revela infección en pichones de golondrina común. [En línea]. *Actas de la Royal Society de Londres. Serie B: Ciencias Biológicas*, 2000, vol. 267, n.º 1438, pág. 57-61. [Consultado: 17 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690492/pdf/10670953.pdf>

SALUD Y BUENOS ALIMENTOS. Propiedades del nabo. [En línea]. España. 30, septiembre, 2015. [Consultado: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Ra%EDces&s3=Nabo>

SAMANT, S.; CRANDALL, P.; JARMA ARROYO, S. y SEO, H. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. En: *Foods*, 2021, vol. 10, nº 11, p. 2599-2610.

SANCHEZ, Ángeles, *et al.* Carotenoides: estructura, función, biosíntesis, regulación y aplicaciones. En: *Revista latinoamericana de microbiología-México-*, Julio-Septiembre, 1999, vol. 41, no 3, p. 175-192. [Consultado: 2 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-1999/mi993j.pdf>

SEVILLANO, Pedro Gil; BARROETA, Ana Cristina y NARRO, Carlos Garcés. El huevo como alimento funcional y sus componentes. [En Línea] *Albéitar: publicación veterinaria independiente*, Septiembre, 2016, no 198, p. 4-7., 22. [Consultado: 10 de enero de 2020]. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/15065/articulos-aves/el-huevo-como-alimento-funcional-y-sus-componentes.html>

SINANOGLOU, Vassilia; STRATI, Irini y MINIADIS-MEIMAROGLOU, Sofía. Contenido de lípidos, ácidos grasos y carotenoides en yemas de huevo comestibles de especies aviares: un estudio comparativo. *Química de los alimentos*, 2011, vol. 124, nº 3, pág. 971-977. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>

SLULLITEL, Julian. Valoración de la importancia nutricional del consumo de antioxidantes en personas de 40 a 50 años. [En Línea]. Tesis de pregrado. Universidad abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Licenciatura en Nutrición. Colombia. 2012. 56 p. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC111977.pdf>.

SOLLA. Manual para el manejo de las codornices. [En Línea]. Colombia. 2011. [Consultado: 23 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/manual-codornices-solla-2018.pdf>

SOZORANGA, Nixon. Evaluación de la calidad del huevo de mesa almacenado a diferentes temperaturas en gallinas ponedoras suplementadas con tres tipos de vegetales [En Línea]. (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Nacional de Loja, área agropecuaria y de recursos naturales renovables, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2016. 100 p. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14415/1/Nixon%20Guillermo>

TANVEZ, A.; AMY, M.; CHASTEL, O. y LEBOUCHER G. Maternal effects and  $\beta$ -carotene assimilation in Canary chicks. *Physiology & Behavior*, [En Línea]. 2009; 96: 3, Pág. 389-393. [Consultado: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690857/pdf/11788033.pdf>

TEJERO, Francisco. Asesoría Técnica el huevo y su uso. [En línea]. agosto 2010. [Consultado: 26 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/otras%20materias%20primas/el%20huevo.htm>

UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Manual de Laboratorios Especializados. 2013, p. 34.

VALLE, Sofia, et al. Manual crianza y manejo de codornices. Managua Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de ciencia animal.2015.p. 41. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.una.edu.ni/3323/1/tnl01v181.pdf&ved=2ahUKEwi9-uS8zu78AhXMVTABHYiQDBwQFnoECDsQAQ&usg=AOvVaw1QsclqOINzITmzQnRmSjW1>

VAN HETHOF, Karin., *et al.* Factores dietéticos que afectan la biodisponibilidad de los carotenoides. En: *Revista de nutrición*, 2000, vol. 130, nº 3, p. 503-506. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/130/3/503/4686253>

VIBRANS, Heike. Brassica rapa L. Nabo de campo. Malezas de México. [imagen], julio, 2009. . [Consultado: 25 de Agosto de 2020], Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/brassica-rapa/fichas/ficha.htm>

VILLA, Juana. Salud y buenos alimentos. Clasificación y propiedades de los huevos de codorniz. 12 junio de 2013. [En línea] Disponible en internet: <<http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Huevos%2FHuevas&s2=Av&s3=De+Codorniz.>>

VIÑAS, Ángel Nieves. Control y manejo de huevos y pollos recién nacidos en la explotación avícola. [En Línea]. Editorial Elearning S.L, Edición 5.0. 2015, p. 30. [Consultado: 23 de julio de 2020]. ISBN 978-84-16492-71-8

VOLP, Ana Carolina; RENHE, Isis; STRINGUETA, Paulo. Carotenoides: pigmentos naturais como compostos bioativos. En: *Revista Brasileira Nutrição Clínica*, 2011, vol. 26, no 4, p. 291-8. p. 291 – 298. [Consultado: 12 mayo 2020]. Disponible: <http://www.sbnpe.com.br/wp-content/uploads/2016/12/10-Caroten%C3%B3ides-Pigmentos-Naturais-como-Compostos-Bioativos.pdf>

WAHYUNI, D. y SUDRAJAT, D. Sensory quality of quail eggs fed with coriander flour (*Coriandrum sativum* linn) in the feed. En: *Indonesian Journal of Applied Research*, 2021, vol. 2, nº 3, p. 186–191.

WANG, Ling, *et al.* Optimización de las condiciones de extracción por solventes para carotenoides totales en colza utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Ciencias Naturales*, 2009, vol. 1, nº 01, pág. 23 [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scirp.org/html/500.html?pagespeed=noscript>

ZAHEER, Karl. Carotenoides del huevo de gallina (luteína y zeaxantina) e impactos nutricionales en la salud humana: una revisión. En: *CYTA-Journal of Food*, 2017, vol. 15, nº 3, p. 474-487. [Consultado: 1 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19476337.2016.1266033?needAccess=true>

ZALDIVAR, Juan y GODOY, Gregorio. Funciones de los carotenoides en plantas. En: *Revista Ciencia México*, 2019. [Consultado: 1 de Noviembre de 2020]. Disponible en: [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18%3Amanipulaciones-geneticas-para-la-sobreproduccion&catid=7&Itemid=10](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=18%3Amanipulaciones-geneticas-para-la-sobreproduccion&catid=7&Itemid=10)

ZHANG, Will., *et al.* Influencia de la cantaxantina en la reproducción de pollos de engorde, la calidad y el rendimiento de los pollitos. [En Línea] *Ciencia avícola*, 2011, vol. 90, nº 7, pág. 1516-1522. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21673167>

## ANEXOS

### Anexo A. Datos de cuantificación para Luteína-Zeaxantina en yema de huevo de codorniz.

TRATAMIENTOS	SEMANA	REPLICA	CUANTIFICACIÓN LUTEÍNA – ZEAXANTINA (µg/g)
T0	1	1	29,13
T0	1	2	-
T0	1	3	-
T0	2	1	-
T0	2	2	17,13
T0	2	3	18,87
T0	3	1	24,53
T0	3	2	24,53
T0	3	3	24,93
T0	4	1	13,53
T0	4	2	13,87
T0	4	3	13,53
T1	1	1	39,07
T1	1	2	55,13
T1	1	3	41,27
T1	2	1	20,93
T1	2	2	29,73
T1	2	3	21,67
T1	3	1	33,67
T1	3	2	34,87
T1	3	3	35,20
T1	4	1	32,80
T1	4	2	37,80
T1	4	3	41,47
T2	1	1	33,67
T2	1	2	-
T2	1	3	34,93
T2	2	1	25,87
T2	2	2	-
T2	2	3	42,20
T2	3	1	43,20
T2	3	2	24,60
T2	3	3	28,93
T2	4	1	33,33
T2	4	2	33,80

T2	4	3	33,53
T3	1	1	34,93
T3	1	2	26,47
T3	1	3	-
T3	2	1	-
T3	2	2	-
T3	2	3	-
T3	3	1	53,87
T3	3	2	35,33
T3	3	3	55,93
T3	4	1	39,20
T3	4	2	34,33
T3	4	3	40,07

Fuente: ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana

**Anexo B. Datos de medición de color mediante abanico para yema de huevo de codorniz.**

TRATAMIENTOS	SEMANA	REPLICA	COLOR ABANICO
T0	1	1	12
T0	1	2	12
T0	1	3	12
T0	1	4	11
T0	1	5	12
T0	1	6	13
T0	1	7	12
T0	1	8	12
T0	1	9	12
T0	1	10	11
T0	2	1	12
T0	2	2	12
T0	2	3	12
T0	2	4	11
T0	2	5	12
T0	2	6	13
T0	2	7	12
T0	2	8	12
T0	2	9	12
T0	2	10	11
T0	3	1	14
T0	3	2	14
T0	3	3	14
T0	3	4	14

T0	3	5	13
T0	3	6	14
T0	3	7	13
T0	3	8	14
T0	3	9	14
T0	3	10	13
T0	4	1	13
T0	4	2	12
T0	4	3	12
T0	4	4	12
T0	4	5	12
T0	4	6	12
T0	4	7	12
T0	4	8	13
T0	4	9	13
T0	4	10	13
T1	1	1	12
T1	1	2	12
T1	1	3	12
T1	1	4	13
T1	1	5	12
T1	1	6	11
T1	1	7	12
T1	1	8	12
T1	1	9	12
T1	1	10	12
T1	2	1	12
T1	2	2	12
T1	2	3	12
T1	2	4	13
T1	2	5	12
T1	2	6	11
T1	2	7	13
T1	2	8	12
T1	2	9	12
T1	2	10	12
T1	3	1	14
T1	3	2	13
T1	3	3	14
T1	3	4	13
T1	3	5	14
T1	3	6	13
T1	3	7	13
T1	3	8	15

T1	3	9	14
T1	3	10	14
T1	4	1	12
T1	4	2	13
T1	4	3	12
T1	4	4	13
T1	4	5	13
T1	4	6	14
T1	4	7	13
T1	4	8	12
T1	4	9	13
T1	4	10	13
T2	1	1	12
T2	1	2	12
T2	1	3	12
T2	1	4	13
T2	1	5	12
T2	1	6	13
T2	1	7	13
T2	1	8	14
T2	1	9	12
T2	1	10	12
T2	2	1	12
T2	2	2	12
T2	2	3	12
T2	2	4	13
T2	2	5	12
T2	2	6	13
T2	2	7	13
T2	2	8	14
T2	2	9	12
T2	2	10	12
T2	3	1	13
T2	3	2	14
T2	3	3	14
T2	3	4	14
T2	3	5	15
T2	3	6	14
T2	3	7	13
T2	3	8	12
T2	3	9	13
T2	3	10	13
T2	4	1	13
T2	4	2	13

T2	4	3	13
T2	4	4	12
T2	4	5	13
T2	4	6	13
T2	4	7	13
T2	4	8	12
T2	4	9	13
T2	4	10	13
T3	1	1	13
T3	1	2	12
T3	1	3	13
T3	1	4	12
T3	1	5	13
T3	1	6	13
T3	1	7	14
T3	1	8	13
T3	1	9	13
T3	1	10	14
T3	2	1	13
T3	2	2	12
T3	2	3	13
T3	2	4	12
T3	2	5	13
T3	2	6	13
T3	2	7	14
T3	2	8	13
T3	2	9	13
T3	2	10	14
T3	3	1	13
T3	3	2	14
T3	3	3	14
T3	3	4	14
T3	3	5	14
T3	3	6	15
T3	3	7	15
T3	3	8	13
T3	3	9	14
T3	3	10	15
T3	4	1	13
T3	4	2	12
T3	4	3	13
T3	4	4	13
T3	4	5	12
T3	4	6	13

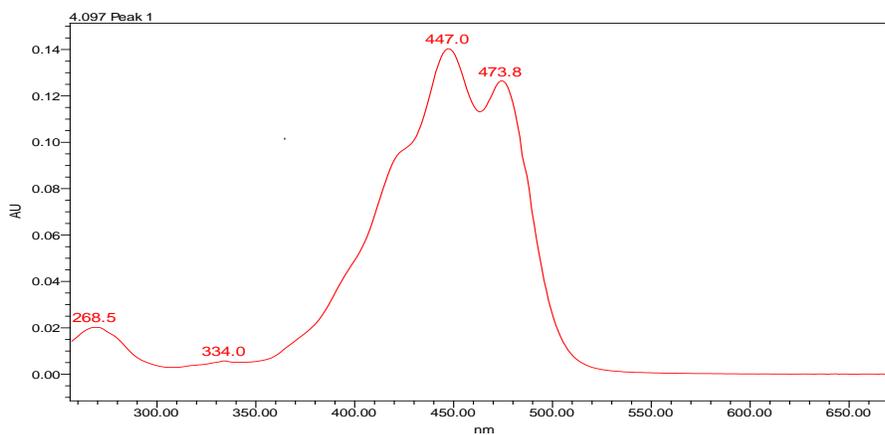
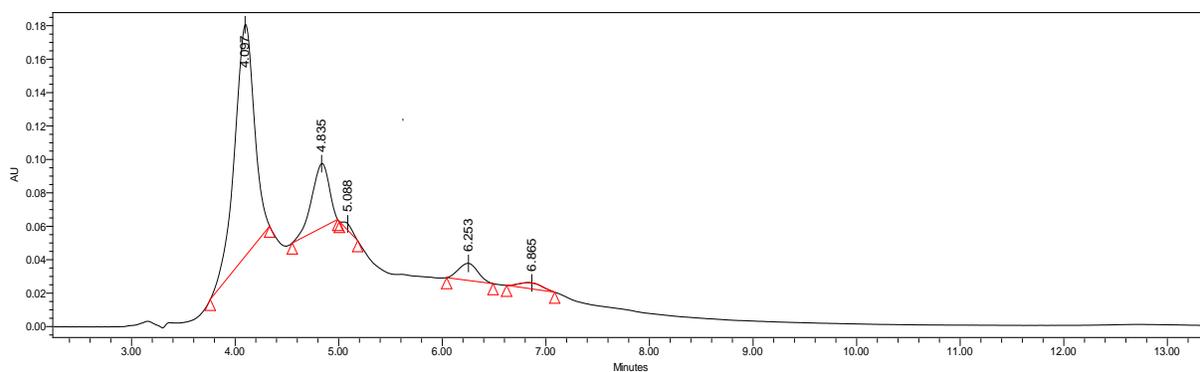
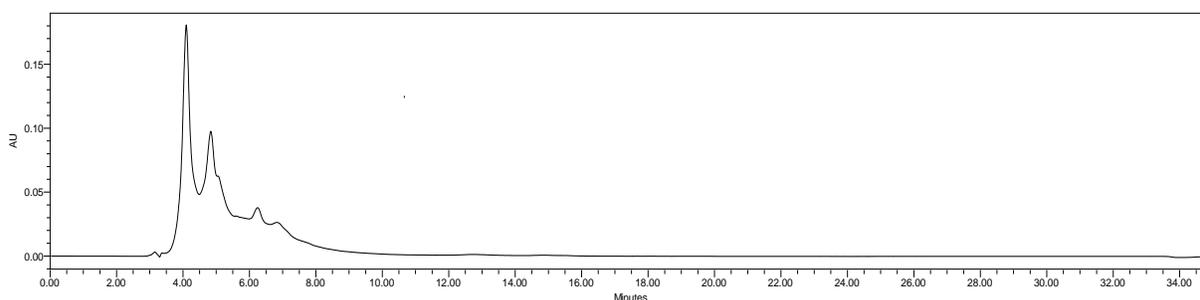
T3	4	7	12
T3	4	8	13
T3	4	9	13
T3	4	10	13

Fuente: ORDÓÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana

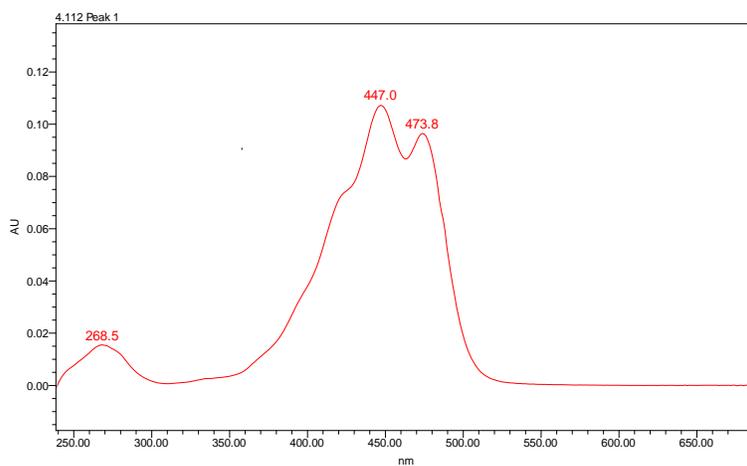
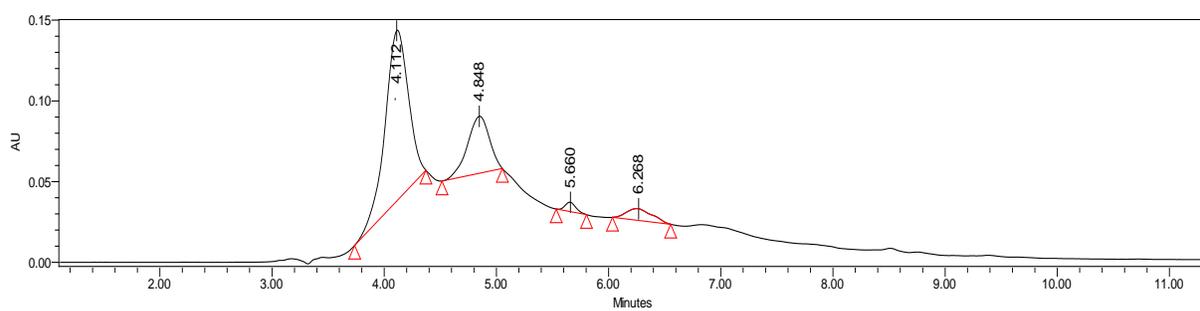
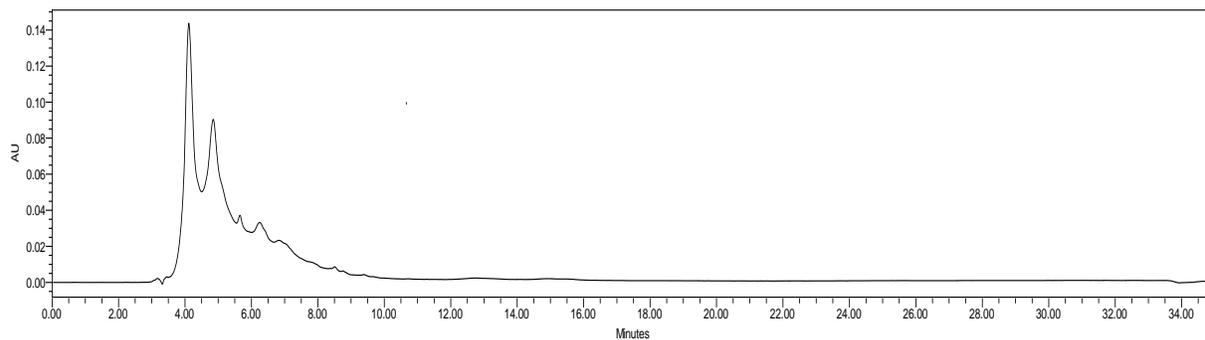
### Anexo C. Cromatogramas de la yema de huevo de codorniz en las cuatro semanas de tratamiento.

#### SEMANA 1

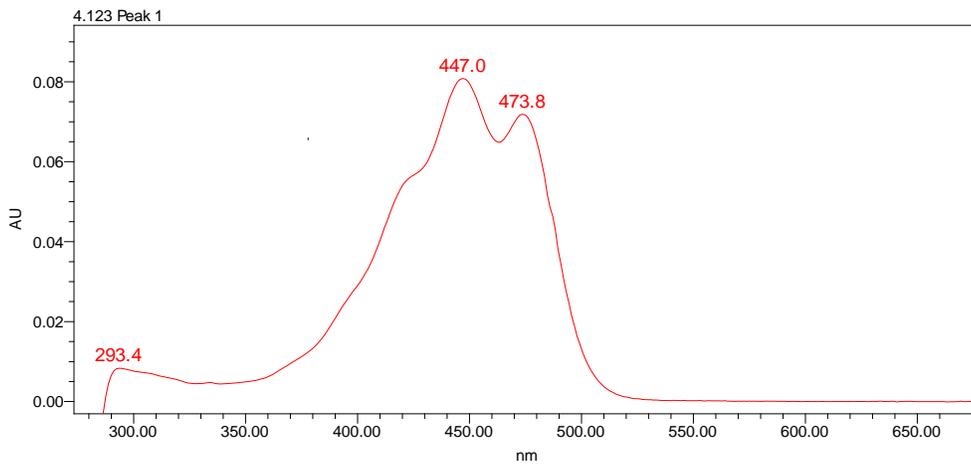
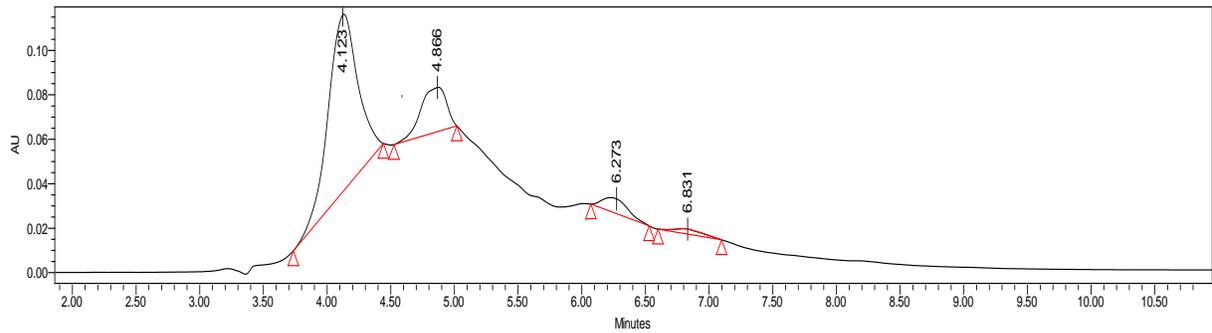
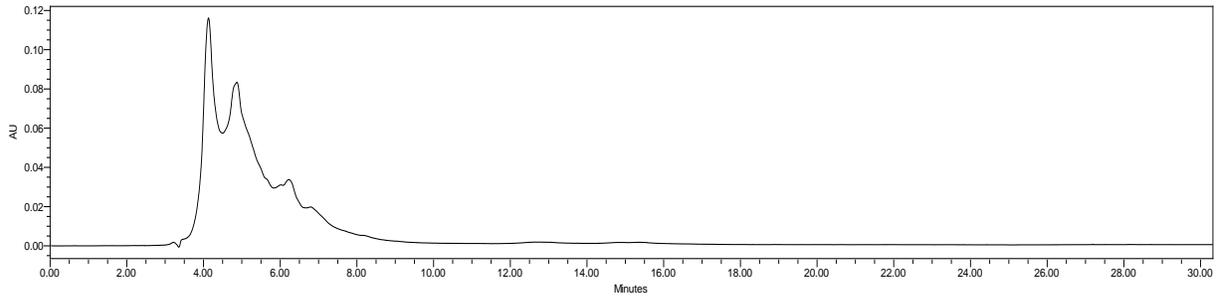
#### Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo para tratamiento control (T0)



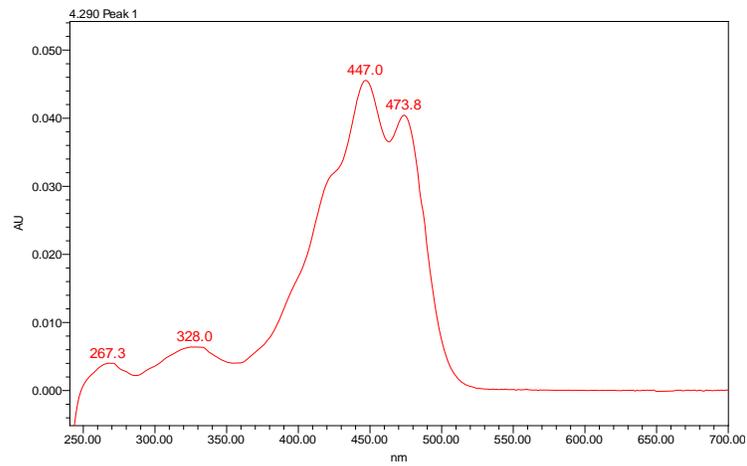
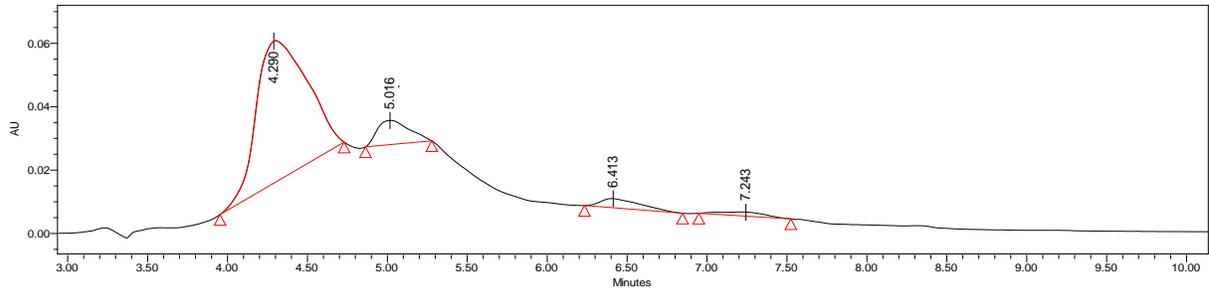
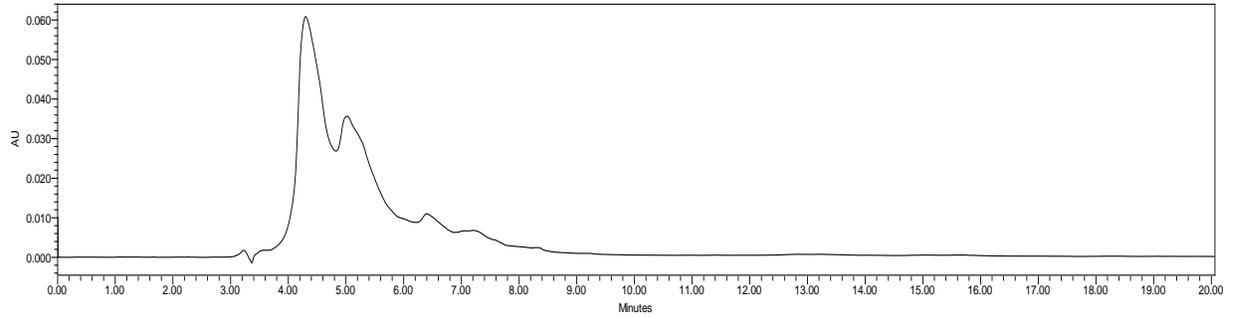
## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de hojas (T1)



## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de flores (T2)



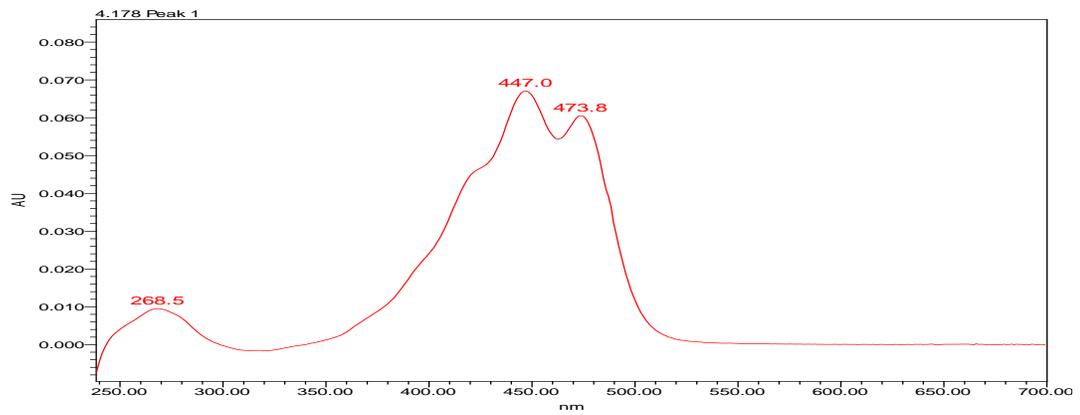
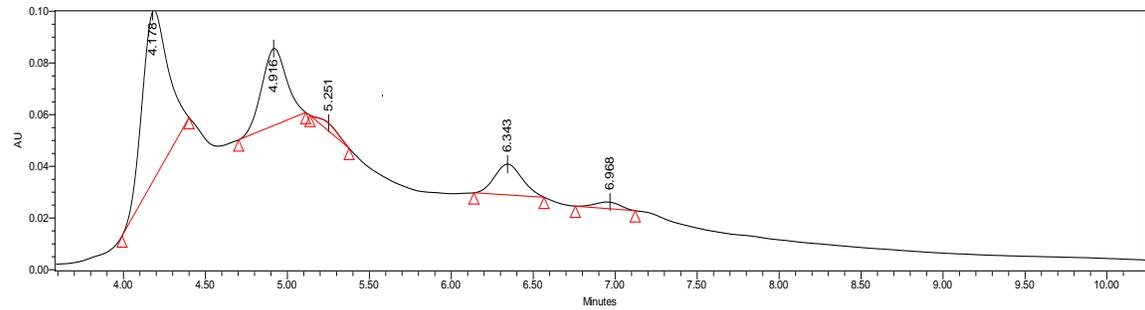
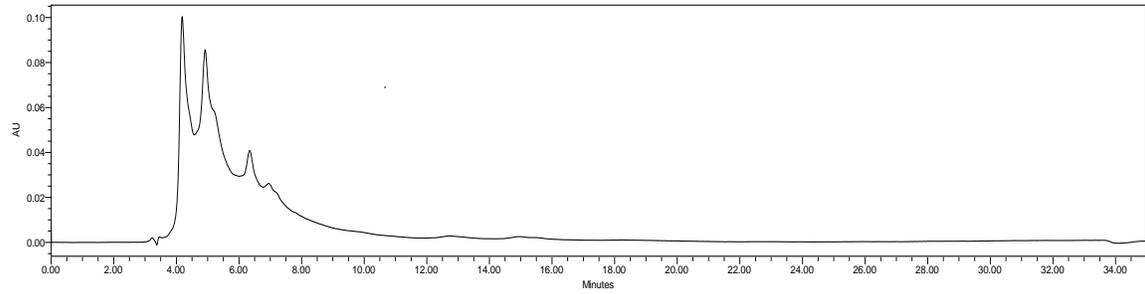
## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de semillas (T3)



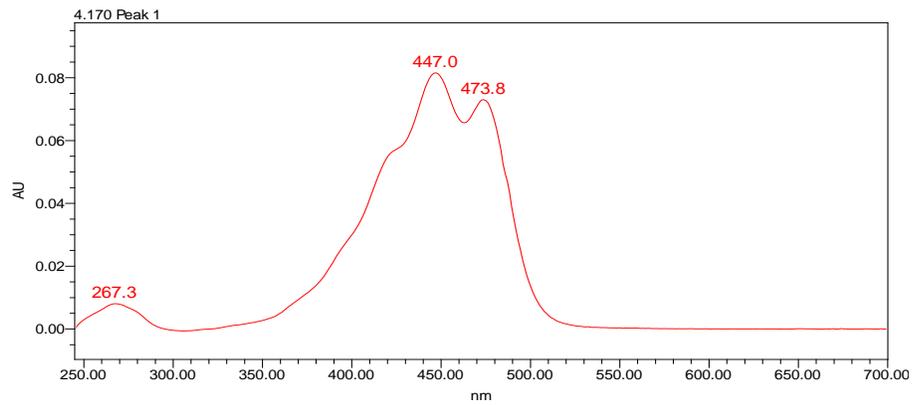
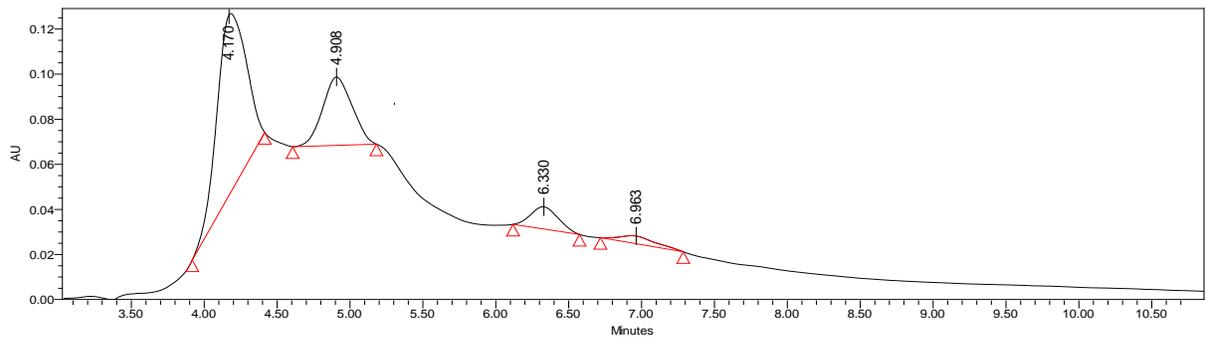
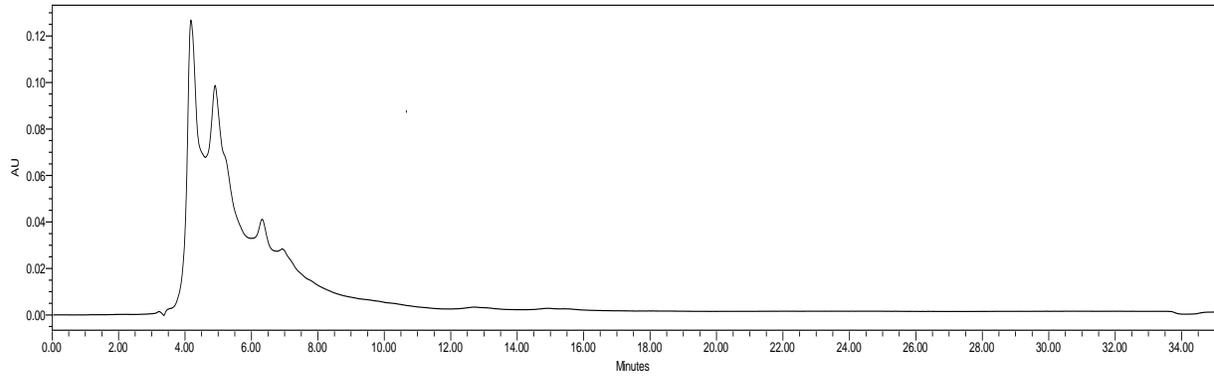
Fuente: ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana

## SEMANA 2

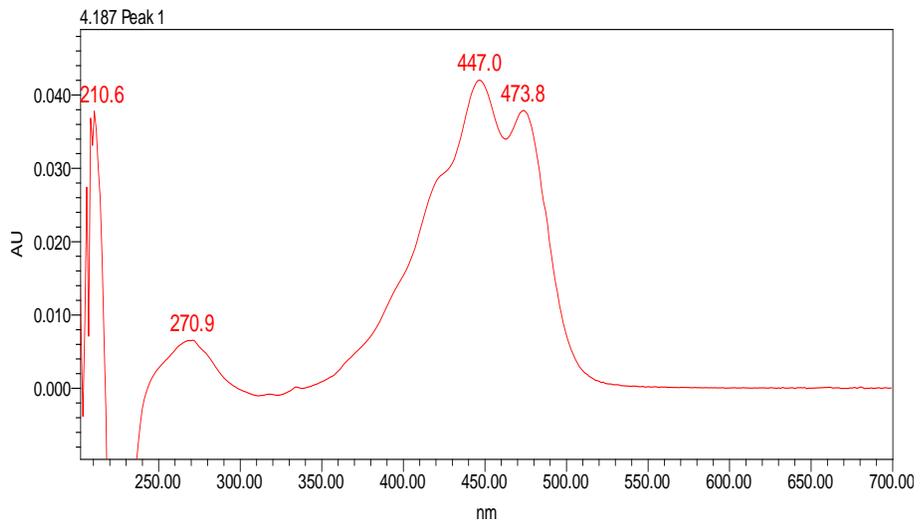
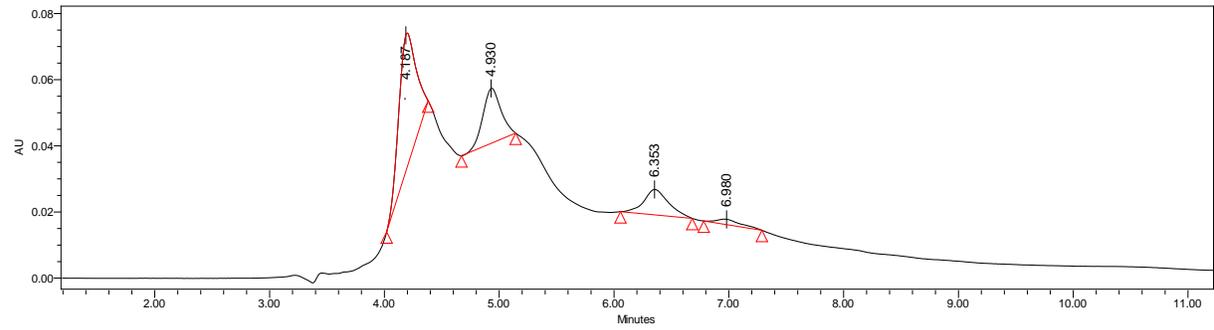
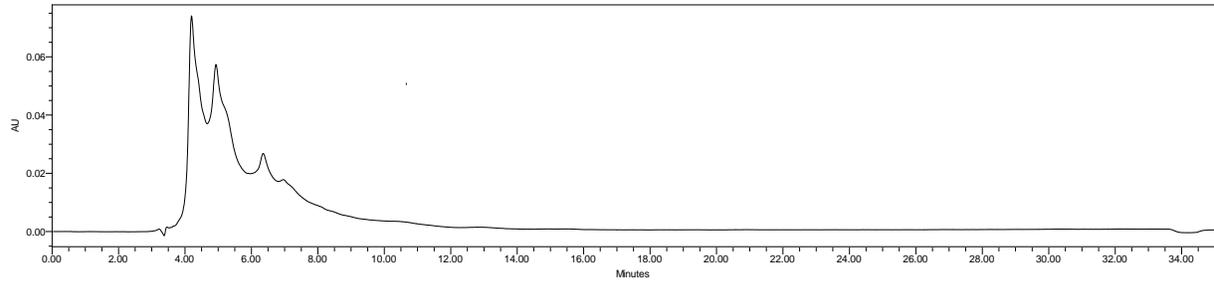
Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo para tratamiento control (T0)



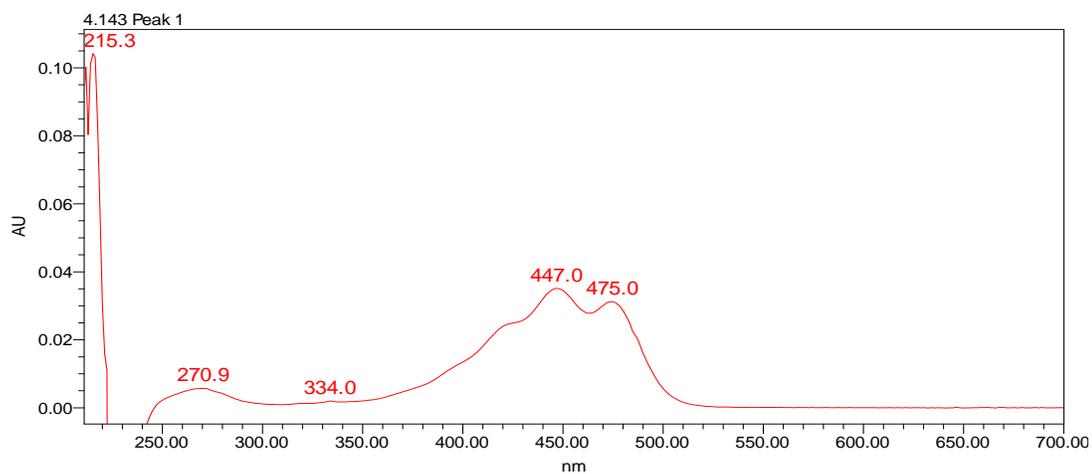
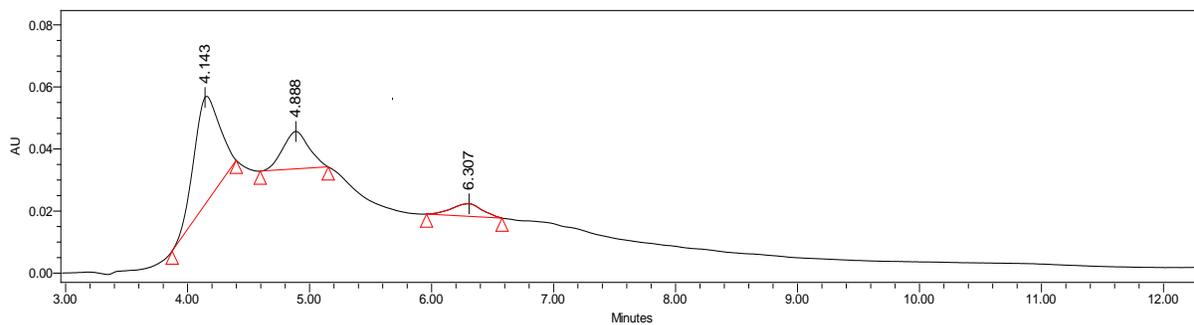
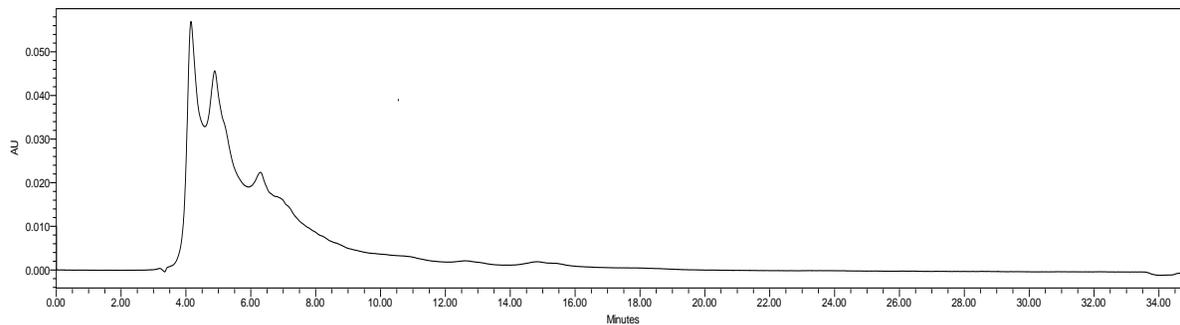
**Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de hojas (T1)**



**Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de flores (T2)**



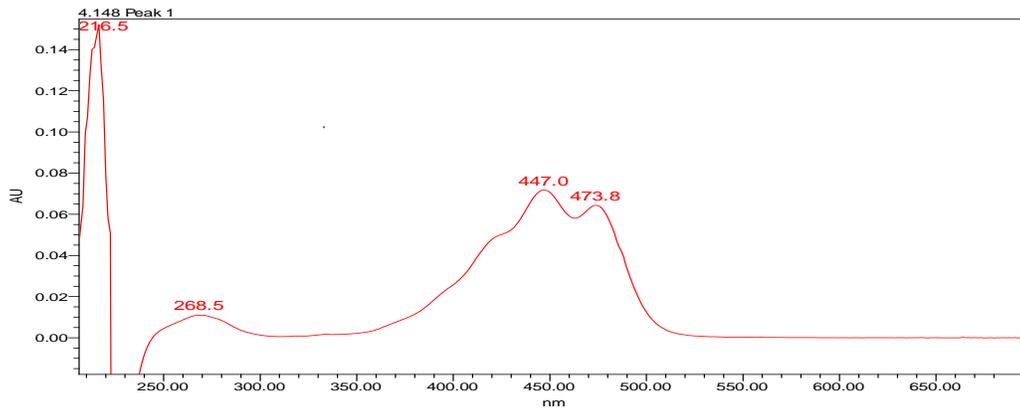
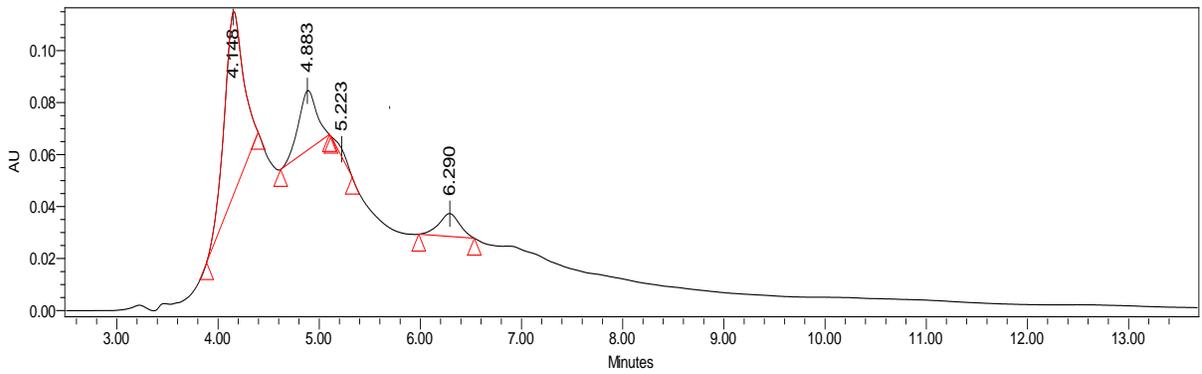
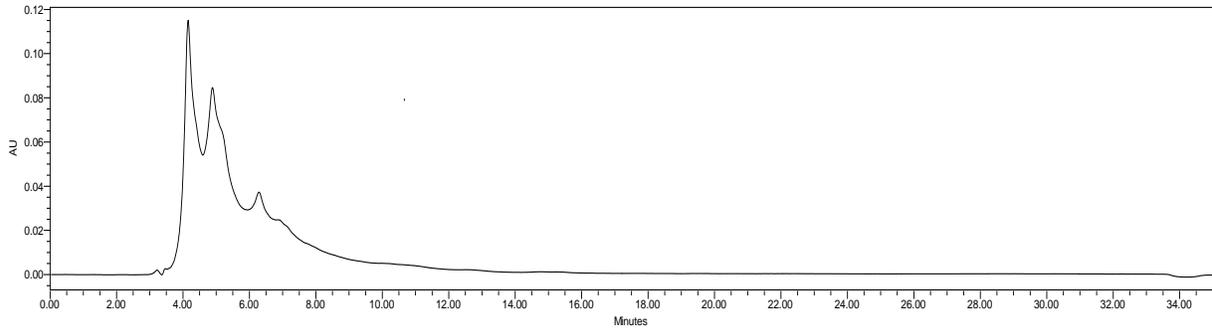
## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de semillas (T3)



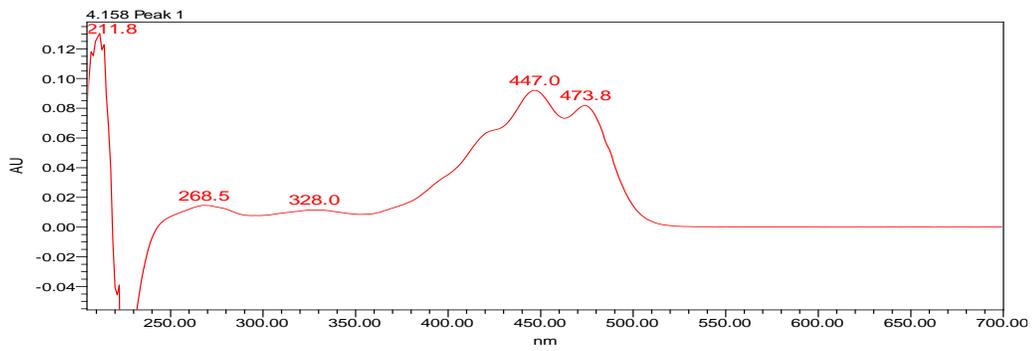
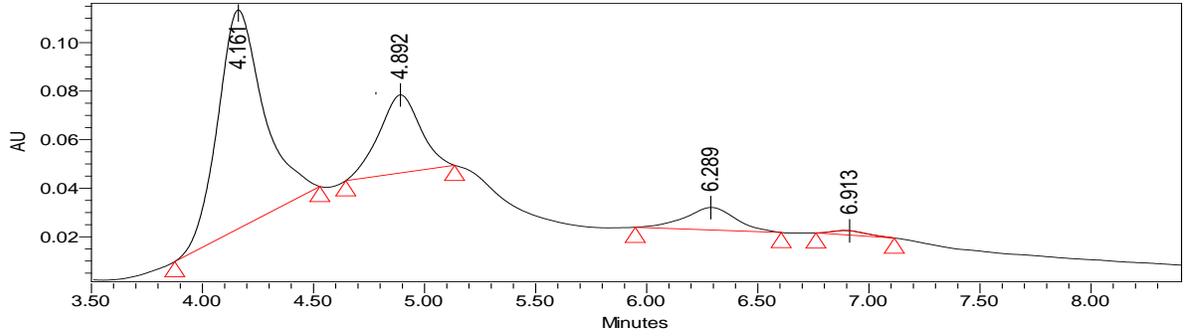
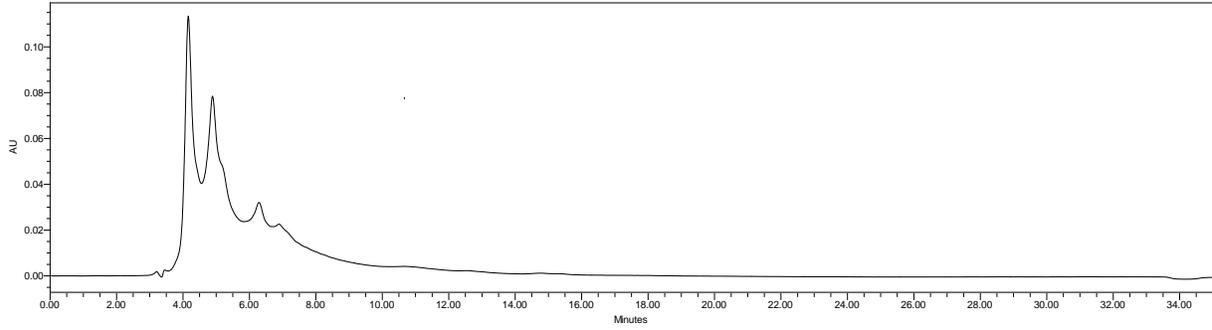
Fuente: ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana

### SEMANA 3

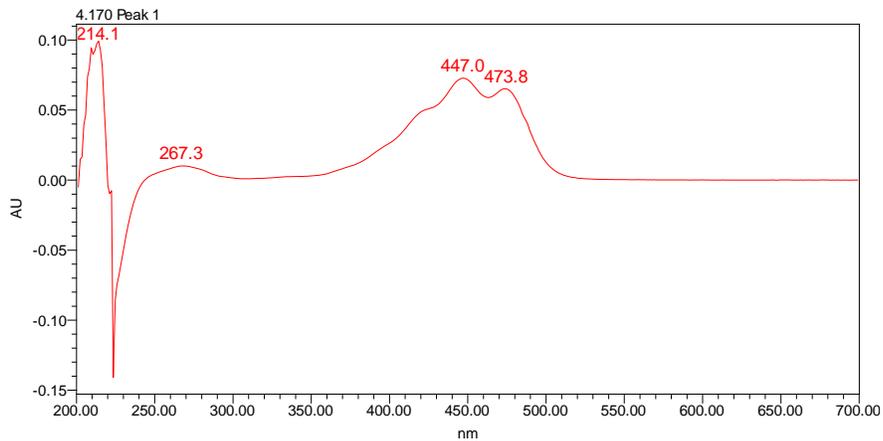
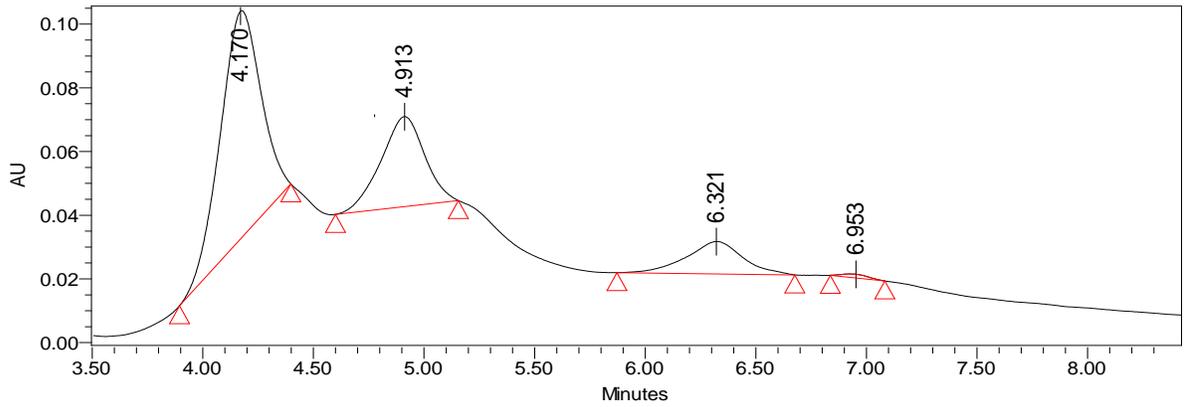
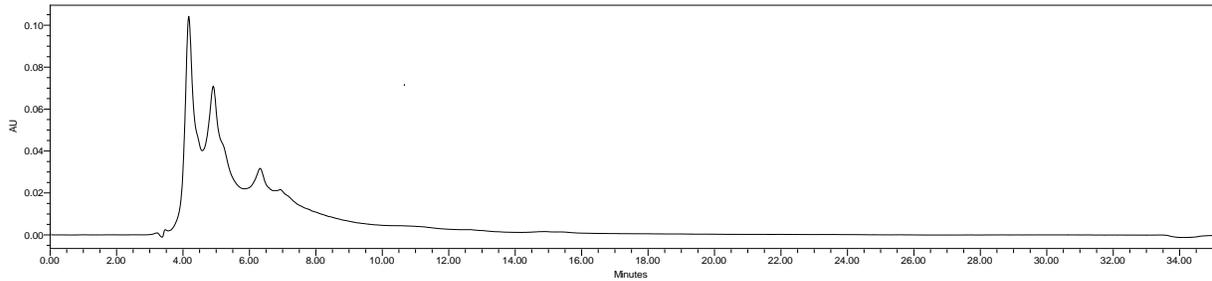
## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo para tratamiento control (T0)



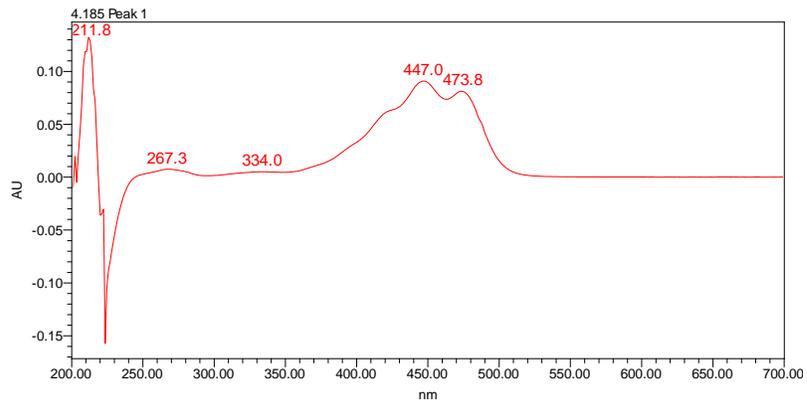
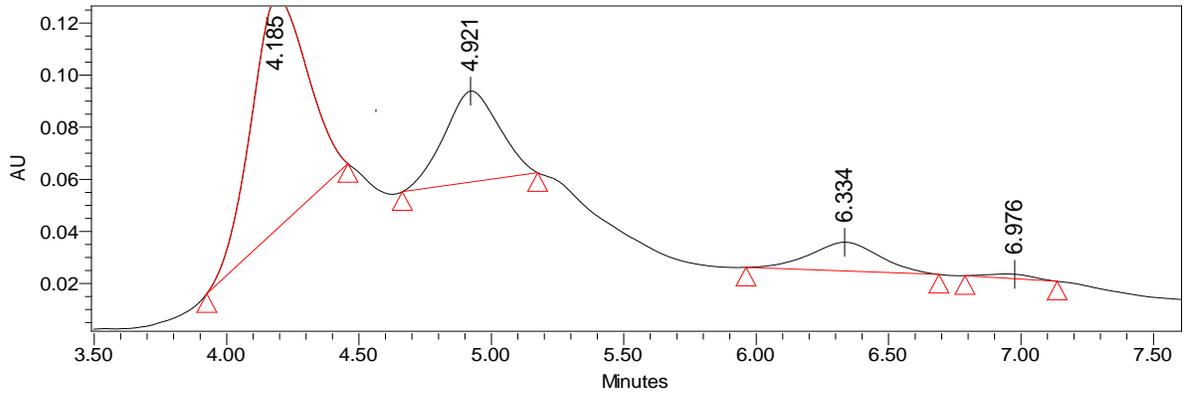
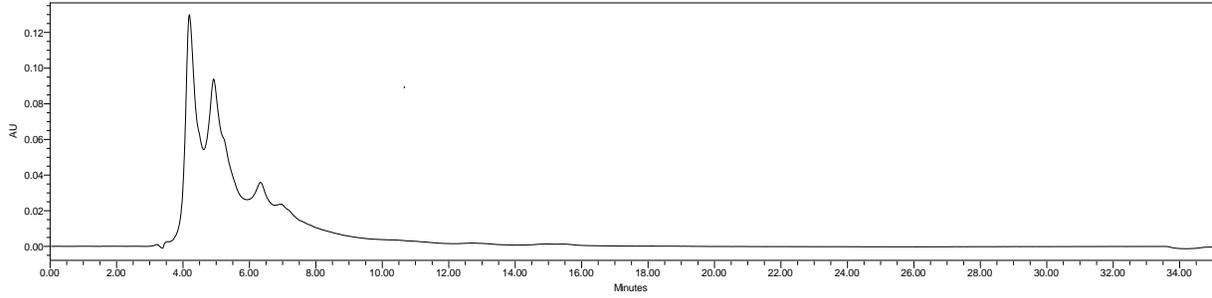
## Resultados análisis cromatograficos en yema de huevo con la inclusion de extracto de hojas (T1)



### Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de flores (T2)



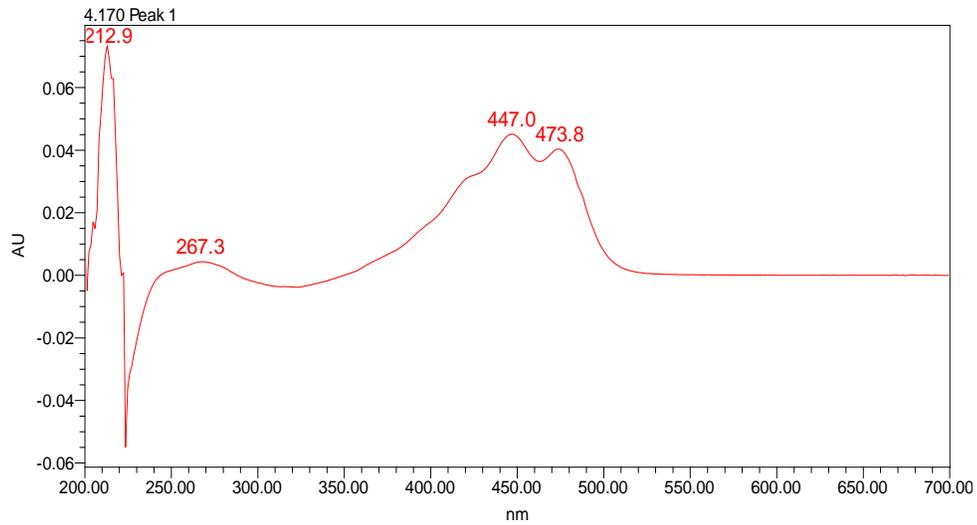
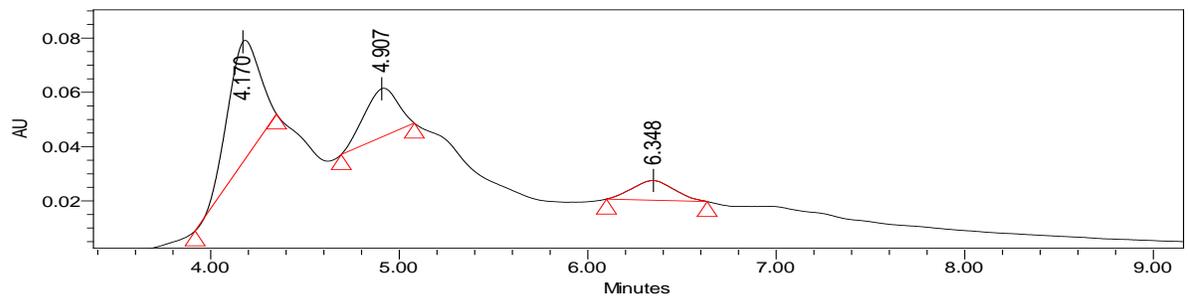
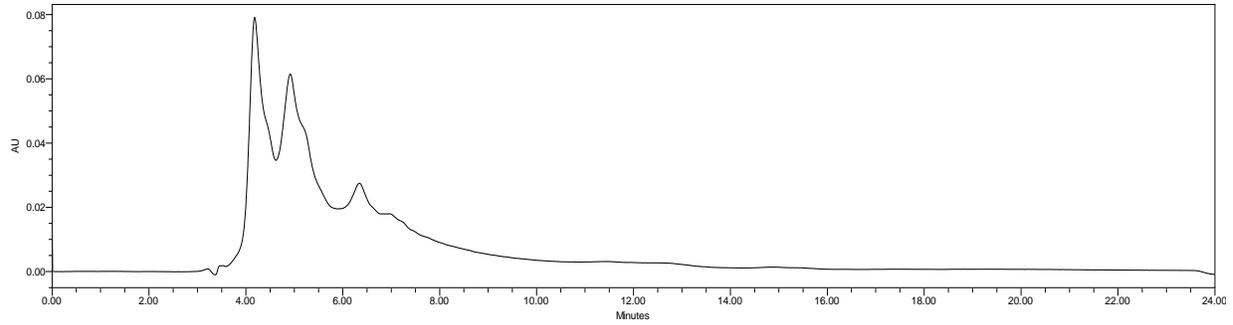
### Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusion de extracto de semillas (T3)



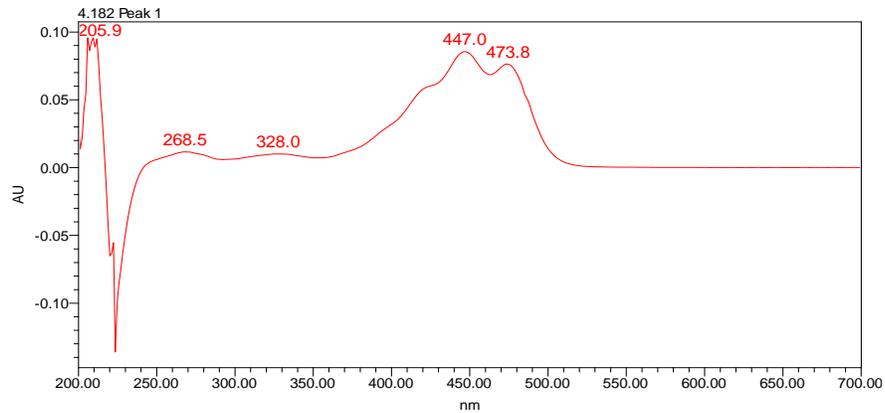
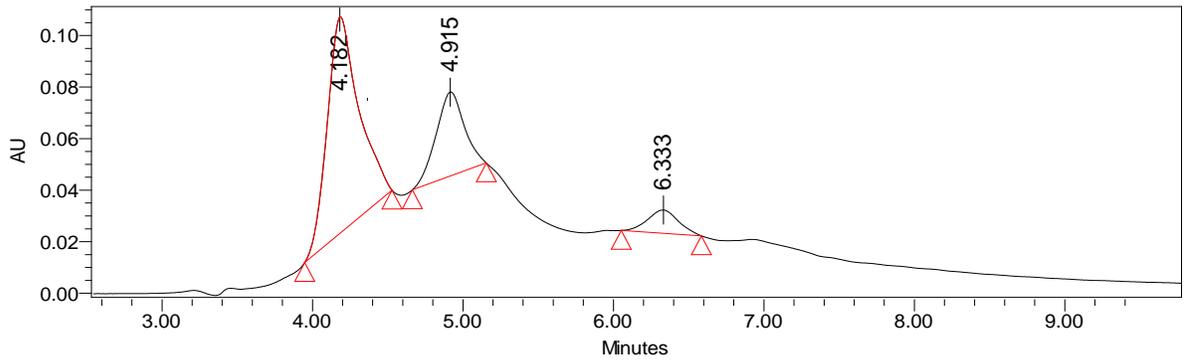
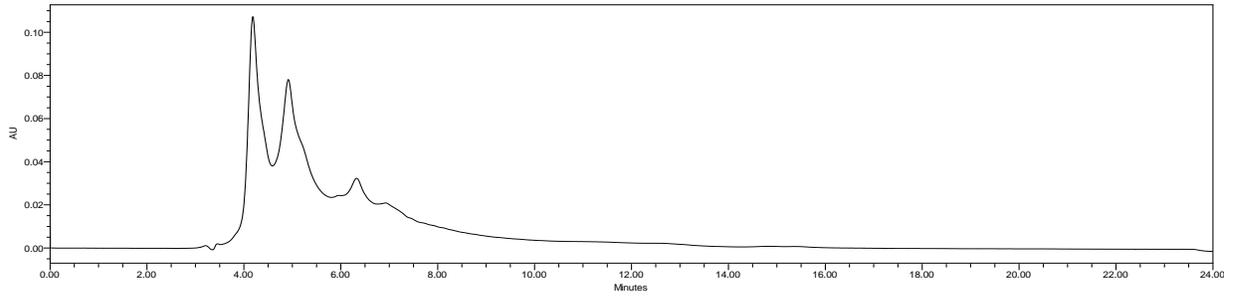
Fuente: ORDOÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana

## SEMANA 4

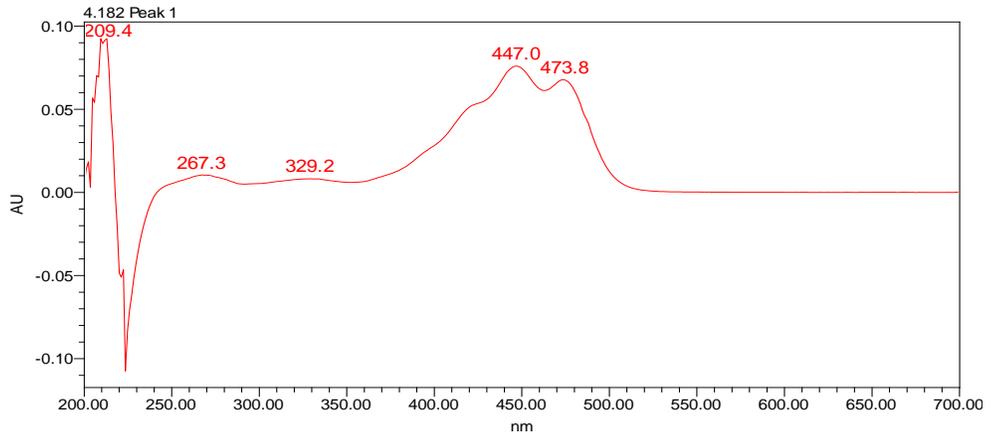
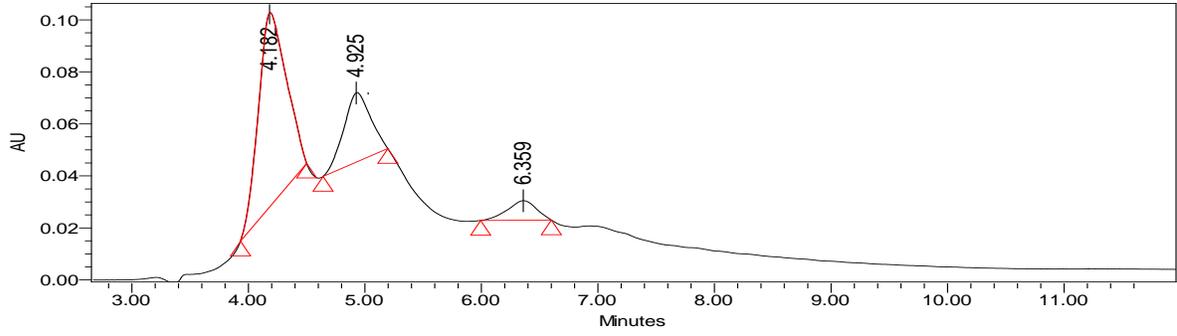
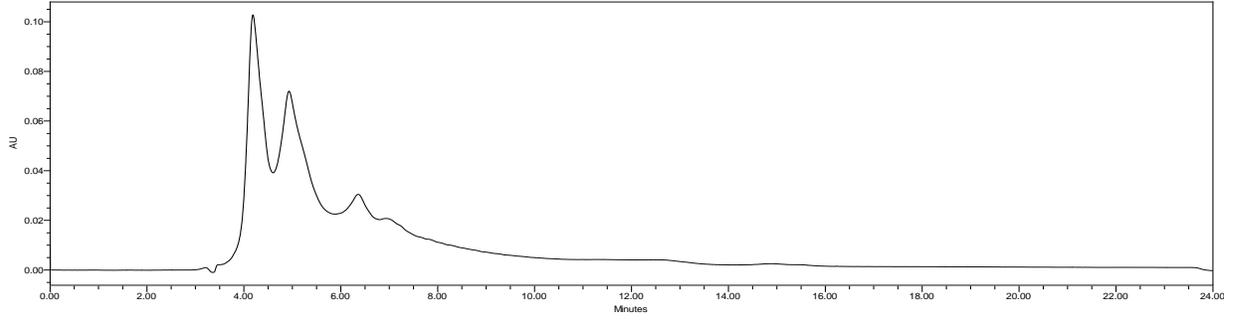
### Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo en tratamiento control (T0)



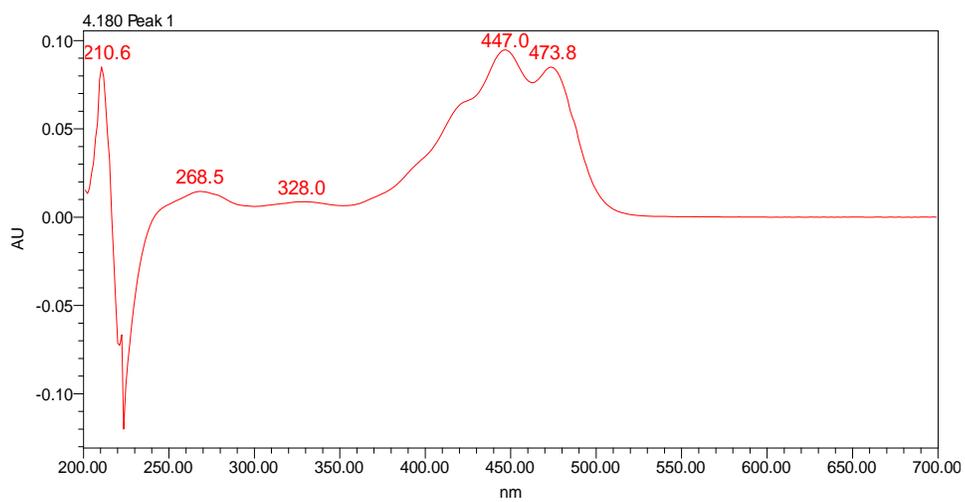
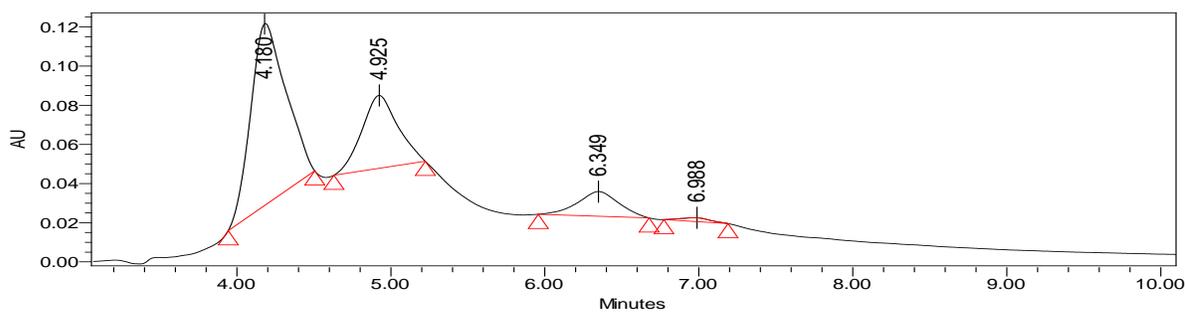
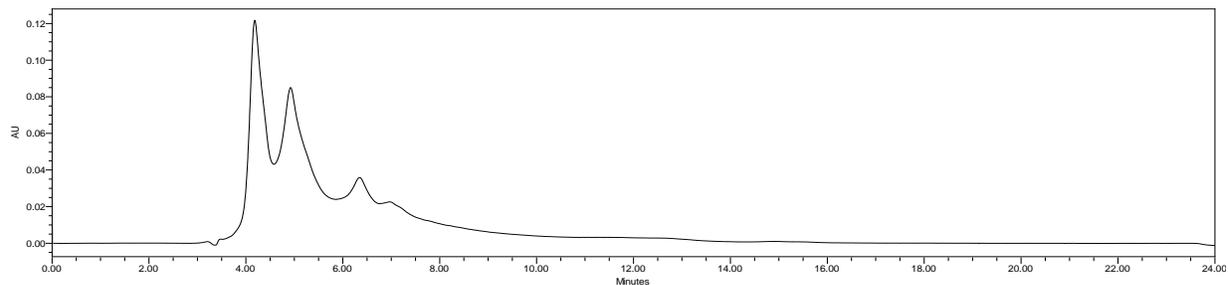
## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de hojas (T1)



## Resultados análisis cromatograficos en yema de huevo con la inclusión de extracto de flores (T2)



## Resultados análisis cromatograficos en la yema de huevo con la inclusión de extracto de semillas (T3)



Fuente: ORDÓÑEZ, Darlin y ORTEGA Adriana