

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**HISTOCOMPARACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE
LOS GRÁNULOS DE MELANINA EN ÓRGANOS
INTERNOS DE TRES RAZAS DE *Gallus gallus
domesticus* Linnaeus, 1758 “POLLO DOMÉSTICO”,
CON FIBROMELANOSIS**

Franklin Joan Mayta Palomino

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

Director de tesis: Lic. Miguel Dávila Robles

Lima, Perú

2018

Dedicatoria

Esta investigación se la dedico a mis padres, ya que fueron ellos los que me enseñaron a dar mis primeros pasos en la vida y mostrarme con el ejemplo que nada es imposible, si uno realmente lo desea.

A mi hermana Fiorella, por su apoyo constante y motivación durante mi formación como Biólogo.

Agradecimientos

A Dios, por protegerme en todo momento y permitirme concluir satisfactoriamente esta gratificante y valiosa etapa en mi vida.

A mi asesor, el Lic. Miguel Dávila Robles, por sus recomendaciones y asesoramiento constante en el desarrollo de la tesis.

A los miembros del jurado de tesis, el Lic. Edgar Patrón, la Lic. Flor de María Madrid y la Med. Vet. María Sialer, por sus acertadas y atinadas correcciones.

Al Blgo. Ricardo Pedraglio, por compartirme sus experiencias y conocimientos sobre los gallos de combate y aves ornamentales.

Al Dr. David Talledo, por sus consejos e indicaciones en la elaboración de la tesis.

Al Mg. César Puicón, por su apoyo en el procesamiento de los datos estadísticos.

Al Mg. Juan Carlos Ramos, por permitirme utilizar las instalaciones del Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Ricardo Palma.

A todas las personas que estuvieron a mi lado, motivándome y alentándome para cumplir mis metas.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	3
INDICE.....	4
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.1 <i>Objetivos específicos</i>	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 GENERALIDADES DEL POLLO DOMÉSTICO	18
2.1.1 <i>Contexto histórico</i>	18
2.1.2 <i>Características y taxonomía</i>	18
2.2 RAZAS DE POLLO DOMÉSTICO.....	20
2.2.1 <i>Sedoso del Japón o Silkie</i>	20
2.2.2 <i>Old English Game</i>	21
2.2.3 <i>Modern Game</i>	22
2.3 LA FIBROMELANOSIS O HIPERPIGMENTACIÓN DÉRMICA	23
2.4 MELANINA Y MELANOGÉNESIS	24
2.4.1 <i>Melanina</i>	24
2.4.2 <i>Melanogénesis</i>	26
2.5 FACTORES GENÉTICOS DE LA FIBROMELANOSIS	27
2.6 IMPORTANCIA SOCIAL Y ECONÓMICA DE LOS POLLOS DOMÉSTICOS CON FIBROMELANOSIS	30
2.6.1 <i>Social</i>	30
2.6.2 <i>Económico</i>	30

III. ANTECEDENTES.....	32
IV. HIPÓTESIS.....	39
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
5.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	40
5.2 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
5.3 VARIABLES.....	40
5.4 MUESTREO.....	41
5.5 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	41
5.5.1 <i>Obtención de muestras.....</i>	41
5.5.2 <i>Tinción en Hematoxilina - Eosina (H. E.).....</i>	41
5.5.3 <i>Estudio histológico y registro fotográfico.....</i>	42
5.5.4 <i>Tratamiento de los datos.....</i>	42
5.6 ASPECTO ÉTICO.....	42
VI. RESULTADOS.....	44
6.1 ESTUDIO HISTOLÓGICO.....	44
6.1.1 <i>Piel de la pierna.....</i>	44
6.1.2 <i>Músculo de la pierna.....</i>	45
6.1.3 <i>Tráquea.....</i>	46
6.1.4 <i>Costilla.....</i>	46
6.1.5 <i>Ovario.....</i>	47
6.1.6 <i>Testículo.....</i>	49
6.1.7 <i>Proventrículo.....</i>	49
6.1.8 <i>Intestino grueso.....</i>	51
6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	52
6.2.1 <i>Recuento porcentual de órganos y de costilla con gránulos de melanina de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.....</i>	52
VII. DISCUSIÓN.....	53
VIII. CONCLUSIONES.....	59
IX. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	65

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Operacionalización de las variables	40
Tabla N°2. Presencia de gránulos de melanina en siete órganos y en la costilla de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	95
Tabla N°3. Presencia de gránulos de melanina en la piel de la pierna de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	96
Tabla N°4. Presencia de gránulos de melanina en el músculo de la pierna de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	96
Tabla N°5. Presencia de gránulos de melanina en la tráquea de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	97
Tabla N°6. Presencia de gránulos de melanina en la costilla de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	97
Tabla N°7. Presencia de gránulos de melanina en las gónadas de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	98
Tabla N°8. Presencia de gránulos de melanina en el proventrículo de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	98
Tabla N°9. Presencia de gránulos de melanina en el intestino grueso de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.	99

INDICE DE FIGURAS

- Figura N°1.** Fotografías de pollos Old English Game (control). Macho (A) y hembra (B). _____ 66
- Figura N°2.** Fotografías de pollos Sedosos del Japón. Macho (A) y hembra (B). _____ 66
- Figura N°3.** Fotografías de pollos Old English Game guineo. Macho y hembra (A), macho (B) y hembra (C). _____ 67
- Figura N°4.** Fotografías de pollos Modern Game. Macho (A) y hembra (B). _____ 67
- Figura N°5.** Vista macroscópica de siete órganos de pollo sin fibromelanosis. Testículo (A), ovario (B), tráquea (C), intestino grueso (D), piel de la pierna (E), proventrículo (F), músculo de la pierna (G) y además costilla (H). _____ 68
- Figura N°6.** Vista macroscópica de siete órganos de pollo con fibromelanosis. Testículo (A), ovario (B), tráquea (C), intestino grueso (D), piel de la pierna (E), proventrículo (F), músculo de la pierna (G) y además costilla (H). _____ 68
- Figura N°7.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A) y dermis (B). _____ 69
- Figura N°8.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A), dermis (B), folículo plumoso (C) y gránulos de melanina (D). _____ 69
- Figura N°9.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Epidermis (A), dermis (B), folículo plumoso (C) y gránulos de melanina (D). _____ 70
- Figura N°10.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A), dermis (B), vaso sanguíneo (C) y gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°11. _____ 70
- Figura N°11.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°12. _____ 71
- Figura N°12.** Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 1000X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B). _____ 71

- Figura N°13.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), perimisio (B), endomisio (C) y fibra muscular (D). _____ 72
- Figura N°14.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). _____ 72
- Figura N°15.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°16. _____ 73
- Figura N°16.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°17. _____ 73
- Figura N°17.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 1000X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). _____ 74
- Figura N°18.** Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Gránulos de melanina (A), perimisio (B), vaso sanguíneo (C), fascículo muscular (D), endomisio (E) y fibra muscular (F). _____ 74
- Figura N°19.** Corte histológico de tráquea de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C) y epitelio pseudoestratificado (D). _____ 75
- Figura N°20.** Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°21. _____ 75
- Figura N°21.** Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Anillo traqueal cartilaginoso (A), tejido conectivo (B), epitelio pseudoestratificado (C) y gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°22. _____ 76
- Figura N°22.** Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Anillo traqueal cartilaginoso (A) y gránulos de melanina (B). _____ 76

- Figura N°23.** Corte histológico de tráquea de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E). _____ 77
- Figura N°24.** Corte histológico de tráquea de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E). _____ 77
- Figura N°25.** Corte histológico de costilla de pollo (control). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto (B), osteocito (C), hueso compacto (D) y médula ósea (E). _____ 78
- Figura N°26.** Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Médula ósea (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°27. _____ 78
- Figura N°27.** Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D) y gránulos de melanina (E). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°28. _____ 79
- Figura N°28.** Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D) y gránulos de melanina (E). _____ 79
- Figura N°29.** Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Canal de Volkmann (A), gránulos de melanina (B), Sistema de Havers (C), canal de Havers (D) y médula ósea (E). _____ 80
- Figura N°30.** Corte histológico de costilla de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D), médula ósea (E) y gránulos de melanina (F). _____ 80
- Figura N°31.** Corte histológico de costilla de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito (C), hueso compacto (D), médula ósea (E) y gránulos de melanina (F). _____ 81
- Figura N°32.** Corte histológico de ovario de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), núcleo del ovocito (B), membrana granulosa (C), tecas del folículo (D) y tejido conectivo (E). _____ 82

- Figura N°33.** Corte histológico de ovario de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), membrana granulosa (B), teca interna con gránulos de melanina (C), teca externa con gránulos de melanina (D), gránulos de melanina (E) y tejido conectivo (F). _____ 82
- Figura N°34.** Corte histológico de ovario de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Folículo atrésico con gránulos de melanina (A), tejido conectivo (B) y gránulos de melanina (C). _____ 83
- Figura N°35.** Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Zona cortical. Folículo ovárico (A), membrana granulosa (B), tecas del folículo (C), folículo atrésico (D), gránulos de melanina (E) y tejido conectivo (F). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°36. _____ 83
- Figura N°36.** Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Folículo atrésico (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°37. _____ 84
- Figura N°37.** Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 1000X. Gránulos de melanina (A). _____ 84
- Figura N°38.** Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), núcleo del ovocito con gránulos de melanina (B), membrana granulosa (C), teca interna con gránulos de melanina (D) y teca externa con gránulos de melanina (E). _____ 85
- Figura N°39.** Corte histológico de ovario de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), teca interna con gránulos de melanina (B), teca externa con gránulos de melanina (C), gránulos de melanina (D) y tejido conectivo (E). _____ 85
- Figura N°40.** Corte histológico de testículo de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), túbulos seminíferos (B) y tejido intersticial (C). _____ 86
- Figura N°41.** Corte histológico de testículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D). _____ 86
- Figura N°42.** Corte histológico de testículo de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D). _____ 87

- Figura N°43.** Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°44. _____ 87
- Figura N°44.** Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Túnica albugínea (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°45. _____ 88
- Figura N°45.** Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 1000X. Túnica albugínea (A) y gránulos de melanina (B). _____ 88
- Figura N°46.** Corte histológico de proventrículo de pollo (control). Tinción H. E. 40X. Capa serosa (A), capa muscular (B), capa submucosa (C), yema proventricular (D) y capa mucosa (E). _____ 89
- Figura N°47.** Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Capa mucosa (A), gránulos de melanina (B), tabique con gránulos de melanina (C), yema proventricular (D), tejido conectivo (E) y vaso sanguíneo (F). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°48. _____ 89
- Figura N°48.** Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Vaso sanguíneo (A), gránulos de melanina (B) y tejido conectivo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°49. _____ 90
- Figura N°49.** Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B). _____ 90
- Figura N°50.** Corte histológico de proventrículo de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B), yema proventricular (C) y tabique (D). _____ 91
- Figura N°51.** Corte histológico de proventrículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B), yema proventricular (C) y tabique con gránulos de melanina (D). _____ 91
- Figura N°52.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), capa muscular (B), capa submucosa (C) y capa mucosa (D). _____ 92
- Figura N°53.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C). _____ 92

- Figura N°54.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo).
Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°55. _____ 93
- Figura N°55.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo).
Tinción H. E. 400X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°56. _____ 93
- Figura N°56.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo).
Tinción H. E. 1000X. Capa serosa (A) y gránulos de melanina (B). _____ 94
- Figura N°57.** Corte histológico de intestino grueso de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), músculo (B) y capa mucosa (C). _____ 94

RESUMEN

La fibromelanosis (Fm) es una mutación en *Gallus gallus domesticus* “pollo doméstico”, expresada por la melanización dérmica y visceral del cuerpo aviar, surgida probablemente en China. Los pollos con Fm son utilizados en la medicina popular china, dentro de sus tradiciones religiosas y culinarias. En el Perú, con fines comerciales, se crían diversas razas de pollos con Fm; sin embargo, ninguna investigación ha documentado desde un punto de vista histológico la distribución de la melanina en los órganos internos de estos pollos, lo cual dificulta a los criadores de estas aves, reconocer estas características, y por ende realizar una adecuada selección de sus pollos. En el presente trabajo se realizó una comparación histológica de la distribución de los gránulos de melanina en siete órganos (piel y músculo de la pierna, tráquea, gónadas, proventrículo e intestino grueso) y en la costilla de tres razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game), para que sea un aporte a la elaboración de un manual histológico que sirva como guía y material de consulta para los criadores de pollos con Fm, permitiéndoles llevar un mejor control y seguimiento de sus cruces, con lo cual realizarán una mejor selección de sus ejemplares. Se utilizó 20 pollos, 6 de cada raza y 2 de raza Old English Game (control), en igual número de hembras y machos. Para preparar las láminas histológicas se utilizó la tinción Hematoxilina - Eosina. Los resultados histológicos mostraron que los pollos Sedosos del Japón y Old English Game guineo, presentaron una distribución de los gránulos de melanina semejante; diferenciándose de la raza Modern Game la cual no presentó gránulos de melanina en el intestino grueso. Por otro lado, los pollos Sedosos del Japón mostraron mayor presencia de gránulos de melanina en sus órganos estudiados, en comparación a las otras dos razas.

Palabras clave: fibromelanosis (Fm), gránulo de melanina, pollo doméstico e histología.

ABSTRACT

The fibromelanosis (Fm) is a mutation in *Gallus gallus domesticus* “domestic chicken”, expressed by the dermal and visceral melanization of the avian body, probably arising in China. Chickens with Fm are used in China folk medicine, within their religious and culinary traditions. In Peru, for commercial purposes, different breeds of chickens with Fm are raised; however, no research has documented from a histological point of view the distribution of melanin in the internal organs of these chickens, which makes it difficult for the breeders of these birds to recognize these characteristics, and therefore make an adequate selection of their chickens. In the present work a histological comparison was made of the distribution of melanin granules in seven organs (skin and muscle of the leg, trachea, gonads, proventricle and large intestine) and in the rib of three domestic chicken breeds (Silky Japan, Old English Game guineo and Modern Game), to be a contribution to the development of a histological manual that serves as a guide and reference material for chicken breeders with Fm, allowing them to better control and monitor their crosses, with which they will make a better selection of their copies. We used 20 chickens, 6 of each breed and 2 of Old English Game breed (control), in equal number of females and males. The Hematoxylin - Eosin stains were used to prepare the histological slides. The histological results showed that the chickens Silky from Japan and Old English Game guineo presented a similar distribution of melanin granules; differing from the Modern Game breed which did not present melanin granules in the large intestine. On the other hand, the chickens Silky from Japan showed greater presence of melanin granules in their organs studied, in comparison to the other two races.

Keywords: fibromelanosis (Fm), melanin granule, domestic chicken and histology.

I. INTRODUCCIÓN

La fibromelanosis (Fm) o hiperpigmentación dérmica es una mutación en *Gallus gallus domesticus* Linnaeus, 1758 “pollo doméstico” conocida durante siglos en Asia Sudoriental y Europa, expresada por la acumulación anormal de melanina (pigmento oscuro en la dermis) en las formaciones de tejido conectivo del cuerpo aviar. En Asia, los pollos que presentan esta mutación son comúnmente llamados “pollos deshuesados”, debido a la coloración oscura del periostio. Hasta el momento los investigadores suponen que este fenotipo ha surgido en China, aunque la India y Java también son considerados posibles sitios de origen de Fm; siendo el pollo Sedoso del Japón o Silkie, la raza de pollo más antigua con hiperpigmentación dérmica. Las primeras investigaciones sobre los mecanismos de pigmentación y los orígenes genéticos de la Fm se remontan a principios del siglo pasado, realizándose hasta la actualidad numerosos trabajos sobre el tema. Hoy en día se conocen más de 25 razas de pollo doméstico con Fm, y casi todos tienen su origen al Sudeste de Asia. La gran cantidad de razas con Fm en esta parte del mundo se debe a que los pollos con huesos oscuros son utilizados de manera importante en la medicina popular china, en tradiciones religiosas y culinarias. Muchos productos hechos a base de pollo con Fm se recomiendan para mejorar la inmunidad de las personas; además, se utilizan para tratar la diabetes, la anemia, la dismenorrea y trastornos posparto. Estas propiedades medicinales, se deben a los elevados niveles de carnosina, dipéptido natural, que presentan.

1.1 Planteamiento del problema

Los genes asociados con la migración y distribución de los melanocitos en *Gallus gallus domesticus* “pollo doméstico” con fibromelanosis han sido ampliamente investigados; sin embargo, a nivel histológico se tiene poco conocimiento acerca de la distribución de la melanina en sus órganos internos.

En América Latina existe gran cantidad de criadores interesados en los pollos con Fm, los cuales por la poca información que existe al respecto, desconocen las características internas de estas aves, lo que les dificulta realizar una adecuada selección de sus ejemplares.

1.2 Formulación del problema

El Perú alberga diversas razas de pollo con Fm criados con fines comerciales. Sin embargo, en nuestro país ninguna investigación ha abordado ni documentado desde un punto de vista histológico la distribución de la melanina en los órganos internos de los pollos con Fm, ni mucho menos existe un manual histológico relacionado con esta mutación, que haga conocer dichas características a los criadores de estas aves. Por tal motivo, en el presente trabajo se propuso realizar una comparación histológica de la distribución de los gránulos de melanina en siete órganos (piel y músculo de la pierna, tráquea, gónadas, proventrículo e intestino grueso) y en la costilla de tres razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game) con Fm, que sea un aporte a la elaboración de un manual histológico que sirva de guía y consulta para los criadores de pollos con Fm.

1.3 Justificación de la investigación

Al comparar histológicamente la distribución de los gránulos de melanina en los órganos internos de tres razas de pollo con Fm y realizar el registro fotográfico correspondiente, se dejará constancia de como estos gránulos de melanina están dispuestos en los órganos de estas razas, su grado de similitud o diferencia; con lo cual se tendrá un panorama más claro de la forma de expresión de Fm en ellas. Asimismo, el manual histológico a elaborar, podrá ser utilizado como guía y material de consulta por los criadores de pollos con Fm, permitiéndoles llevar un mejor control y seguimiento de sus cruces, con lo cual realizarán una mejor selección de sus ejemplares, basándose en información científica y no empírica, como en la actualidad.

La información que se documentará en esta investigación espera ser un valioso aporte para un mejor entendimiento de la hiperpigmentación dérmica en *Gallus gallus domesticus*, generando datos relevantes para posteriores investigaciones en el campo de la patología e inmunología en la especie. Asimismo, será el primer informe que reporte la presencia de gránulos de melanina en los pollos Old English Game guineo y Modern Game, con lo cual se adicionará mayor valor económico a estas aves, ya que muchos criadores en el mundo buscan esta clase de pollos, en especial la población asiática, por su intensa pigmentación oscura y sus beneficios medicinales.

1.4 Objetivo general

Comparar histológicamente la distribución de los gránulos de melanina en siete órganos y en la costilla de tres razas de *Gallus gallus domesticus* Linnaeus, 1758 “pollo doméstico”, con fibromelanosis.

1.4.1 Objetivos específicos

- Determinar a nivel histológico la fibromelanosis en la piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso, de tres razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game), empleando la tinción Hematoxilina - Eosina.
- Identificar en que componentes celulares y estructurales de la piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso, de tres razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game) con fibromelanosis, se observa gránulos de melanina.
- Realizar un registro fotográfico para la elaboración de un manual histológico sobre pollos domésticos con fibromelanosis.
- Aportar conocimiento sobre la fibromelanosis en *Gallus gallus domesticus*, para un mejor entendimiento de la mutación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del pollo doméstico

2.1.1 Contexto histórico

El ave más antigua conocida, *Archaeopteryx lithographica*, descubierta a partir de un fósil encontrado en las calizas de Solnhofen (Alemania) en el período Jurásico (150 millones de años de antigüedad), poseía plumas y alas que le permitían volar. De todos los vertebrados terrestres, las aves son la clase con el mayor número de especies, aproximadamente 10.000 (el doble que los mamíferos), y se calcula que existen 300.000 millones de individuos en todo el planeta (Kardong 2007; González y Barbeito 2014).

Gallus gallus domesticus “pollo doméstico”, tienen su origen en el *Gallus bankiva*, del Sudeste de Asia, del cual se derivaron las razas y estirpes actuales. Estos pollos fueron introducidos al continente americano por los conquistadores hace más de 500 años y desde entonces se ha practicado la avicultura doméstica o de traspatio. Se cree que el pollo fue el primer animal europeo que pisó el continente americano, dado que Cristóbal Colón los embarcó en su segundo viaje. Las razones por las cuales Colón llevó pollos en su viaje fueron que ocupaban poco espacio, su alimentación no era complicada y además producían huevos. Por otro lado, hay antecedentes que, en Chile, antes de la llegada de los europeos, los mapuches criaban una gallina con características especiales, la gallina araucana (Duran y Perucho 2014).

2.1.2 Características y taxonomía

Los gallos y las gallinas muestran un evidente dimorfismo sexual, pudiéndose distinguir a simple vista. Los machos son más grandes, midiendo alrededor de los 50 cm y llegando a pesar hasta 4 Kg, mientras

que, las gallinas no suelen medir más de 40 cm y apenas llegan a los 2 Kg de peso.

La gallina doméstica, *Gallus gallus domesticus*, es una subespecie del género *Gallus* perteneciente a la familia Phasianidae (Bustamante y Bustamante 2009; Duran y Perucho 2014).

Dominio:	Eukarya
Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Subfilo:	Vertebrata
Clase:	Aves
Orden:	Galliformes
Familia:	Phasianidae
Subfamilia:	Phasianinae
Género:	<i>Gallus</i> (Brisson, 1760)
Especie:	<i>Gallus gallus</i> (Linnaeus, 1758)
Subespecie:	<i>Gallus gallus gallus</i> (Linnaeus, 1758)
Subespecie:	<i>Gallus gallus spadiceus</i> (Bonnaterre, 1792)
Subespecie:	<i>Gallus gallus bankiva</i> (Temminck, 1813)
Subespecie:	<i>Gallus gallus murghi</i> (Robinson & Kloss, 1920)
Subespecie:	<i>Gallus gallus jabouillei</i> (Delacour & Kinnear, 1928)
Subespecie:	<i>Gallus gallus domesticus</i>
Subespecie:	<i>Gallus gallus gallina</i>
Subespecie:	<i>Gallus gallus micronesiae</i>
Subespecie:	<i>Gallus gallus philippensis</i>

Clasificación y taxonomía de pollos (Al-Nasser *et al.* 2007).

2.2 Razas de pollo doméstico

2.2.1 Sedoso del Japón o Silkie

Este pollo doméstico es utilizado en la medicina tradicional china para tratar diversas enfermedades, fue descrito por Marco Polo en el siglo XIII, en uno de sus viajes al Asia, donde mencionó haber encontrado una gallina que, en vez de poseer plumas, presentaba un recubrimiento similar al pelo y con una piel muy oscura. En China algunos la nombran “deshuesado” o “hueso negro”, desde principios de la dinastía Tang (618-907), debido al color negro de la piel y los huesos (Pedraglio 2001; Lukanov y Genchev 2013). Este tipo de pollos presentan una variación en la estructura de las plumas, el plumaje sedoso, las plumas de contorno tienen cañones delicados y barbas largas, las barbillas están elongadas, muy visibles, carecen de ganchillos. Las rémiges (las grandes plumas del ala) y las rectrices (plumas caudales) están habitualmente modificadas en la parte distal, pero las rectrices se afectan más que las plumas del ala. La pluma carece de ganchillos, por lo que se pierde la unidad de la pluma. Los machos suelen pesar un máximo de aprox. 1.7 Kg y las hembras 1.4 Kg, mientras que los huevos son de color blanco con un peso máximo de 40 g. Su principal característica morfológica radica en su plumaje con cañón muy débil y blando, las fibras de vexillum son como pelo o seda, las patas presentan cinco dedos ligeramente cubiertos de plumas y un mechón de plumas en la cabeza. El color del plumaje es variado (Duran y Perucho 2014).



Gallina y gallo de raza Sedoso del Japón (Lukanov y Genchev 2013).

2.2.2 Old English Game

También conocido como el Antiguo Combatiente Inglés, descendiente de aves de pelea, existe en Gran Bretaña desde el siglo XIX. Esta raza no ha cambiado mucho durante más de mil años de existencia. Fue probablemente la primera raza desarrollada en Gran Bretaña y siempre han sido aves de pelea. Probablemente surgida del cruce entre razas malayas y combatientes. Fue reconocida como raza de exhibición en 1850, después que en 1849 el Parlamento decidiera que los combates de gallos serían ilegales y los criadores empezaron a exhibirla en las exposiciones. En los años 30 la raza se dividió, dando lugar a dos tipos: Carlisle y Oxford. Los Old English Game son la raza con más número de variedades entre todas las razas de pollo. Su plumaje es duro, ceñido, con plumas cortas y con poco plumón. Los gallos estándar pesan unos 2,3 Kg y las hembras 1,8 Kg aproximadamente, mientras que los huevos llegan a pesar 55 g, con cáscara de color blanco a amarillento (Pedraglio 2001).



Gallina de raza Old

English Game

(Ekarius 2016).

2.2.3 Modern Game

Originario de Gran Bretaña, son casi tan variados como los Old English Game. Los más conocidos son los ajisechos de ala marrón, dorados, dorados de ala blanca, plateados de ala blanca, carmelos, blancos, negros, etc. Esta raza es un subproducto de 2 razas de gallos de combate, Malayos y los Old English Game. Ellos fueron formados entre los años 1850 y 1900, justo después de la abolición de las peleas de gallos en 1849, en toda Inglaterra. Lo que caracteriza a esta raza es el gran tamaño de sus patas y cuello, además del tamaño reducido de su cola. Actualmente en Inglaterra están registrados cerca de 13 colores o variedades de Modern Game; el peso promedio de los Bantam o enanos es de 459 – 620 g, y de los de tamaño estándar es de 2.225 – 4.100 Kg. Su color de piel es blanco, aunque en algunos casos se puede ver la cara negra, la cáscara de los huevos es blanco (Pedraglio 2001).



Gallo de raza Modern Game (Ekarius 2016).

2.3 La fibromelanosis o hiperpigmentación dérmica

Es un término que se utiliza para designar una mutación en pollos domésticos, expresada por la melanización dérmica y visceral (Lukanov y Genchev, 2013). La descripción de este fenotipo como fibromelanosis (Fm) fue propuesta por Hutt en 1949. La hiperpigmentación se manifiesta con una coloración gris oscura de la piel, ojos, serosas, músculos, vainas de tejido conectivo nervioso, gónadas, tráquea y periostio de las aves, debido a la acumulación anormal de eumelanina en los tejidos (Muroya *et al.* 2000; Dorshorst *et al.* 2011; Lukanov y Genchev 2013). Los pollos que presentan esta mutación han sido llamados "pollos deshuesados", debido a la coloración oscura del periostio. Se supone que, en pollos domésticos, este fenotipo surgió en China junto con la mutación sedosa del plumaje. India y Java, también se consideran posibles sitios de origen de fibromelanosis (Lukanov y Genchev 2013). El *Gallus gallus domesticus* Brisson "Sedoso del Japón o Silkie chino", es la raza de pollo más antigua con fibromelanosis. En los viejos textos chinos de la época de la dinastía Tang se encuentra información sobre aves de piel negra y plumaje esponjoso (Dorshorst *et al.* 2010). El Silkie es el más estudiado entre todas las razas de pollo conocidas que presentan esta mutación (Dorshorst *et al.* 2011). Las

primeras investigaciones sobre los orígenes genéticos de la fibromelanosis y los mecanismos de pigmentación en Silkies se remontan a principios del siglo pasado por Bateson y Punnett en 1911, Kuklenski en 1915, Dunn y Jull en 1927. A pesar de las numerosas investigaciones sobre el origen y los mecanismos moleculares de expresión de la mutación, muchas preguntas siguen sin estar aclaradas (Dorshorst *et al.* 2010; Shinomiya *et al.* 2012).

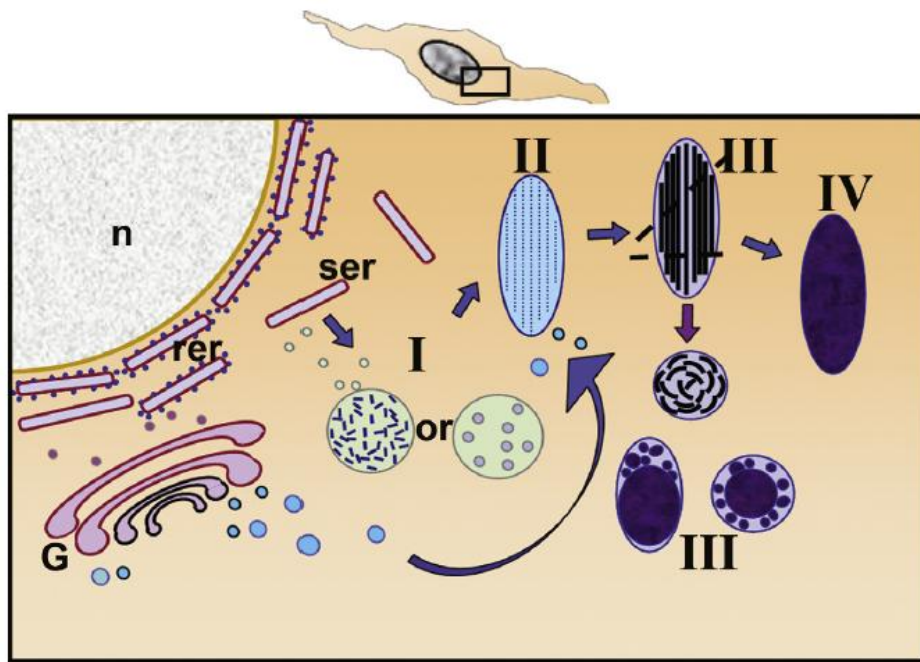
2.4 Melanina y melanogénesis

2.4.1 Melanina

En los vertebrados las células productoras de melanina, son los melanocitos, que se originan de las células de la cresta neural, situada al final del tubo neural, originado por una parte del ectodermo embrionario (Dorshorst *et al.* 2011). En el tubo neural, los melanoblastos indiferenciados migran a distintas partes del cuerpo donde se diferencian en melanocitos (Lukanov y Genchev 2013). La migración de melanoblastos en mamíferos y aves se produce a través de la vía dorsal. En los vertebrados inferiores, la migración y diferenciación de las células nerviosas, células gliales y melanoblastos siguen la vía ventral (Shinomiya *et al.* 2012). En las razas de pollo con fibromelanosis, los melanoblastos migran no sólo a través de la vía dorsal hacia la piel, sino también a través de la vía ventral, y se almacenan en los órganos internos (Muroya *et al.* 2000; Shinomiya *et al.* 2012).

Los melanocitos situados en los órganos y tejidos internos de pollos con fibromelanosis contienen melanosomas en diferentes etapas de madurez (principalmente en estadios III y IV) como los dérmicos (Ortolani-Machado *et al.* 2009). En 1971 Brumbaugh, distinguió dos tipos de melanocitos: los eumelanocitos que sintetizan eumelanina y los feomelanocitos que sintetizan feomelanina. Las aves, producen estos dos tipos de melanina (Stevens 2005). La eumelanina es el pigmento oscuro (marrón oscuro a negro), con polímeros de ácido dihidroindol carboxílico, responsable de la

expresión de la fibromelanosis, mientras que la feomelanina está presente sólo en el emplumado de las aves (Smyth 1994) y presenta un polímero de benzotiazina que contiene cisteína de color rojo a amarillo (Lukanov y Genchev 2013). La deposición de ambos pigmentos en una zona específica del cuerpo y plumaje está determinada por la interacción de varios genes (Smyth 1994; Stevens 2005). Los dos tipos de melanina actúan en direcciones opuestas, siendo la eumelanina un pigmento fotoprotector antioxidante y la feomelanina, fototóxica y con actividad prooxidante (Simon *et al.* 2009).



Esquema que representa los pasos de formación de gránulos de melanina. **rer**: retículo endoplásmico rugoso (ribosomas); **ser**: retículo endoplásmico liso; **G**: aparato de Golgi; **n**: núcleo; I, II, III, IV: etapas I, II, III, IV, respectivamente. (Ortolani-Machado *et al.* 2009).

2.4.2 Melanogénesis

El proceso de síntesis de melanina se denomina melanogénesis. Ambas formas pigmentarias de melanina se sintetizan por oxidación del aminoácido L-tirosina a 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) y posteriormente a DOPA-Quinona, por acción de la tirosinasa (TYR) (Simon *et al.* 2009). Aparte de la tirosinasa, la producción de eumelanina también se produce a través de las proteínas tirosinasa tipo: TYRP1 y TYRP2. Por la misma vía se forma también la ortoquinona que desempeña un papel importante en la melanogénesis (Lukanov y Genchev 2013). De acuerdo con el tipo de pigmento producido, la DOPA-Quinona se convierte en ciclodopa, dopacromo, dihidroindolcarboxílico (DHICA) o dihidroindol (DHI) y finalmente en eumelanina (Simon *et al.* 2009). La feomelanina se sintetiza a través de la conversión de DOPA-Quinona a Cisteinil-DOPA (5-S-Cisteinil-DOPA ó 2-S-Cisteinil-DOPA) mediante la adición de cisteína. Cisteinil-DOPA interactúa con la DOPA-Quinona para producir Cisteinil-DOPA-Quinona y DOPA. La Cisteinil-DOPA-Quinona se deshidrata y a continuación se transforma en ortoquinonimina, que se convierte después (con o sin descarboxilación) en precursor de la feomelanina benzotiazina (BT) y ácido benzotiazina carboxílico (BTCA) (Smyth 1994; Simon *et al.* 2009). Cuando las actividades de la tirosinasa son bajas, la síntesis de feomelanina podría ocurrir a partir de la cisteína a la DOPA-Quinona (Lukanov y Genchev 2013).

Los eventos de síntesis de melanina se dan en los melanocitos, por medio de un sistema de endomembranas, llamados melanosomas (Smyth 1994; Simon *et al.* 2009). Los melanosomas son organelos celulares melanocíticos similares a los lisosomas. Se piensa que se originan en el retículo endoplasmático rugoso melanocítico, como melanosomas primarios. La formación de melanosomas se produce a través de cuatro etapas: fase I, fase II (premelanosoma), fase III (melanosoma) - fase IV (melanosoma con gránulos de melanina). Dependiendo del pigmento

sintetizado, se distinguen en eumelanosomas y feomelanosomas (Simon *et al.* 2009; Lukanov y Genchev 2013).

2.5 Factores genéticos de la fibromelanosis

Esta mutación está determinada por un gen autosómico dominante denominado Fm/EDN3 (fibromelanosis) que interactúa con el gen recesivo ligado al sexo tipo salvaje (id^+) y posiblemente el gen (W^+) que determina el color blanco de la piel (Lukanov y Genchev 2013). Investigaciones recientes y la nueva terminología genética señalan que, el locus Fm se encuentra en el cromosoma 20, siendo el gen EDN3 el principal factor que provoca la fibromelanosis (Dorshorst *et al.* 2010; Shinomiya *et al.* 2012). La fibromelanosis es una de las primeras características fenotípicas de pollo sujeta a un análisis genético, siendo estudiada por Bateson y Punnett en 1911 y Hutt en 1949 (Dorshorst *et al.* 2010; Lukanov y Genchev 2013).

Las primeras investigaciones sobre el mecanismo de herencia de la fibromelanosis fueron realizadas por Bateson y Punnett en 1911, en Silkies y Leghorns marrones. Describiendo dos factores responsables de la hiperpigmentación: factor de pigmentación (P) y factor de inhibición (I). Según estos investigadores, sólo las aves con el genotipo P/P/i/i están completamente pigmentadas, el genotipo P/p/l/i determina una ligera pigmentación, mientras que las aves con genotipos p/p/i/i, p/p/l/i y p/p/l/l no están pigmentadas (Lukanov y Genchev 2013). Asimismo, establecieron que el rasgo se debía a una herencia relacionada con el sexo y supusieron la existencia de un tercer elemento - F, ligado al sexo e influenciando la expresión de la fibromelanosis. Las investigaciones seguidas por Dunn y Jull en 1927, mostraron el modo de herencia de los rasgos y su relación con otros genes (Dorshorst *et al.* 2010; Lukanov y Genchev 2013). Hasta hace poco, el gen responsable de la expresión de fibromelanosis se denominaba Fm; hoy en día, hablamos de un locus Fm con un gen denominado EDN3 como principal factor de fibromelanosis (Dorshorst *et al.* 2011; Shinomiya *et al.* 2012).

Sobre la base de estudios anteriores Dorshorst *et al.* (2010, 2011) y Shinomiya *et al.* (2012), utilizaron PCR y marcadores de microsatélite para identificar la ubicación del locus Fm en el cromosoma 20 (10,2-11,7 Mb). Asimismo, Dorshorst *et al.* (2011), determinaron que la fibromelanosis se debe a dos regiones duplicadas en el cromosoma 20 (10,717,600-10,842,919 pb y 11,264,226-11,432,336 pb); además, demostraron la presencia de la secuencia de EDN3 en el genoma de cuatro razas de pollo con fibromelanosis: Silkie, Ayam Cemani, Svart Höna y Black Hmong, así como una mayor expresión de SLMO2 y TUBB1 en el fenotipo con fibromelanosis.

La endotelina 3 (EDN3), ejerce un efecto mitógeno sobre los melanoblastos, potencia la proliferación de melanoblastos y la regulación melanocítica (Dorshorst *et al.* 2010, 2011; Shinomiya *et al.* 2012). Shinomiya *et al.* (2012), informan la presencia de cinco genes específicos en el locus Fm: EDN3, HIVEP1, SLMO2 (slowmo homolog 2), F1ATPase-e y TUBB3 (tubulina beta), en la raza de pollo Silkie.

El otro gen primario que influye en la expresión de la fibromelanosis es el gen dominante incompleto ligado al sexo Id, o el inhibidor de la melanina dérmica ligado al sexo (Smyth 1994; Stevens 2005; Dorshorst *et al.* 2010). El alelo Id presenta una actividad inhibidora, mientras que el alelo recesivo de tipo salvaje (id⁺) potencia la expresión de la fibromelanosis. (Dorshorst *et al.* 2010, 2011) establecieron la localización del locus Id en el cromosoma sexual Z. Según Dorshorst *et al.* (2010), los genes B4GALT1 (beta 1,4-galactosiltransferasa, polipéptido 1) y VCAN (condroitina sulfato proteoglicano versican), localizados en el cromosoma sexual Z, son potencialmente inhibidores de la melanina dérmica.

Se reconoce el papel de B4GALT1 en la migración de células de la cresta neural (NCC) a través de la vía ventral durante la embriogénesis (Lukanov y Genchev 2013). B4GALT1 es detectada en el locus Id a 68.7 Mb, inmediatamente cerca del gen B (Barring) (Dorshorst *et al.* 2010). El segundo gen candidato como inhibidor de la melanina dérmica es VCAN, localizado fuera de la región Id del cromosoma sexual Z a 61,3 Mb. Presenta un efecto inhibidor sobre la migración

de las NCC a lo largo de la vía dorsal y ventral durante la embriogénesis (Lukanov y Genchev 2013).

Existen otros inhibidores dérmicos, que podrían aumentar o reducir la expresión de Fm. Un inhibidor típico de la melanina es el gen de restricción ligada al sexo "B / (Barring)", que determina la restricción y el patrón de plumas negras en los pollos (Smyth 1994; Dorshorst y Ashwell 2009). Dorshorst y Ashwell (2009) detectaron el gen B a 71,8 Mb en el cromosoma sexual Z. Debido a su presencia, sólo los Silkies tipo cuco (plumas negras) con los genotipos B/B/Fm/Fm o B/-/Fm/Fm están sin fibromelanosis, dependientemente del sexo. Algunos alelos relacionados con el color de plumaje como E y ER del locus E, presente en el cromosoma 11, podrían junto con id^+ , influir en la acumulación de melanina dérmica, provocando hiperpigmentación en la cara y mejoran la expresión del gen Fm (Smyth 1994; Lukanov y Genchev 2013).

En varias razas de pollo, predominantemente europeas, se encuentra una mutación similar a fibromelanosis llamada "cara gitana". La cual afecta sólo a algunas formaciones de la cabeza (peine, barbas y lóbulos de las orejas). En este caso, la pigmentación de melanina es superficial, afectando sólo la piel de la cabeza; sin embargo, no ha sido muy bien estudiada por los investigadores y probablemente presente una herencia poligénica. Comúnmente, las aves con un rostro marcadamente oscuro tienen también plumaje oscuro (negro, birchen, birchen azul, birchen amarillo, etc.) que indica una asociación de este rasgo fenotípico con los alelos E y ER del locus E (Lukanov y Genchev 2013).

Se cree que el gen inhibidor de la melanina ligado al sexo tipo salvaje (id^+) es esencial para la aparición de la cara oscura en las aves. En las aves hembra, la cara oscura se expresa mejor, con crecimientos faciales carnosos bien pigmentados. Las razas que llevan esta mutación son los pollos: Ardennes, Bruges Game, Liège Game, Sumatras tipo europeo, Modern Game English Bantam, y algunas razas europeas.

2.6 Importancia social y económica de los pollos domésticos con fibromelanosis

2.6.1 Social

Los pollos con fibromelanosis son especialmente valorados en China, Vietnam, Tailandia, India, Indonesia, Malasia y Corea, debido a su participación en las creencias religiosas, medicina tradicional y cocina; de los pobladores del Sureste asiático. Estos pollos se usan principalmente en la medicina popular china, ya que se cree que contienen sustancias útiles desconocidas (Shinomiya *et al.* 2012). Muchos productos procedentes de pollos con Fm se recetan para mejorar la inmunidad de pacientes y procesos anabólicos. Además, se utilizan para tratar la diabetes, la anemia, la dismenorrea y los trastornos posparto (Tian *et al.* 2007). Los estudios comparativos entre pollos Silkies y Plymouth Rock blancos, criados en condiciones idénticas, mostraron niveles significativamente más altos de carnosina en la carne de Silkies (0,45%) que en Plymouth Rock (0,22%) (Tian *et al.* 2007). La carnosina es un dipéptido natural que actúa como un tampón fisiológico en los músculos, es antioxidante, neurotransmisor y agente antiglicante (Tian *et al.* 2007; Lukanov y Genchev 2013).

2.6.2 Económico

Los pollos con fibromelanosis, se encuentran frecuentemente en las recetas de la cocina asiática y son reconocidos como un valioso alimento saludable y fácilmente digerible rico en carnosina (Shinomiya *et al.* 2012). Uno de los platos más populares preparados con carne de estos pollos es la "sopa de pollo deshuesado" (Lukanov y Genchev 2013). Estos pollos son buscados en el mercado asiático y por los inmigrantes del Sur de Asia en todo el mundo. Danny Wu, propietario de K. K. Live Poultry informó, la venta de más de 3.000 pollos "deshuesados" por semana a restaurantes de Chinatown en Nueva York (Louie 2007). Por lo tanto, la producción de carne de pollos con Fm es un nicho de producción grande, todavía desocupado

para restaurantes que ofrecen comida tradicional china (Lukanov y Genchev 2013).

Fuera de Asia las aves con piel, músculos y huesos oscuros son catalogados como algo místico, extraño y exótico, y no son populares para el consumo. Sin embargo, han encontrado su lugar en la cría de aves exóticas debido a su apariencia única, los Silkies están entre las razas de pollo exótico más populares del mundo (Tian *et al.* 2007; Dorshorst *et al.* 2010, 2011; Ekarius 2016).

III. ANTECEDENTES

Moreno *et al.* (1979). Analizaron algunos aspectos estructurales del estómago del pollo doméstico, para lo cual utilizaron 16 ejemplares de distintas edades, cinco de 15 a 20 días, ocho de 40 a 60 días, uno de 90 días y dos de 1 año. Tomaron muestras de proventrículo, segmento intermedio y ventrículo; que fueron teñidos con H & E., Van Gieson, Artetra, Azul de Toluidina y Gomori. Lograron demostrar que, en el proventrículo, la mucosa de color rosado pálido, presenta una muscularis mucosae algo esquematizada, existiendo un predominio de las fibras longitudinales sobre las circulares. Observaron que la pared del estómago glandular está conformada por una delgada capa subserosa de tejido conectivo, recubierta por serosa peritoneal. Asimismo, en el ventrículo distinguieron un fondo de saco anterior y otro posterior, y en el medio de estos dos sacos diferenciaron el cuerpo del ventrículo, con sus dos caras y dos bordes, destacando las aponeurosis de un color blanco nacarado.

Hirano (1990). Observó la distribución de las células que contenían gránulos de melanina en los huesos de aves sedosas jóvenes y adultas. Asimismo, detectó que los gránulos de melanina no sólo estaban presentes en los melanocitos que se distribuían principalmente en el periostio, sino también en todos los tipos de células presentes en el hueso. Demostró que, en aves sedosas jóvenes, las células que contienen pigmento se distribuyen en todas las capas del hueso y periostio, pero en un número bajo; y en aves sedosas adultas, la mayoría de las células del periostio presentaban gránulos de pigmento, sin embargo, en el hueso, se observó que los gránulos de pigmento se evidencian sólo en los osteocitos situados cerca de la superficie. Sus hallazgos sugieren que los melanocitos transfieren gránulos de pigmento a células osteogénicas u osteoblastos antes que se diferencien a osteocitos, donde se supone que son digeridos.

Dupin *et al.* (2000). Utilizaron el embrión aviar como modelo, ya que anteriormente diversos estudios habían demostrado que la endotelina 3 (ET3) promueve la supervivencia y proliferación de melanocitos aviares unipotentes y bipotentes (glía-melanocitos) derivados de la cresta neural (NC). Investigaron si en etapas posteriores, las células pigmentarias embrionarias responden a ET3. Tal posibilidad era respaldada por una conclusión anterior que *In vivo* los melanocitos aviares expresan el receptor de endotelina B2 (ETRB2) durante la migración y después de su diferenciación en la piel. Encontraron que *In vitro* ET3, dependiente de la dosis, ejerce una estimulación en la proliferación y melanogénesis en células de la NC, que habían emigrado a la epidermis de la piel dorsal del embrión de codorniz. Además, en cultivos clonales de células pigmentarias derivadas de la piel, ET3 indujo divisiones celulares rápidas de melanocitos clonogénicos que generan una progenie mixta de melanocitos y células sin gránulos de pigmento, que expresan marcadores gliales en más del 40% de las colonias. Por lo tanto, concluyeron que ET3 ejerce un fuerte efecto mitógeno en las células pigmentarias embrionarias y capaz de alterar su programa de diferenciación, llevándolos a recapitular la bipotencialidad glial-melanocito de sus ancestros.

Muroya *et al.* (2000). Extrajeron pigmento (melanina) de varios tejidos de dos pollos Silky, para determinar su estructura molecular y distribución interna. Por medio del análisis de espectroscopía infrarroja, obtuvieron dos patrones de espectro del pigmento; uno de ovario y testículo, el otro de periostio y pluma. Suponiendo que la diferencia entre los dos espectros posiblemente se deba al contenido de azufre en la melanina. El espectro del pigmento en plumas y periostio compartían características similares, lo que indicó que los melanocitos dispersados en estos tejidos eran funcionalmente iguales. De acuerdo con sus análisis cuantitativos, clasificaron a los tejidos examinados en orden al contenido de pigmento ($p < 0,05$), siendo el periostio el que mayor cantidad de pigmento presentó, seguido de las gónadas, tráquea, corazón, hígado, molleja, ciegos, músculos y piel. Además, las regiones específicas de las células derivadas de la cresta neural embrionaria, tales como la arteria cardíaca y varias partes de tejidos cefálicos, se encontraron hiperpigmentadas. Sus datos sugieren que la hiperpigmentación en el pollo Silky

ocurre de manera específica en tejidos y órganos, lo cual está fuertemente relacionado con el desarrollo de las células de la cresta neural.

Faraco *et al.* (2001). Estudiaron la melanogénesis en pollos Silkie, mediante el uso de marcadores para las células de la cresta neural y melanoblastos, documentando el desarrollo del patrón de pigmentación en Silkie. La dispersión inicial de los melanoblastos fue la misma en pollos Silkie, Leghorn marrón claro (LBL), Leghorn blanco (WLH) y embriones de codorniz. Sin embargo, en la etapa 22 cuando toda la migración de células de la cresta neural ventral ha cesado en WLH, los melanoblastos en el embrión Silkie continúan migrando entre el tubo neural y los somitas para ocupar el esclerótomo. La capacidad de los melanoblastos en los embriones Silkie, para migrar ventralmente a lo largo del tubo neural y desde el espacio dorsolateral se correlaciona con la falta de tejidos de restricción, que están presentes en el embrión LBL. Concluyeron que dichos tejidos no están presentes en los pollos Silkie, y que sus resultados respaldan la idea que el fenotipo de Silkie se debe a una diferencia ambiental más que a un defecto específico de la cresta neural.

Ortolani-Machado *et al.* (2009). Caracterizaron ultraestructuralmente los gránulos de melanina que se desarrollan en los melanocitos dérmicos de la piel dorsal del pollo Silky japonés (SK), en un intento de comprender mejor los procesos de la melanogénesis en estas células ectópicas. Los pasos de la melanogénesis fueron similares a los descritos en los melanocitos epidérmicos, con melanosomas que van de la etapa I a la IV pero, en SK, la maduración se produce en el cuerpo del melanocito, así como en los procesos citoplasmáticos. El destino final de los melanosomas maduros aún no está claro, aunque observaron que los macrófagos dérmicos pueden acumular gránulos de melanina en sus fagosomas. Incluso con la gran proximidad entre los melanocitos con otras células dérmicas, no observaron la transferencia de melanosomas. Sus hallazgos muestran que la melanogénesis que ocurre en los melanocitos dérmicos de SK, tiene las mismas características morfológicas que en los melanocitos epidérmicos.

Dorshorst *et al.* (2010). Realizaron un estudio del genoma de 3 razas de pollo doméstico (Silkie, Polaco y New Hampshire) mediante un análisis de polimorfismo

de nucleótido simple (SNP), para detectar regiones genómicas que mostraran una asociación significativa entre el gen ligado al sexo, inhibidor de la melanina dérmica (Id), y el gen autosómico dominante de fibromelanosis (Fm), los cuales interactúan en la hiperpigmentación dérmica; para ello mapearon 2 poblaciones de pollo, diseñadas a segregar independientemente para Id y Fm. El SNP mostró que la mayor asociación con Id se encuentra a 72,3 Mb en el cromosoma sexual Z y para Fm la mayor asociación se mostró de 10,3-13,1 Mb en el cromosoma 20. Antes de este estudio, el grupo de unión a la que Fm pertenecía era desconocido. Aunque el objetivo principal de su estudio fue identificar los loci que contribuyen a la pigmentación dérmica en el pollo Silkie, también detectaron loci asociados con varios otros rasgos morfológicos que presentan estas poblaciones. Identificaron regiones genómicas asociadas con el plumaje del Silkie (h), con las patas emplumadas (Pti), con el peine de rosa (R) y con el peine dúplex (D).

Serrano *et al.* (2010). Elaboraron un estudio descriptivo histológico del gallinazo negro (*Coragyps atratus*), con el fin de identificar sus componentes celulares y estructurales, realizando una comparación con los hallazgos reportados en la especie *Gallus gallus domesticus*. Encontraron que ambas especies comparten características celulares y estructurales asociadas a aspectos funcionales en diferentes órganos. Las diferencias fueron encontradas en el sistema digestivo del gallinazo negro, donde destaca la mayor cantidad de tejido queratinizado, ubicado en la mucosa, desde la porción de la lengua hasta la molleja. En el intestino grueso, observaron la ausencia de ciegos e histológicamente se caracterizó por la presencia de vellosidades discontinuas. Asimismo, en el sistema tegumentario del gallinazo negro, determinaron que la capa externa del epitelio plano queratinizado es de un grosor mayor que el de los pollos domésticos y que la única diferencia evidente es la falta de folículos plumosos en la piel del cuello, con presencia de pliegues cutáneos prominentes, y mayor presencia de melanocitos.

Dorshorst *et al.* (2011). Determinaron que la presencia del alelo dominante Fm da lugar a una pigmentación extensa de la capa dérmica de la piel y gran parte del tejido conectivo interno, en pollos Silkie. Identificaron la causa de esta mutación (fibromelanosis), una duplicación invertida y unión de dos regiones genómicas

separadas por más de 400 kb en individuos de tipo salvaje. Además, que una de las regiones duplicadas contiene endotelina 3 (EDN3), un gen con un papel conocido en el desarrollo de la proliferación de melanoblastos. Mostraron que la expresión de EDN3 se incrementa durante el desarrollo del embrión de Silkie, en el tiempo en el que los melanoblastos migran y mantienen niveles elevados de expresión en el tejido de la piel adulta. En este estudio examinaron 4 diferentes razas de pollo de Asia y Europa que mostraban hiperpigmentación dérmica y concluyeron que la misma variante estructural causa este fenotipo en las razas de pollo estudiadas. Este reordenamiento del complejo genómico causa un rasgo específico monogénico en el pollo, e ilustra como nuevas mutaciones con efectos fenotípicos se han reutilizado durante la formación de razas en animales domésticos.

Shinomiya *et al.* (2012). Identificaron las bases genéticas de la fibromelanosis (Fm) y determinaron el modo de herencia de este fenotipo como, autosómica dominante, posteriormente realizaron un análisis de ligamiento con marcadores de microsatélite. Para esto usaron 85 individuos de la progenie de retrocruzamientos de pollos Minorca negros (BM-C) con individuos F1 obtenidos de los cruces de pollos Silky blancos (sedosos) y Minorca negros, localizando el locus Fm en el cromosoma 20 (10,2-11,7 Mb). Además, observaron un marcador de ADN que todos los pollos sedosos e individuos F1 presentaban, teniendo patrones de genotipos heterocigóticos, lo que sugiere, una duplicación de genes en la región Fm. Mediante análisis cuantitativos de PCR en tiempo real, detectaron la duplicación de cinco genes específicos en la raza Silky, incluyendo la endotelina 3 (EDN3), que codificaba un potente mitógeno para melanoblastos. EDN3 y otros tres genes duplicados, se expresaron casi dos veces más en pollos sedosos que, en pollos Minorca negros. Sus resultados sugieren fuertemente que, el aumento de los niveles de expresión resultante de la duplicación de genes en la región Fm, es el desencadenante de la hiperpigmentación de los órganos internos de pollos sedosos.

Han *et al.* (2015). Analizaron la distribución de los melanocitos en 26 tejidos de pollos sedosos (SF), en el día 1 y en 2, 3, 4, 6, 10 y 23 semanas de vida.

Determinaron que los melanocitos se distribuyeron por casi todo el cuerpo aviar, principalmente alrededor de los vasos sanguíneos. Observaron la interacción de los melanocitos con las células de los tejidos, y que los gránulos de melanina, encapsulados en melanosomas, es transportada a través de filopodios hacia la membrana de los tejidos. Demostraron que los pollos sedosos menores de 10 semanas de edad, tienen índices más bajos, en relación al tamaño, de bazo, timo y bursa de Fabricio que los pollos Leghorns blancos (WLs). Sin embargo, la desaparición del timo y la bursa de Fabricio ocurrió más lento en SF que en WL, después de la madurez sexual. Analizaron las células apoptóticas y su asociación con las proteínas Bax y Bcl-2, indicando que la apoptosis está implicada en la desaparición del timo y la bursa de Fabricio. Por lo tanto, sugirieron que la hiperpigmentación de los pollos sedosos puede tener una estrecha relación con su desarrollo inmune.

Nishimura *et al.* (2016). Estudiaron las características de la distribución de los melanocitos en los músculos esqueléticos de pollos Silky, asociadas con su crecimiento. Para lo cual pesaron músculos pectoralis (PT) e iliotibialis lateralis (ITL) de once machos Silky de 1, 3, 5, 10, 20 y 30 semanas de edad, y los sometieron a una prueba inmunohistoquímica. Observaron que, en el pollito de 1 semana, muchos melanocitos no solo estaban presentes en el perimysio sino también en el endomysio; sin embargo, los melanocitos disminuyeron rápidamente a las 3 semanas de edad. Determinaron que el área total ocupada por melanocitos en las secciones histológicas disminuyó de 0-61% a 0-16% en el músculo PT y de 1-67% a 0-33% en músculo ITL de 1 a 3 semanas, y luego disminuyó gradualmente. Concluyeron que la proporción de melanocitos intramusculares en las aves Silky difiere entre los tipos de músculos en las primeras etapas de desarrollo, y disminuye con el crecimiento.

Zhang *et al.* (2016). Investigaron la microestructura del proventrículo y la ultraestructura de las células de la glándula gástrica, de pollos Silkie de hueso negro (BSF). Para lo cual tomaron una muestra del proventrículo de BSF de 4 semanas de edad. Observaron que la pared del proventrículo de BSF estaba compuesta por cuatro capas, la mucosa, la submucosa, la muscularis externa y la serosa, como en

otras aves. A diferencia de otros pollos evidenciaron que gran parte de la melanina estaba presente en el tejido conectivo laxo de la lámina propia de la submucosa, en el perimio y endomio de la capa muscular externa y en la capa serosa. Determinaron que las células de la glándula gástrica del proventrículo de BSF, solo son células oxintopépticas, las cuales secretan tanto ácido clorhídrico como pepsinógeno, las que, en comparación con las células de la glándula gástrica de los mamíferos, se encuentran subdesarrolladas.

Guo *et al.* (2017). Investigaron las características de la distribución de los melanocitos en la piel de aves Silky, mediante los métodos de tinción histoquímica de Lillie y DOPA. Sus resultados mostraron que los melanocitos maduros, que secretan gránulos de melanina, se localizaron principalmente en la capa basal de la epidermis y en los bulbos del folículo piloso, mientras que los melanocitos amelanóticos se encontraban en la vaina radicular externa de los folículos capilares. En diferentes partes de la piel, los niveles de maduración de los melanocitos generalmente eran los siguientes: piel de la uña > piel dorsal > piel abdominal > piel de la barba > piel de cresta de gallo. Concluyeron que, los melanocitos en la piel emplumada alcanzaron con mayor facilidad el estado de madurez que la piel carnosa, y que los melanocitos en la piel dorsal maduraron más rápido que en la piel abdominal.

IV. HIPÓTESIS

Si las razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game) con fibromelanosis, presentan igual distribución de gránulos de melanina en la piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso; entonces podremos inferir que esta mutación se manifiesta de forma semejante en esas razas.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Lugar de ejecución

El material biológico, pollos domésticos, fueron obtenidos del criadero “Faisanes Perú of Eagle Beli's”, en el mes de noviembre del año 2017, los cuales posteriormente fueron sacrificados y procesados en los Laboratorios de Microscopía, Parasitología y Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma, ubicada en la Av. Benavides 5440 Urb. Las Gardenias - Lima.

5.2 Tipo y diseño de la investigación

Este trabajo de investigación es de tipo exploratorio, con un diseño de investigación experimental.

5.3 Variables

Raza, sexo, órgano y gránulos de melanina.

Tabla N°1. Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de Variable	Escala de medición	Indicadores
Raza	Cualitativa	Nominal	Fenotipo
Sexo	Cualitativa	Nominal	Macho o hembra
Órgano	Cualitativa	Nominal	Tipo de estructuras
Gránulos de melanina	Cualitativa	Nominal	Presencia o ausencia.

5.4 Muestreo

Se obtuvieron 20 pollos domésticos, 2 de raza Old English Game, hembra y macho, de 6 a 7 meses de edad, utilizados como control (Fig. N°1), y 18 pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game, 6 de cada raza, igual número de hembras y machos, de 6 a 7 meses de edad (Fig. N°2, 3 y 4).

5.5 Procedimientos y análisis de datos

5.5.1 Obtención de muestras

Los pollos fueron sacrificados con T-61, previamente anestesiados con ketamina. Durante la disección de los pollos utilizados como control, los órganos no mostraron pigmentación oscura (Fig. N°5), mientras que en los órganos de los pollos (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game), la pigmentación oscura era claramente visible (Fig. N°6). Se tomaron dos muestras de tejido de cada órgano a estudiar (piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso), las que fueron fijadas en formol al 10% (Butcher y Miles 1993), y depositadas en viales de vidrio previamente rotulados para poder ser procesadas, eligiendo la muestra que presentaba mayor pigmentación oscura.

5.5.2 Tinción en Hematoxilina - Eosina (H. E.)

Todos los tejidos fueron fijados durante 24 horas, se recortaron, se deshidrataron usando alcoholes al 70, 80, 90 y 100%; luego fueron embebidos en parafina y cortados transversalmente en secciones en serie de 5 µm con ayuda de un micrótopo tipo minot marca Slee, modelo Cut5062, del laboratorio de Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma. Las secciones se desparafinaron, rehidrataron y fueron teñidas en Hematoxilina durante 5

minutos. Luego se enjuagaron con agua destilada, seguidas por HCl al 1% y en alcohol al 75% durante 20 segundos, posteriormente fueron colocadas en alcohol al 70 y 80% durante 2 minutos cada una y luego teñidas con Eosina durante 30 segundos. Después fueron decoloradas en alcohol al 95% durante 1 minuto, inmediatamente las secciones se deshidrataron en alcohol al 100% y en xileno, rápidamente fueron montadas con bálsamo de Canadá para su posterior observación e investigación (Han *et al.* 2015). Cabe mencionar que las muestras de hueso (costilla) previamente fueron descalcificadas con EDTA al 5% (Hirano 1990).

5.5.3 Estudio histológico y registro fotográfico

Se elaboró siete láminas por cada individuo (una de cada órgano), la cual fue analizada y estudiada utilizando un microscopio marca Leica, modelo DM500, del laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma, con lo cual se logró observar las características histológicas de cada muestra e identificar en que tejidos se evidencia gránulos de melanina. Asimismo, se realizaron registros fotográficos de cada lámina observada, empleando una cámara digital a color marca Leica, modelo EC3, con ayuda del software LAS EZ, del laboratorio de Parasitología de la misma facultad y universidad, para dejar constancia de la presencia o ausencia de los gránulos de melanina.

5.5.4 Tratamiento de los datos

Con los datos obtenidos se elaboraron tablas estadísticas, las cuales fueron analizadas y procesadas utilizando los programas: IBM SPSS Statistics 20.0 y Microsoft Excel versión 14.0.

5.6 Aspecto ético

Los especímenes fueron obtenidos del criadero “Faisanes Perú of Eagle Beli's” de propiedad del señor Benito Amasifuén, quien tuvo pleno conocimiento de la investigación realizada. Asimismo, en el sacrificio de los pollos se respetó los

protocolos establecidos. Por otro lado, las aves utilizadas en el presente trabajo de investigación, no son una amenaza a la biodiversidad.

VI. RESULTADOS

6.1 Estudio histológico

6.1.1 Piel de la pierna

Es muy delgada y seca, presenta plumas, característica exclusiva de las aves. Desde un punto de vista histológico está formada por una capa externa denominada epidermis, y una capa interna llamada dermis, las cuales están separadas por la lámina basal. Se observó gránulos de melanina en los siguientes componentes celulares, según se detalla:

Control

- No se evidenció gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°7).

Sedoso del Japón

- Alrededor de los folículos plumosos.
- En la lámina elástica y en el estrato superficial, compacto y laxo, de la dermis.
- Ver figura N°8.
- En el tejido conectivo que rodea a los vasos sanguíneos.

Old English Game guineo

- Alrededor de folículos plumosos.
- En el estrato superficial, compacto y laxo de la dermis.
- Ver figura N°9.
- En el tejido conectivo que rodea a los vasos sanguíneos.

Modern Game

- En la lámina elástica y en el estrato superficial, compacto y laxo, de la dermis (Fig. N°10).

- En el tejido conectivo que rodea a los vasos sanguíneos (Fig. N°10, 11 y 12).
- Alrededor de los folículos plumosos.

6.1.2 Músculo de la pierna

Está conformado por fibras musculares cubiertas por una capa de tejido conectivo denominado endomisio, el conjunto o grupo de estas forman el fascículo muscular rodeado por perimisio, los cuales a su vez están agrupados por el epimisio, para formar los haces musculares. Se visualizó gránulos de melanina en su composición celular, según se detalla de la siguiente manera:

Control

- No se observó gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°13).

Sedoso del Japón

- En el epimisio (Fig. N°14).
- En el perimisio, como también en el endomisio y alrededor de varios vasos sanguíneos presentes en ambas capas.

Old English Game guineo

- En el epimisio (Fig. N°15, 16 y 17).

Modern Game

- En el epimisio.
- En el perimisio, en el endomisio y en el tejido conectivo que rodea a algunos vasos sanguíneos (Fig. N°18).

6.1.3 Tráquea

Presenta una forma tubular larga y flexible, su longitud es semejante a la del cuello del ave. Desde un punto de vista histológico está conformada por tres tunicas: adventicia, submucosa (zona cartilaginosa) y mucosa. La presencia de gránulos de melanina se logró observar en sus estructuras celulares, según se detalla de la forma siguiente:

Control

- No se apreció gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°19).

Sedoso del Japón

- Presentes en el pericondrio, en el tejido conectivo y en el epitelio pseudoestratificado (Fig. N°20, 21 y 22).

Old English Game guineo

- En el pericondrio.
- En el epitelio pseudoestratificado y tejido conectivo, de la capa mucosa.
- Ver figura N°23.

Modern Game

- En el pericondrio.
- En el tejido conectivo, de la capa mucosa.
- Ver figura N°24.

6.1.4 Costilla

Forma la caja torácica, es un hueso plano y curvo, cubierto por una lámina de tejido conectivo y por periostio. Donde se evidenció gránulos de melanina, según se detalla a continuación:

Control

- No se observó gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°25).

Sedoso del Japón

- El interior de la médula ósea (Fig. N°26).
- En el periostio, que rodea al hueso.
- En el interior de osteoblastos y osteocitos.
- Ver figura N°27 y 28.
- En el interior del Sistema de Havers, así como también, en el canal de Volkmann (Fig. N°29).

Old English Game guineo

- En el periostio.
- En el interior de algunos osteoblastos y osteocitos.
- Ver figura N°30.

Modern Game

- En el periostio, que rodea al hueso.
- En el interior de algunos osteoblastos
- En el interior de la médula ósea.
- Ver figura N°31.
- En el interior de osteocitos.
- En el interior del Sistema de Havers.

6.1.5 Ovario

En las aves, solo el ovario izquierdo se desarrolla completamente, presentando una zona cortical, en donde están ubicados folículos de diferentes tamaños, y una zona medular. La túnica albugínea yace por debajo del epitelio y está formada por tejido conectivo denso. La presencia de gránulos de melanina se observó en sus estructuras celulares, según se detalla de la forma siguiente:

Control

- No se apreció gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°32).

Sedoso del Japón

- Presentes en la zona cortical y medular.
- En el tejido conectivo, tanto en el laxo como en el denso.
- En las tecas (interna y externa) de los folículos.
- Ver figura N°33.
- Alrededor y en el interior de folículos atrésicos (Fig. N°34).

Old English Game guineo

- En la zona cortical.
- En el tejido conectivo.
- Ver figura N°35.
- Alrededor y en el interior de folículos atrésicos (Fig. N°35, 36 y 37).
- En las tecas (interna y externa) que rodean a los folículos y en el interior de un folículo (Fig. N°38).
- En la zona medular.

Modern Game

- Presentes en la zona cortical y medular.
- En el tejido conectivo, tanto en el laxo como en el denso.
- En las tecas (interna y externa) de los folículos.
- Ver figura N°39.
- Alrededor y en el interior de algunos folículos atrésicos.

6.1.6 Testículo

Los testículos del gallo son órganos ovales y aplanados que se localizaron dentro de la cavidad abdominal. Están rodeados de una delgada cápsula de tejido conectivo, túnica albugínea y por peritoneo. Se evidenció gránulos de melanina en su composición celular, según se detalla de la siguiente manera:

Control

- No se observó gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°40).

Sedoso del Japón

- Se evidenció en la túnica albugínea.
- En las fibras conectivas (tejido intersticial) que rodean a los túbulos seminíferos.
- Ver figura N°41.

Old English Game guineo

- En la túnica albugínea.
- Presentes en el tejido intersticial.
- Ver figura N°42.

Modern Game

- En las fibras conectivas (tejido intersticial) que rodean a los túbulos seminíferos (Fig. N°43).
- En la túnica albugínea (Fig. N° 44 y 45).

6.1.7 Proventrículo

También conocido como estómago glandular, cumple funciones relacionadas con la digestión química. Es un órgano fusiforme localizado cerca al hígado, de pequeño tamaño en las aves con relación al cuerpo, de

aspecto esponjoso. Desde el punto de vista histológico la pared de este órgano está formada por cuatro tunicas: serosa, muscular, submucosa y mucosa. Donde se observó gránulos de melanina, según se detalla a continuación:

Control

- No se evidenció gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°46).

Sedoso del Japón

- En la capa serosa.
- En la capa muscular cercana a la capa serosa.
- En los tabiques que rodean a las yemas proventriculares, en la capa submucosa (Fig. N°47).
- Presentes en el tejido conectivo y alrededor de los vasos sanguíneos (Fig. N° 48 y 49).

Old English Game guineo

- En la capa serosa (Fig. N°50).
- En la capa muscular colindante con la capa serosa.

Modern Game

- En la capa serosa.
- En los tabiques y tejido conectivo que rodean a las yemas proventriculares.
- Ver figura N°51.
- Alrededor de los vasos sanguíneos.
- Ubicados en la capa muscular cercana a la capa serosa.

6.1.8 Intestino grueso

Es muy corto, se logra diferenciar del intestino delgado por tener una pared más gruesa. Presenta dos ciegos y un segmento final colo-rectal. Al igual que el proventrículo su pared está formada por cuatro capas: serosa, muscular, submucosa y mucosa. Lográndose observar gránulos de melanina en su composición celular, según se detalla de la siguiente forma:

Control

- No se visualizó gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°52).

Sedoso del Japón

- En la capa serosa.
- Presentes el tejido conectivo que rodea al músculo más próximo a la capa serosa.
- Ver figura N°53.

Old English Game guineo

- En la capa serosa (Fig. N°54, 55 y 56).
- Ubicados en el tejido conectivo que rodea al músculo cercano a la capa serosa.

Modern Game

- No se apreció gránulos de melanina en sus componentes celulares ni estructurales (Fig. N°57).

6.2 Análisis estadístico

6.2.1 Recuento porcentual de órganos y de costilla con gránulos de melanina de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis

Se observaron las láminas histológicas preparadas, con ayuda de un microscopio, lográndose evidenciar los gránulos de melanina presentes en los órganos y en la costilla de los pollos domésticos utilizados en este estudio (Tabla. N°2), en donde la piel y músculo de la pierna, tráquea, gónadas y en la costilla, los pollos de raza Sedoso del Japón, Modern Game y Old English Game guineo, presentaron gránulos de melanina en un 100 % (N=18) (Tabla. N°3, 4, 5, 6 y 7); mientras que en el proventrículo solo un 55,6 % (N=18) de los ejemplares mostraron dicha característica, en el que los pollos Sedosos del Japón, Modern Game y Old English Game guineo, evidenciaron gránulos de melanina en 100%, 50% y 16.7 %, respectivamente (Tabla. N°8). El intestino grueso fue el órgano en el que menos porcentaje de individuos se logró observar gránulos de melanina, con solo el 38,9 % (N=18), en donde los pollos Sedosos del Japón y Old English Game guineo, presentaron gránulos de melanina en 100% y 16.7 %, respectivamente, en cambio en los pollos Modern Game no se logró apreciar ningún gránulo de melanina (Tabla. N°9).

VII. DISCUSIÓN

Es importante tener un adecuado conocimiento de la fibromelanosis en *Gallus gallus domesticus* Linnaeus, 1758 “pollo doméstico”; su origen genético, los genes implicados en el mecanismo molecular de pigmentación, su relación con el desarrollo del ave y la distribución de la melanina en el cuerpo aviar, ya que los pollos que presentan esta mutación pueden ser utilizados como modelos biológicos para estudiar la migración, proliferación y determinación del destino de las células pluripotentes que migran desde la cresta neural, y la comprensión de la función de los melanocitos en ellos, podría proporcionar soluciones importantes para tratar los problemas del melanoma en los seres humanos. Pocos son los estudios e informes realizados, sobre la distribución de la melanina en los órganos internos de pollos con fibromelanosis, por lo que existe un gran frente de investigación, el cual se debe abordar inicialmente desde un punto vista histológico, ya que la patología, farmacología, inmunología y otras ramas de la Medicina Veterinaria se asientan en la histología. Por tal motivo, en esta investigación se realizó una comparación histológica de la distribución de los gránulos de melanina en los órganos internos en tres razas de pollo doméstico (Sedoso del Japón, Old English Game guineo y Modern Game) con fibromelanosis; con lo cual se pretende contribuir con el aumento de conocimientos científicos sobre esta mutación, confirmando la presencia de los gránulos de melanina en los órganos del pollo Sedoso del Japón, tal como lo hicieron estudios previos, y hasta donde se sabe, esta investigación es la primera en reportar la existencia y distribución de los gránulos de melanina en los órganos internos de los pollos Old English Game guineo y Modern Game.

Los gránulos de melanina en los distintos tejidos se ubicaron observando las láminas histológicas previamente preparadas, lográndose evidenciar en la piel de la pierna de los pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game, la presencia de los gránulos de melanina en el estrato basal de la epidermis, alrededor de los folículos plumosos, así como en el estrato superficial, compacto y

laxo, en la lámina elástica de la dermis, y principalmente alrededor de los vasos sanguíneos. Lo que guarda relación con lo reportado por Han *et al.* (2015), quienes observaron gránulos de melanina distribuida en la piel del pollo Sedoso del Japón. Mientras que, en ratones y seres humanos, la melanina se localiza principalmente en la epidermis de la piel, contrariamente a esto Faraco *et al.* (2001), evidenciaron que en pollos Sedosos del Japón, la melanina sólo se ubicaba en la dermis, principalmente alrededor de los vasos sanguíneos. Además, no observaron diferencias fenotípicas entre los melanocitos de la piel y de los órganos internos. Siendo la morfología de los melanocitos, característica de las células dendríticas, con núcleos redondos y con abundantes gránulos de melanina en el citoplasma. Por otro lado, Ortolani-Machado *et al.* (2009), realizaron un estudio para caracterizar ultraestructuralmente los gránulos de melanina que se desarrollan en los melanocitos ectópicos, presentes en la dermis de la piel dorsal del embrión de 19 días del pollo Sedoso del Japón, en la cual observaron que los melanocitos dérmicos no transfieren gránulos de melanina a otras células, incluso con su gran proximidad entre ellas. Guo *et al.* (2017), determinaron que en los pollos Sedosos del Japón, la cantidad de melanocitos maduros y su capacidad para secretar gránulos de melanina, muestran diferencias significativas en varias regiones de la capa basal epidérmica de la piel; asimismo, concluyeron que los melanocitos presentes en la piel emplumada alcanzaron con mayor facilidad el estado de madurez que en la piel carnosa, y que los melanocitos en la piel dorsal maduraron más rápido que en la piel abdominal.

Se observó en el músculo gastrocnemio, ubicado en la pierna de los pollos Sedosos del Japón y Modern Game, que los gránulos de melanina se distribuyeron en el epimisio, perimisio, endomisio y alrededor de los vasos sanguíneos, mientras que en la raza Old English Game guineo, solo se observaron en el epimisio. Este hallazgo puede relacionarse con lo informado por Han *et al.* (2015), quienes visualizaron gránulos de melanina en el músculo esquelético del pollo Sedoso del Japón. Asimismo, Faraco *et al.* (2001), quienes trabajaron con embriones y pollos adultos de la raza Sedoso del Japón, lograron observar melanocitos en el músculo pectoral, los cuales fueron localizados en la fascia muscular e incluso en el tejido

conectivo ubicado entre las fibras musculares. Nishimura *et al.* (2016), observaron que en el pollito Sedoso del Japón de una semana de vida, los melanocitos maduros se distribuyeron ampliamente en los tejidos conectivos, en los vasos sanguíneos, en el perimysio y en el endomysio; pero disminuyeron al llegar a las tres semanas de edad y desaparecieron gradualmente en las siguientes etapas de crecimiento, especialmente en el área endomisial. Determinaron que la proporción de melanocitos intramusculares en los pollos Sedosos de Japón, difiere entre los músculos pectoralis (PT) e iliobtibialis lateralis (ITL) en las primeras etapas de desarrollo, y disminuyen con el crecimiento.

En un estudio previo realizado por Han *et al.* (2015), detectaron gránulos de melanina en la tráquea del pollo Sedoso del Japón. De acuerdo con este estudio, se observó que en la tráquea de los pollos Sedosos del Japón y Old English Game guineo, los gránulos de melanina se ubicaron en el tejido conectivo, en el pericondrio y cerca al epitelio pseudoestratificado de la capa mucosa, mientras que en la raza Modern Game, solamente se observaron en el pericondrio y tejido conectivo. Asimismo, Faraco *et al.* (2001), reportaron que en embriones y pollos adultos Sedosos del Japón, visualizaron melanocitos en la tráquea, distribuidos principalmente en el pericondrio, en la adventicia de los vasos sanguíneos y en el tejido conectivo laxo debajo del epitelio. Resultados que no se asemejan con lo descrito por Serrano *et al.* (2010), quienes realizaron un estudio descriptivo histológico de la tráquea de *Coragyps atratus* “gallinazo negro”, con el fin de identificar sus componentes celulares y estructurales, donde no reportaron la presencia de ningún gránulo de melanina. Esta diferencia puede ser debido a que en los pollos Sedosos del Japón, en el cromosoma 20 ocurre una duplicación de genes, entre ellas el gen EDN3, que aumenta la proliferación de los melanoblastos en estos pollos, por lo que Shinomiya *et al.* (2012), sugirieron que esta duplicación genética, que no ocurre en otros pollos, afecta principalmente a la hiperpigmentación de los órganos internos de los Sedosos del Japón.

Los resultados revelaron la existencia de gránulos de melanina en la lámina de tejido conectivo y periostio, que rodean al hueso (costilla de los pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game), en algunos Sistemas de Havers,

canales de Volkmann, en el interior de la médula ósea, en el interior de varios osteoblastos y osteocitos. Lo que guarda relación con lo reportado por Hirano (1990), quien detectó gránulos melanina no sólo en los melanocitos que se distribuyeron ampliamente en el periostio, sino también en algunos osteoblastos localizados cerca a la superficie del hueso (costilla y cráneo del pollo Sedoso del Japón), en el interior de la médula ósea y en unos pocos osteocitos. Por lo que asumió que los gránulos de pigmento observados en los osteocitos fueron transferidos de melanocitos a células osteogénicas u osteoblastos antes que se diferencien. Han *et al.* (2015), realizaron una investigación en donde reportaron una distribución significativa de gránulos de melanina en el periostio del pollo Sedoso del Japón. Hasta el momento no se puede aclarar la función de la melanina en la médula ósea, periostio y células óseas, por lo que se recomienda realizar más trabajos relacionados sobre el tema.

En los pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game, se observó gránulos de melanina tanto en la zona cortical y medular del ovario, principalmente en el tejido conectivo, en las tecas (interna y externa) de los folículos, así como alrededor y en el interior de algunos folículos atrésicos. Lo que concuerda con el estudio realizado por Han *et al.* (2015), donde mostraron la amplia distribución de los gránulos de melanina en el ovario de la gallina Sedosa del Japón, localizándolos en la membrana externa, en el tejido conectivo y solamente en los folículos secundarios y maduros; por tal motivo dichos autores sugirieron que la melanina podría estar implicada en la regulación de la secreción de hormonas sexuales e inhibir el desarrollo de folículos ováricos; ya que observaron que las gallinas Sedosas del Japón muestran una tasa de producción de huevos menor en comparación con otras razas.

Los espectros infrarrojos (IR) obtenidos en la investigación realizada por Muroya *et al.* (2000), determinaron que el pigmento presente en las plumas y órganos internos de los pollos Sedosos del Japón, era melanina, la cual se clasificaba en eumelanina y feomelanina. Los IR de las plumas y periostio mostraron la presencia de grupos que contenían azufre, característica estructural de la feomelanina, en cambio el ovario y testículo, presentaron IR característicos de la eumelanina. En el presente

estudio se observó gránulos de melanina en la túnica albugínea del testículo de pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game, y en las fibras conectivas (tejido intersticial) que rodean a los túbulos seminíferos. Lo que se asemeja con lo reportado por Han *et al.* (2015), los cuales informaron sobre la presencia de gránulos de melanina distribuida principalmente en la cápsula del testículo del pollo Sedoso del Japón. Caso contrario ocurre en un informe elaborado por Serrano *et al.* (2010), los cuales realizaron un estudio descriptivo histológico del testículo de *Coragyps atratus* “gallinazo negro”, donde no observaron ningún gránulo de melanina.

En un informe anterior elaborado por Han *et al.* (2015), revelaron la existencia de gránulos de melanina localizada en la lámina propia de la mucosa del estómago glandular del pollo Sedoso del Japón. Asimismo, Zhang *et al.* (2016), investigaron la microestructura del proventrículo del pollo Sedoso del Japón, en donde lograron evidenciar que los gránulos de melanina estaban presentes en el tejido conectivo laxo de la lámina propia de la submucosa, en el perimysio y endomysio de la capa muscular externa y en la capa serosa; además sugirieron que los pollos Sedosos del Japón los cuales vivieron en una zona geográficamente sofocante de China, por la alta temperatura, necesitaron producir mucha melanina en sus cuerpos para poder adaptarse a las inclemencias ambientales de la zona, lo cual pudo ser una estrategia de supervivencia. En esta investigación se apreció que en el proventrículo de los pollos Sedosos del Japón y Modern Game, los gránulos de melanina se ubicaron en la capa serosa, en la capa muscular cercana a la serosa, en los tabiques y en el tejido conectivo que rodea a las yemas proventriculares y vasos sanguíneos, mientras que en el pollo Old English Game guineo, solamente se observaron en la capa serosa y en la capa muscular próxima a la serosa. Contrariamente a estos resultados Moreno *et al.* (1979), no reportaron la presencia de ningún melanocito ni gránulo de melanina, cuando analizaron los aspectos estructurales y celulares del estómago glandular de pollos domésticos.

En la mayoría de los vertebrados homeotérmicos, los melanocitos están confinados en la piel, pero en el pollo Sedoso del Japón, mutante de origen natural, estos melanocitos se ubican en los tejidos conectivos, dándole una intensa pigmentación

oscura. Esto ocurre porque los melanoblastos continúan migrando desde la cresta neural por la vía dorsolateral y ventral, ya que las barreras naturales que normalmente restringen la migración de melanoblastos, no están presentes en estos pollos (Vala *et al.* 2015). En un estudio anterior elaborado por Faraco *et al.* (2001), reportaron la presencia de melanocitos en el intestino de embriones y pollos adultos de la raza Sedoso del Japón, los cuales solo se ubicaron en el tejido conectivo laxo. Mientras que Han *et al.* y Vala *et al.* (2015), observaron gránulos de melanina en la capa muscular y en la capa serosa de los intestinos del pollo Sedoso del Japón. En este estudio se visualizó gránulos de melanina en la capa serosa y en el tejido conectivo que rodea al músculo más próximo a la serosa, en los pollos Sedosos del Japón y Old English Game guineo; en cambio en los pollos Modern Game, no se apreció ningún gránulo de melanina en sus componentes celulares ni estructurales.

En la presente investigación, se observó mayor presencia de gránulos de melanina en las gónadas, en la costilla y en la tráquea, de los pollos evaluados, mientras que, en el músculo de la pierna (gastrocnemio), proventrículo e intestino grueso, la presencia de gránulos de melanina fue menor. Lo que se asemeja con lo reportado por Muroya *et al.* (2000), quienes cuantificaron la cantidad de melanina presente en los órganos del pollo Sedoso del Japón, para lo cual utilizaron la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), determinando mayor cantidad de melanina en el periostio del fémur, seguido de las gónadas y tráquea (21, 9.7 y 8.6 mg/g de tejido, respectivamente); mientras que, en la piel, en los ciegos gástricos, en el músculo pectoral y estómago muscular, la cantidad de melanina fue mucho menor (0.94, 0.88, 0.05 y 0.03 mg/g de tejido, respectivamente). Asimismo, observaron pigmento en otros órganos, infiriendo que dicha pigmentación interna no se produce al azar, por lo que sugirieron que la melanina en los pollos Sedosos del Japón se distribuye de manera específica en tejidos y órganos.

VIII. CONCLUSIONES

1. Utilizando la tinción Hematoxilina - Eosina, se determinó histológicamente que, en la piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso, de los pollos Sedosos del Japón y Old English Game guineo, los gránulos de melanina presentaron una distribución semejante; diferenciándose de la raza Modern Game la cual no presentó gránulos de melanina en el intestino grueso.
2. Los gránulos de melanina en la piel y músculo de la pierna, tráquea, costilla, gónadas, proventrículo e intestino grueso, de los pollos utilizados en esta investigación, se ubicaron principalmente en el tejido conectivo y alrededor de los vasos sanguíneos.
3. La fibromelanosis (Fm) no se expresó con la misma intensidad en los órganos de los pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game. Siendo las gónadas, tráquea y costilla, en donde se observó mayor presencia de gránulos de melanina, mientras que, en el músculo de la pierna, proventrículo e intestino grueso, la presencia de gránulos de melanina fue menor
4. Se confirmó la presencia de los gránulos de melanina en los órganos del pollo Sedoso del Japón. Asimismo, se reporta por primera vez la existencia y distribución de los gránulos de melanina en los órganos internos de los pollos Old English Game guineo y Modern Game.
5. La fibromelanosis (Fm) se manifestó de forma semejante solo en los pollos de raza Sedoso del Japón y Old English Game guineo, los cuales presentaron una distribución semejante de gránulos de melanina en sus órganos evaluados.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para complementar los conocimientos acerca de la distribución de los gránulos de melanina en los órganos de los pollos Sedosos del Japón, Old English Game guineo y Modern Game, con fibromelanosis (Fm), se debe aumentar el tamaño de la muestra, incrementar el número de órganos a evaluar y de igual manera ampliar el número de láminas histológicas por cada tejido.
2. Para posteriores estudios relacionados con este tema de investigación, y con la finalidad de obtener mejores resultados, es necesario utilizar tinciones específicas para melanina.
3. Las fotografías macroscópicas y microscópicas de los órganos evaluados en el presente estudio, por su nitidez y descripción detallada, podrán ser utilizadas para elaborar un manual histológico que sirva de guía y material de consulta para los criadores de pollos con fibromelanosis, permitiéndoles realizar una eficiente selección de sus ejemplares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Nasser A, Al-Khalaifa H, Al-Saffar A, Khalil F, Albahouh M, Ragheb G, Al-Haddad A. & Mashaly M. Overview of chicken taxonomy and domestication. *World's Poultry Science Journal*. 2007; 63: 285-300.
- Bacha W. & Bacha L. Atlas color de histología veterinaria. 2da edición. Buenos Aires – República Argentina: Inter Médica. 2014. Pp. 304.
- Bateson W. & Punnett R. The inheritance of the peculiar pigmentation of the Silky fowl. *Journal of Genetics*. 1911; 1 (3): 185-203.
- Brumbaugh J. The ultrastructural effects of the I and S loci upon black-red melanin differentiation in the fowl. *Developmental Biology*. 1971; 24 (3): 392-412.
- Bulfón M. & Bee de Speroni N. Análisis estructural e inmunohistoquímico de la atresia folicular de *Vanellus chilensis* (Charadriidae) e *Himantopus melanurus* (Recurvirostridae). *Rev. Perú Biol*. 2009; 16 (2): 169-174.
- Bulfón M. & Bee de Speroni N. Aspectos estructurales y cuantitativos del ovario del cuervillo de la cañada, *Plegadis chihi* (Aves: Threskiornithidae). Recrudescencia gonadal temprana. Universidad de Córdoba – República Argentina. 2014. Pp. 11.
- Bustamante J. & Bustamante A. Producción de aves. 1ra edición. Perú - Lima. S. N. 2009. Pp. 303.
- Butcher G. & Miles D. Avian necropsy techniques. University of Florida – EEUU. 1993.
- Colas M, Grandía R, Rodríguez D, Demedio J, Menéndez I. & García E. Morfopatología proventricular en patos silvestres (*Anas discors*) infestados con *Tetrameres americana*. *Rev. Investig. Vet. Perú*. 2016; 27 (2): 326-332.
- Crespo R. & Pizarro M. Skin and abdominal fascia melanization in Broiler chickens. *Avian Diseases*. 2006; 50 (2): 309-311.

- Dharmayanthi A, Terai Y, Sulandari S, Zein M, Akiyama T. & Satta Y. The origin and evolution of fibromelanosis in domesticated chickens: Genomic comparison of Indonesian Cemani and Chinese Silkie breeds. *Plos One*. 2017; 12 (4).
- Dorshorst B. & Ashwell C. Genetic mapping of the sex-linked barring gene in the chicken. *Poultry Science*. 2009; 88: 1811-1817.
- Dorshorst B, Molin A, Rubin C, Johansson A, Strömstedt L, Pham M, Chen C, Hallböök F, Ashwell C. & Andersson L. A complex genomic rearrangement involving the Endothelin 3 locus causes dermal hyperpigmentation in the chicken. *Plos Genetics*. 2011; 7 (12): 1-13.
- Dorshorst B, Okimoto R. & Ashwell C. Genomic regions associated with dermal hyperpigmentation, polydactyly and other morphological traits in the Silkie chicken. *Journal of Heredity*. 2010; 101 (3): 339-350.
- Dunn L. & Jull M. On the inheritance of some characters on the Silky fowl. *Journal of Genetics*. 1927; 19: 27-63.
- Dupin E, Glavieux C, Vaigot P. & Le Douarin N. Endothelin 3 induces the reversion of melanocytes to glia through a neural crest-derived glial-melanocytic progenitor. *PNAS*. 2000; 97 (14): 7882-7887.
- Duran M. & Perucho Y. Caracterización fenotípica de las gallinas criollas de la provincia de Ocaña en los municipios de Cachira, Villacaro, La Esperanza, El Carmen y Gonzales. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia. 2014.
- Ekarius C. Storey's illustrated guide to poultry breeds. United States. 2016.
- Faraco C, Vaz S, Pastor M. & Erickson C. Hyperpigmentation in the Silkie fowl correlates with abnormal migration of fate-restricted melanoblasts and loss of environmental barrier molecules. *Developmental Dynamics*. 2001; 220: 212-225.
- González N. & Barbeito C. Histología de las aves. 1ra edición. Universidad Nacional de La Plata – República Argentina. 2014.
- Gunnarsson U. Genetic studies of pigmentation in chicken. Department of Medical Biochemistry and Microbiology - Uppsala University. 2009. Pp. 44.

- Guo H, Zhong Y, Hu X. & Li Y. Distribution rule of melanocytes in Taihe Silky fowl's black skin. *Indian J. Anim. Res.* 2017; 51 (3): 582-587.
- Han D, Wang S, Hu Y, Zhang Y, Dong X, Yang Z, Wang J, Li J. & Deng X. Hyperpigmentation results in aberrant immune development in Silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). *Plos One.* 2015; 10 (6).
- Hirano S. Observations on pigment granules in the bones of Silky fowls. *Arch. Histol. Cytol.* 1990; 53 (1): 89-93.
- Hutt F. *Genetics of the fowl.* New York: McGraw-Hill. 1949. Pp. 560.
- Illanes J, Fertilio B, Quijada M, Leyton V. & Verdugo F. Descripción histológica de las glándulas anexas del aparato digestivo de avestruz (*Struthio camelus* var. *domesticus*). *Int. J. Morphol.* 2006; 24 (3): 297-302.
- Kardong K. *Vertebrados: Anatomía comparada, función y evolución.* 4ta edición. Universidad Complutense de Madrid – España: McGraw-Hill. 2007.
- Kuklenski J. About the occurrence and distribution of the pigment in the organs and tissues of Japanese Silky chickens. Friedrich Wilhelm University - Germany. 1915.
- Lecoin L, Lahav R, Martín F, Teillet M. & Le Douarin N. Steel and c-kit in the development of avian melanocytes: a study of normally pigmented birds and of the hyperpigmented mutant Silky fowl. *Developmental Dynamics.* 1995; 203: 106-118.
- Lin Y. & Fisher D. Melanocyte biology and skin pigmentation. *Nature.* 2007; 445: 843-850.
- Louie E. *Now, a Chicken in Black.* 2007.
- Lukanov H & Genchev A. Fibromelanosis in domestic chickens. *Agricultural Science and Technology.* 2013; 5 (3): 239-246.
- Moreno A, Crovari D. & Miranda D. Estudio histológico de estómago de pollo (*Gallus gallus domesticus*). *Arch. Med. Vet. Suplem.* 1979; 1: 39-42.
- Muroya S, Tanabe R, Nakajima I. & Chikuni K. Molecular Characteristics and site specific distribution of the pigment of the Silky fowl. *J. Vet. Med. Sci.* 2000; 62 (4): 391-395.

- Nishimura S, Oshima I, Ono Y, Tabata S, Ishibashi A. & Iwamoto H. Age-related changes in the intramuscular distribution of melanocytes in the Silky fowl. *British Poultry Science*. 2006; 47 (4): 426-432.
- Olivares R. & Rojas M. Esqueleto axial y apendicular de vertebrados. *Int. J. Morphol.* 2013; 31 (2): 378-387.
- Otolani-Machado C, Freitas P. & Faraco C. Melanogenesis in dermal melanocytes of Japanese Silky chicken embryos. *Tissue and Cell*. 2009; 41: 239-248.
- Pedraglio R. Tratado sobre el gallo de combate. 1ra edición. Perú - Lima. Reprox S. N. 2001.
- Serrano C, Bedoya J, Arcila V, Torres M, Duarte L, Quintero V, Cancelado L, Trujillo D, García S, Jerez W, Matajira A, Ríos J. & Villamizar C. Histological characteristics of the black vulture (*Coragyps atratus*). *Spei Domus*. 2010; 6 (12).
- Shinomiya A, Kayashima Y, Kinoshita K, Mizutani M, Namikawa T, Matsuda Y. & Akiyama T. Gene duplication of endothelin 3 is closely correlated with the hyperpigmentation of the internal organs (fibromelanosis) in Silky chickens. *Genetics*. 2012; 190: 627–638.
- Simon J, Peles D, Wakamatsu K. & Ito S. Current challenges in understanding melanogenesis: bridging chemistry, biological control, morphology, and function. *Pigment Cell and Melanoma Research*. 2009; 22 (5): 563-579.
- Sisson S. & Grossman J. Anatomía de los animales domésticos. 5ta edición. Barcelona - España: Salvat. 1982. Pp. 2302.
- Smyth J. Melanin pigmentation: Its Biological roles, inheritance and expression in the Chicken. Department of Veterinary and Animal Sciences, University of Massachusetts – USA. 1994.
- Stevens L. Genetics and Evolution of the domestic fowl. Cambridge University Press; 2005.
- Tian Y, Xie M, Wang W, Wu H, Fu Z. & Lin L. Determination of carnosine in black-bone Silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) and common chicken by HPLC. *European Food Research and Technology*. 2007; 226: 311-314.

Vala H, Esteves F, Cruz R, Mesquita JR, Themudo D, Nóbrega C, Santos C. & Mega A. Histological distribution of normal pigment in Silkie fowls. *Fish Pathology*. 2015; 17.

Zhang H, Ge T, Peng S, Zhong S. & Zhou Z. Microstructure features of proventriculus and ultrastructure of the gastric gland cells in Chinese Taihe black-bone Silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). *Anat. Histol. Embryol.* 2016; 45: 1-8.

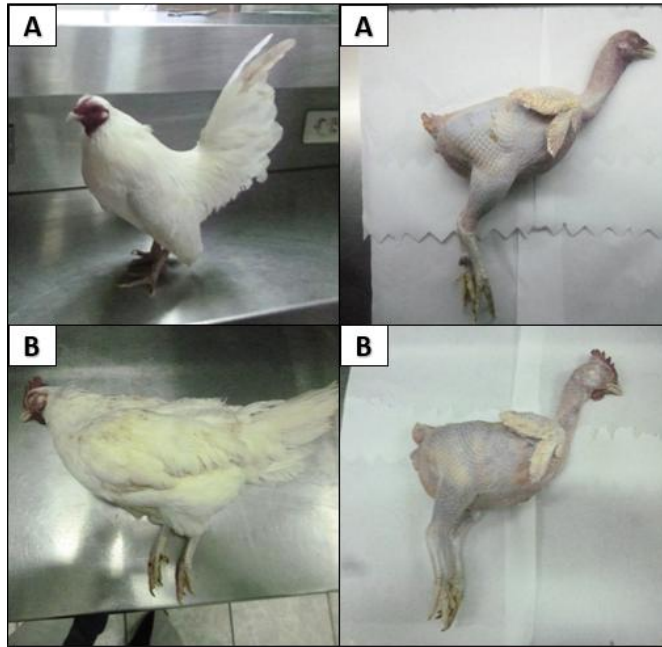


Figura N°1. Fotografías de pollos Old English Game (control). Macho (A) y hembra (B).

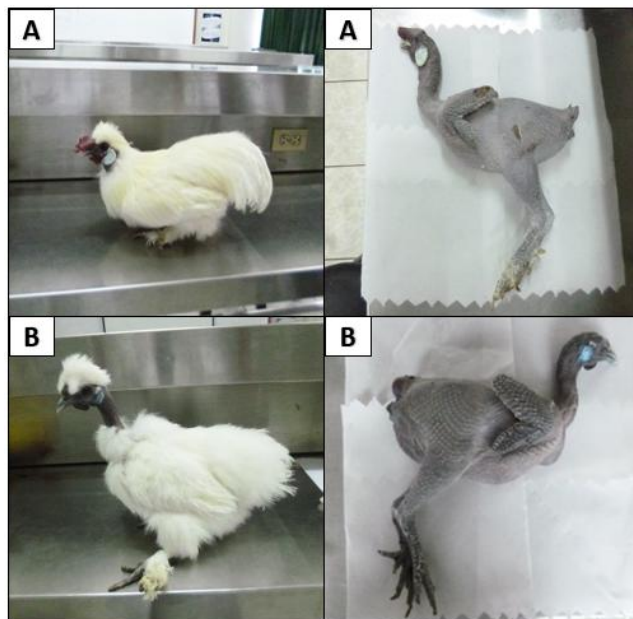


Figura N°2. Fotografías de pollos Sedosos del Japón. Macho (A) y hembra (B).



Figura N°3. Fotografías de pollos Old English Game guineo. Macho y hembra (A), macho (B) y hembra (C).

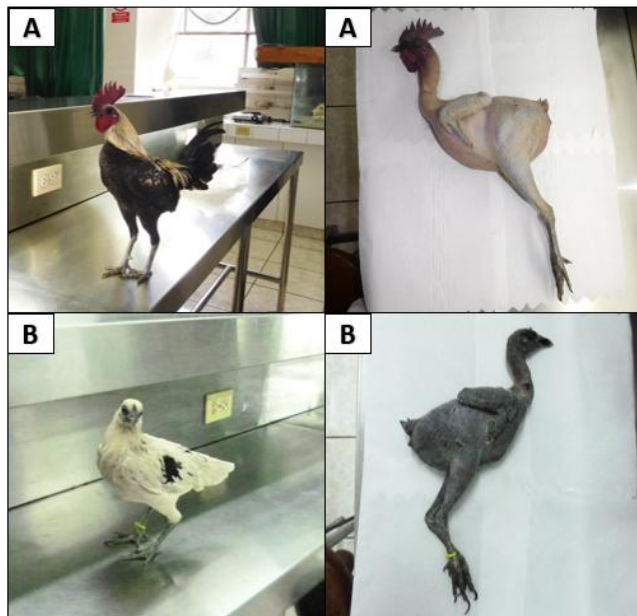


Figura N°4. Fotografías de pollos Modern Game. Macho (A) y hembra (B).

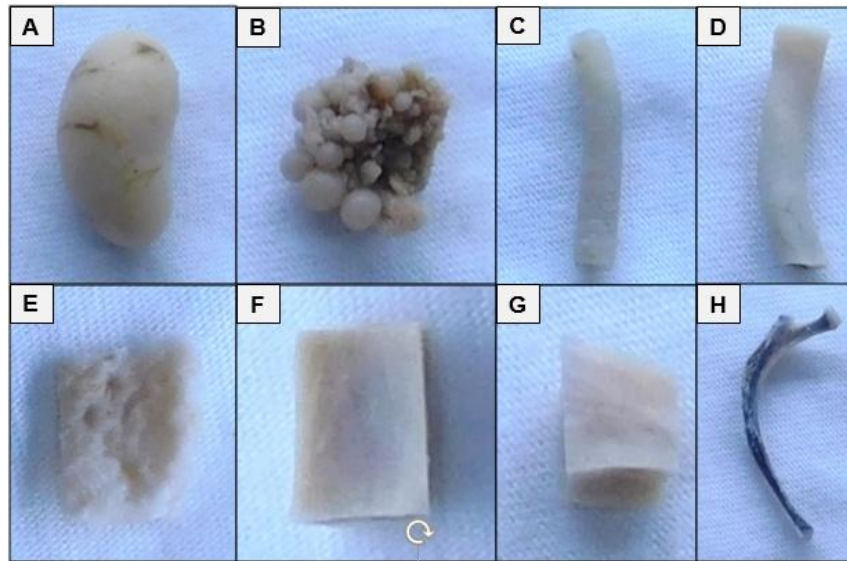


Figura N°5. Vista macroscópica de siete órganos de pollo sin fibromelanosis. Testículo (A), ovario (B), tráquea (C), intestino grueso (D), piel de la pierna (E), proventrículo (F), músculo de la pierna (G) y además costilla (H).



Figura N°6. Vista macroscópica de siete órganos de pollo con fibromelanosis. Testículo (A), ovario (B), tráquea (C), intestino grueso (D), piel de la pierna (E), proventrículo (F), músculo de la pierna (G) y además costilla (H).

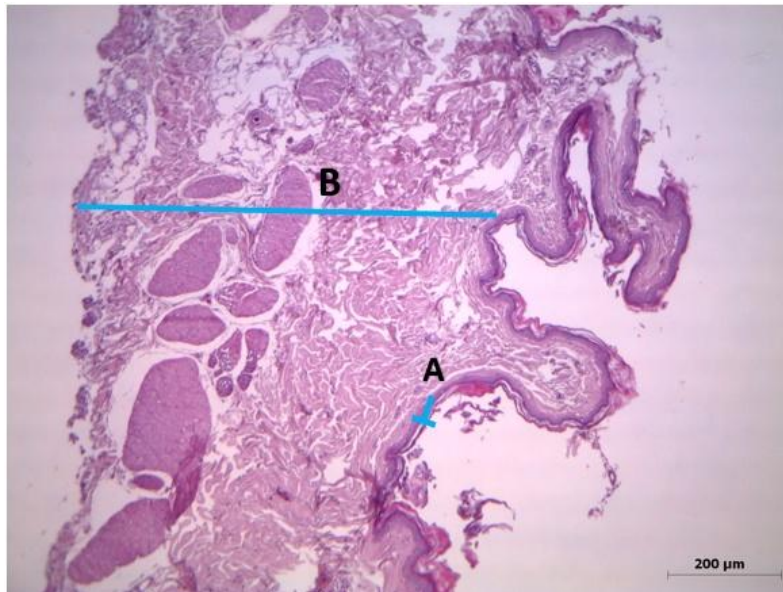


Figura N°7. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A) y dermis (B).

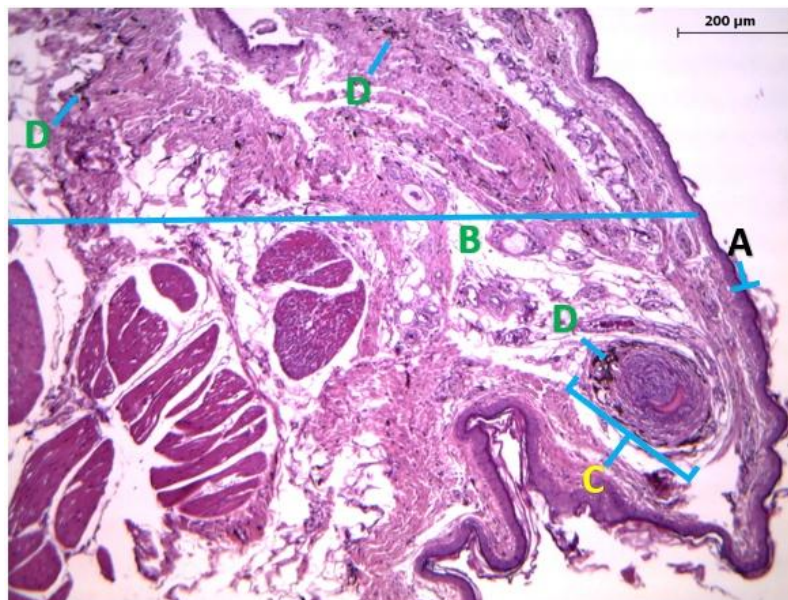


Figura N°8. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A), dermis (B), folículo plumoso (C) y gránulos de melanina (D).

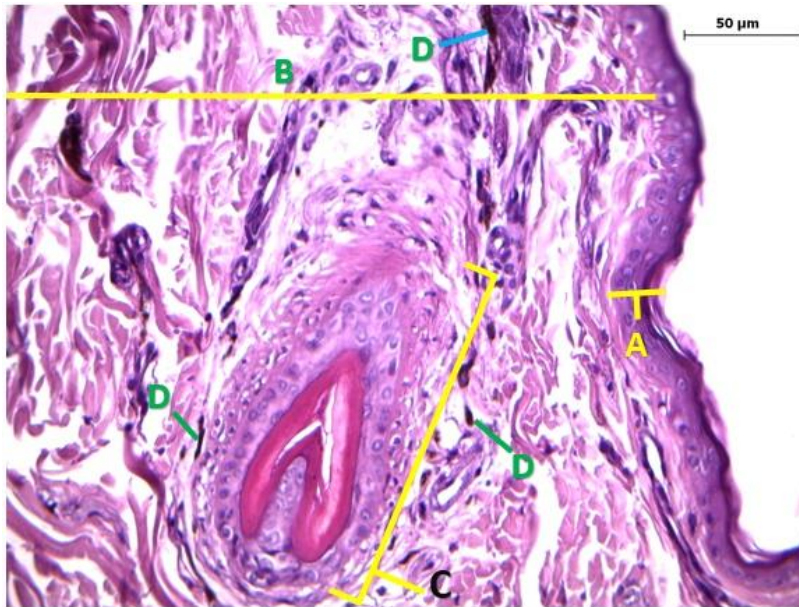


Figura N°9. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Epidermis (A), dermis (B), folículo plumoso (C) y gránulos de melanina (D).



Figura N°10. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Epidermis (A), dermis (B), vaso sanguíneo (C) y gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°11.

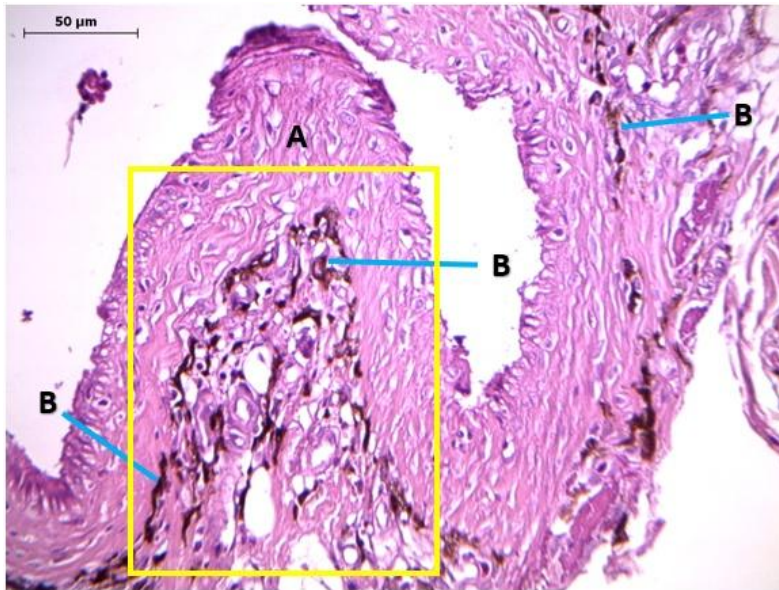


Figura N°11. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°12.

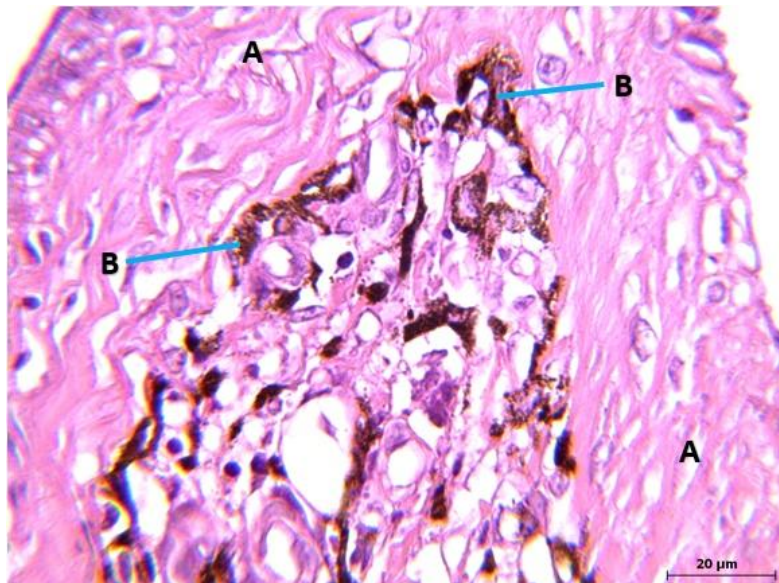


Figura N°12. Corte histológico de la piel de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 1000X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B).

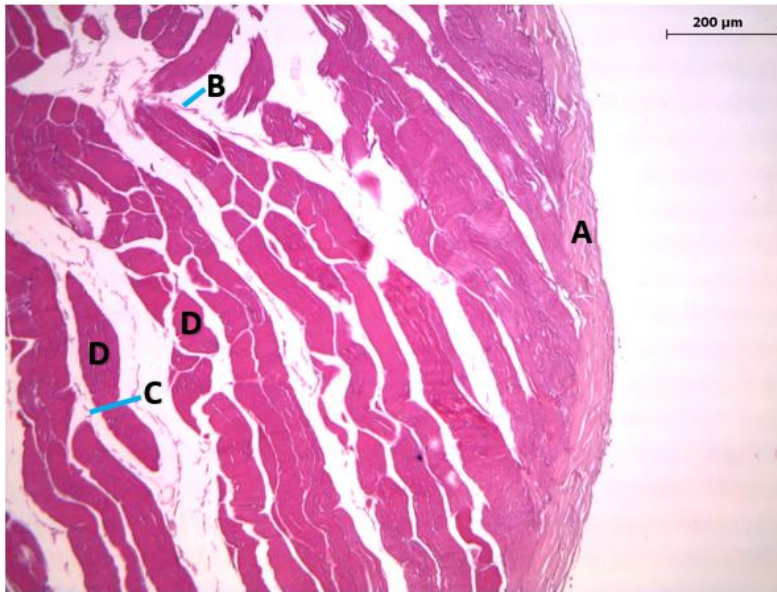


Figura N°13. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), perimisio (B), endomisio (C) y fibra muscular (D).

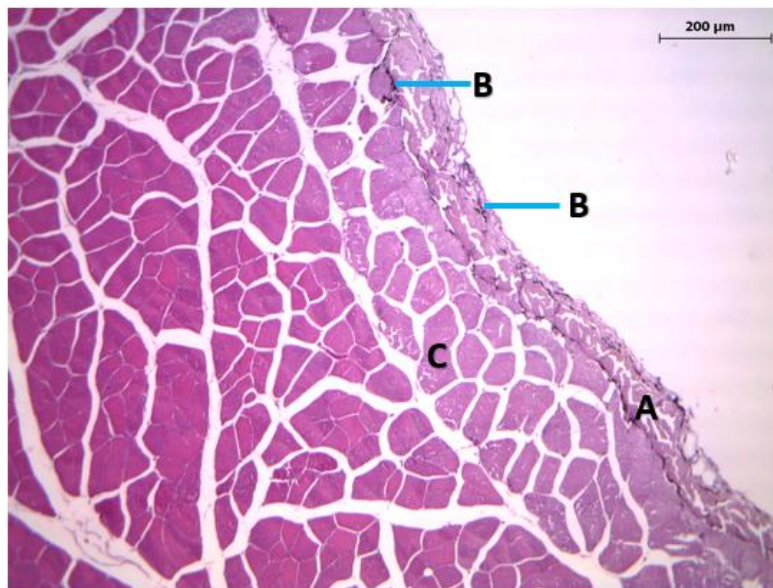


Figura N°14. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C).

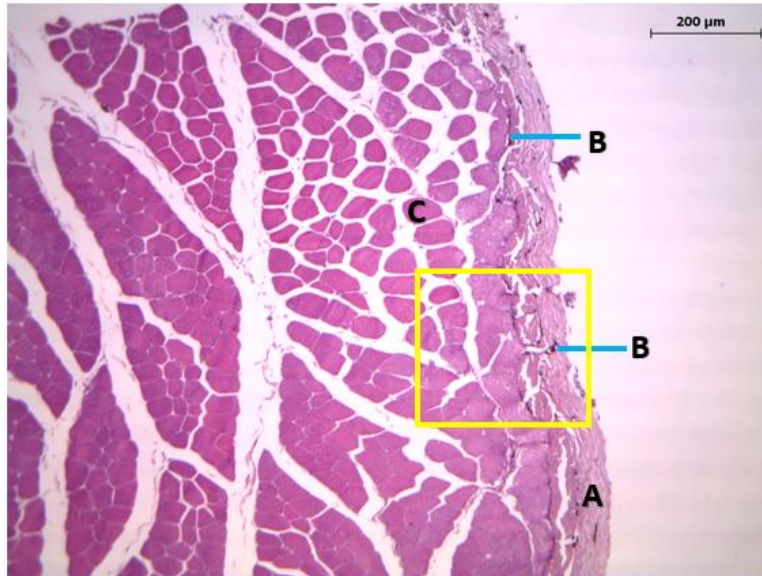


Figura N°15. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°16.

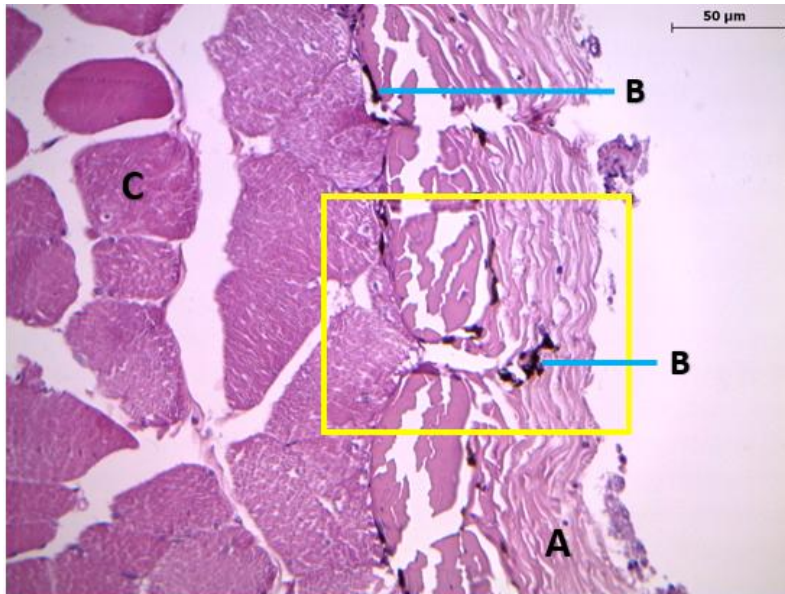


Figura N°16. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°17.

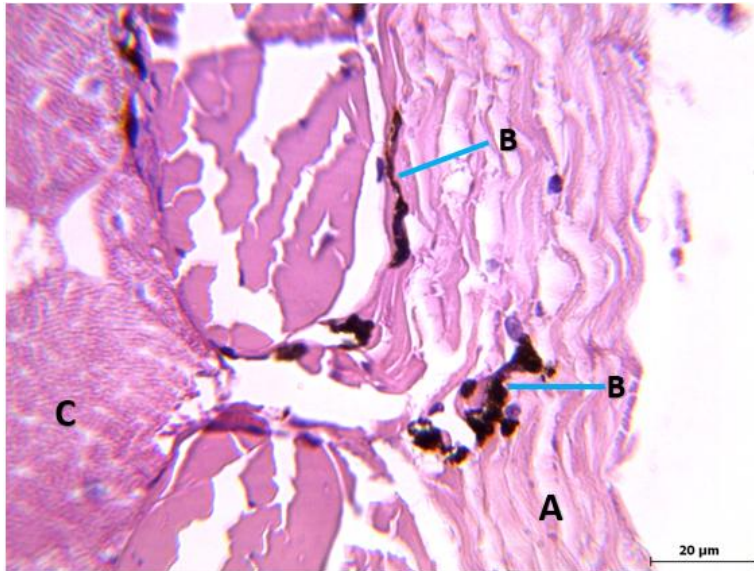


Figura N°17. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 1000X. Epimisio (A), gránulos de melanina (B) y fibra muscular (C).

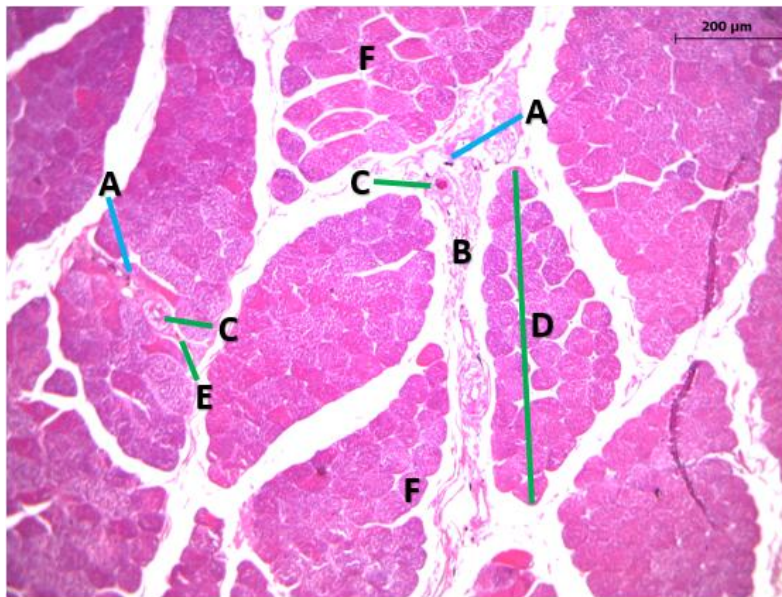


Figura N°18. Corte histológico del músculo de la pierna de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Gránulos de melanina (A), perimisio (B), vaso sanguíneo (C), fascículo muscular (D), endomisio (E) y fibra muscular (F).

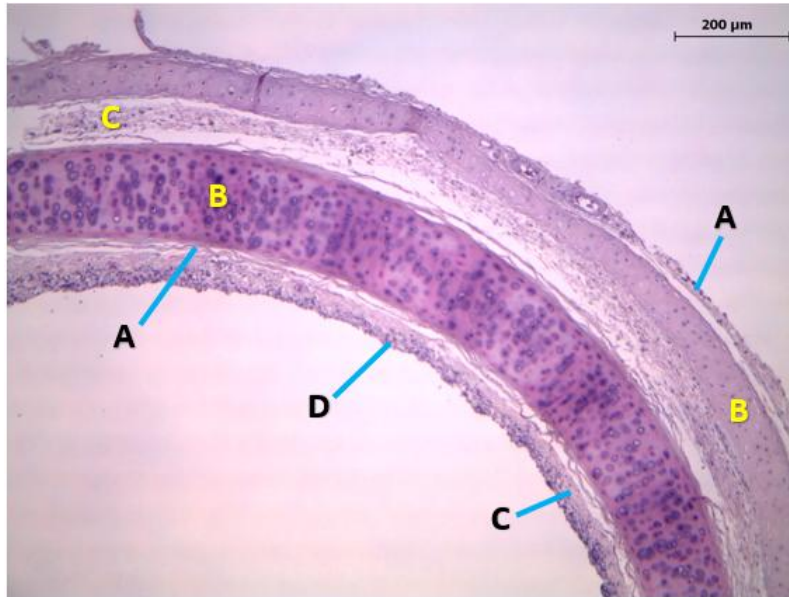


Figura N°19. Corte histológico de tráquea de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilagenoso (B), tejido conectivo (C) y epitelio pseudoestratificado (D).

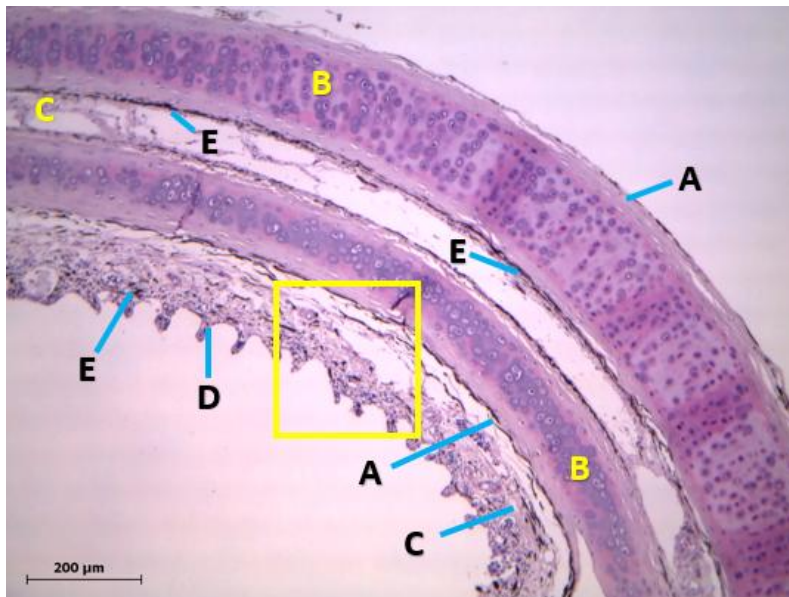


Figura N°20. Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilagenoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°21.

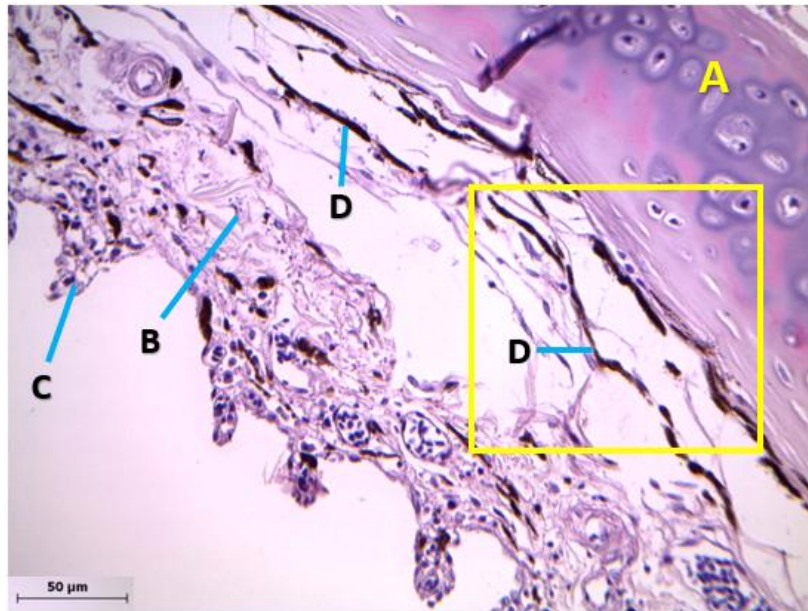


Figura N°21. Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Anillo traqueal cartilaginoso (A), tejido conectivo (B), epitelio pseudoestratificado (C) y gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°22.

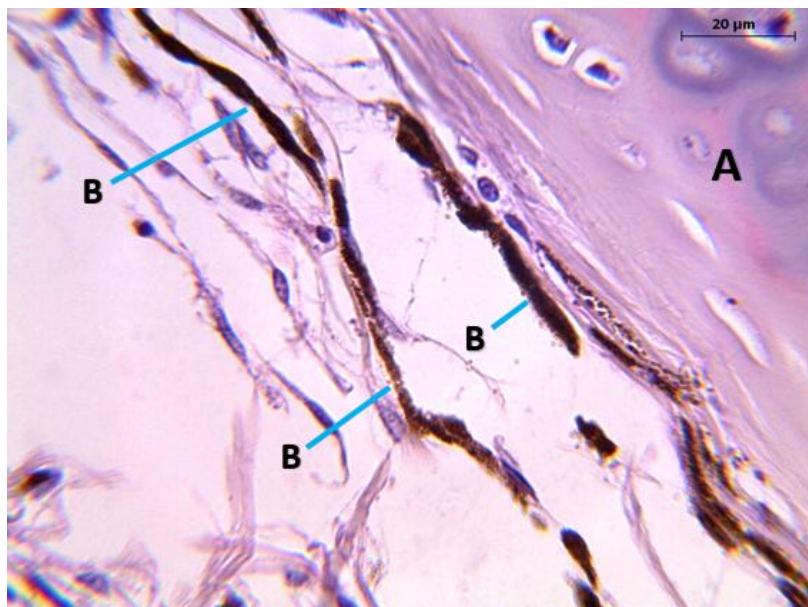


Figura N°22. Corte histológico de tráquea de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Anillo traqueal cartilaginoso (A) y gránulos de melanina (B).

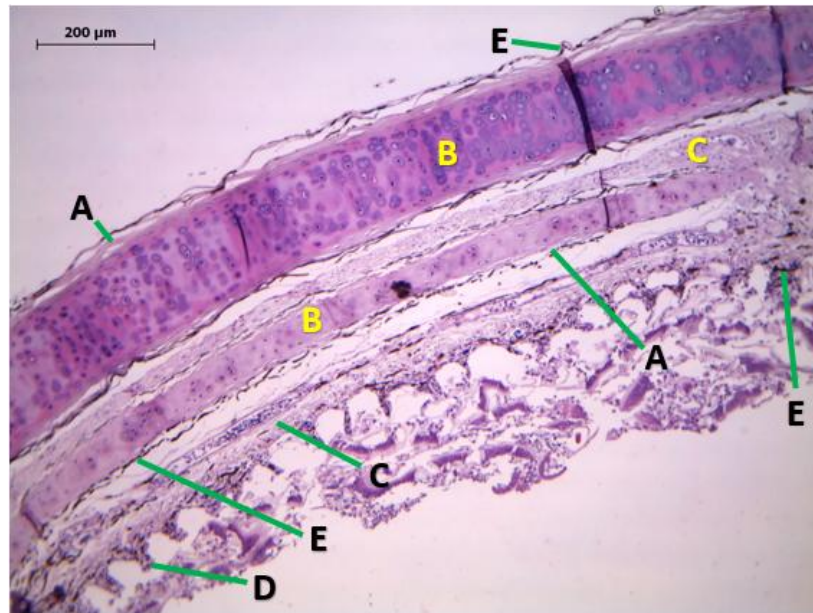


Figura N°23. Corte histológico de tráquea de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E).

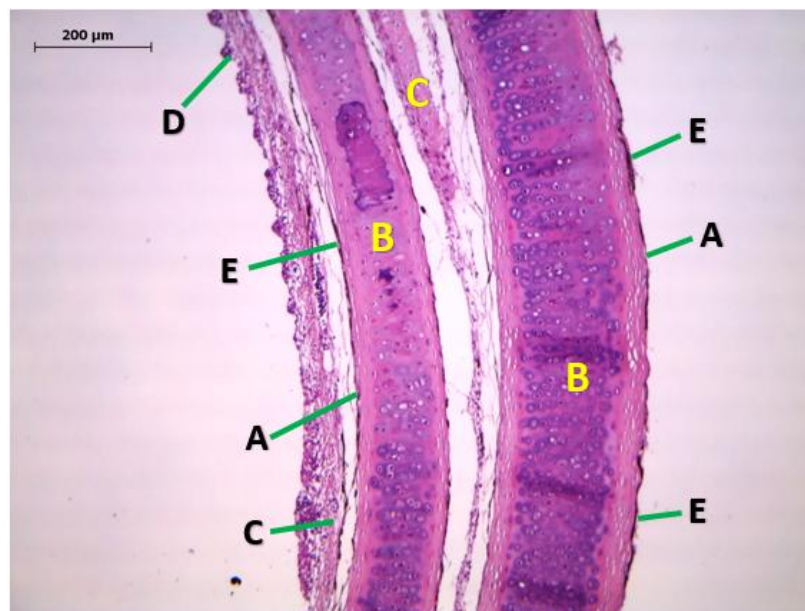


Figura N°24. Corte histológico de tráquea de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Pericondrio (A), anillo traqueal cartilaginoso (B), tejido conectivo (C), epitelio pseudoestratificado (D) y gránulos de melanina (E).

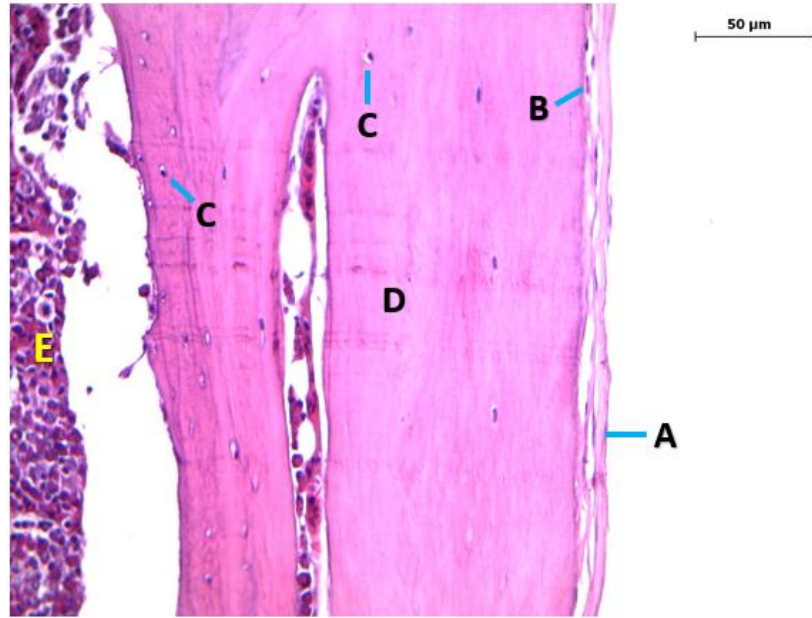


Figura N°25. Corte histológico de costilla de pollo (control). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto (B), osteocito (C), hueso compacto (D) y médula ósea (E).

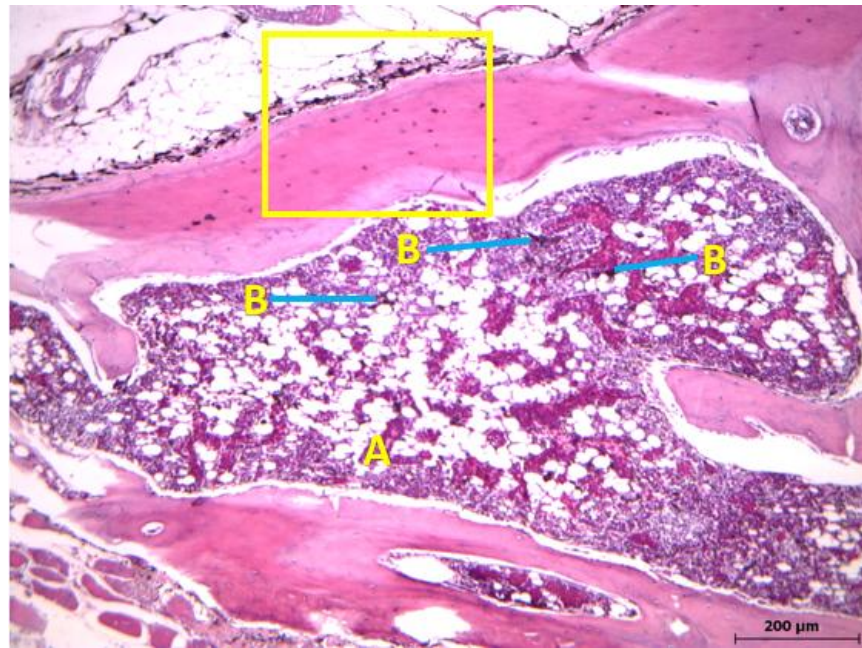


Figura N°26. Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Médula ósea (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°27.

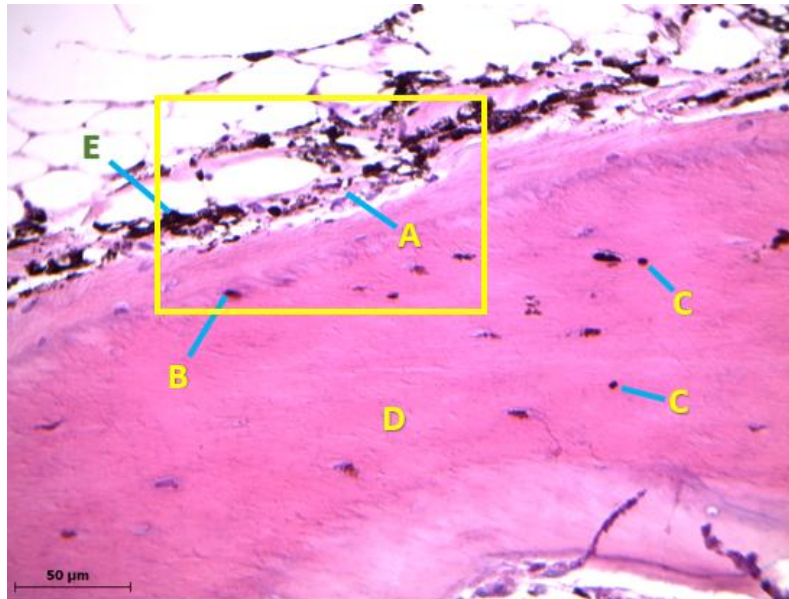


Figura N°27. Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D) y gránulos de melanina (E). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°28.

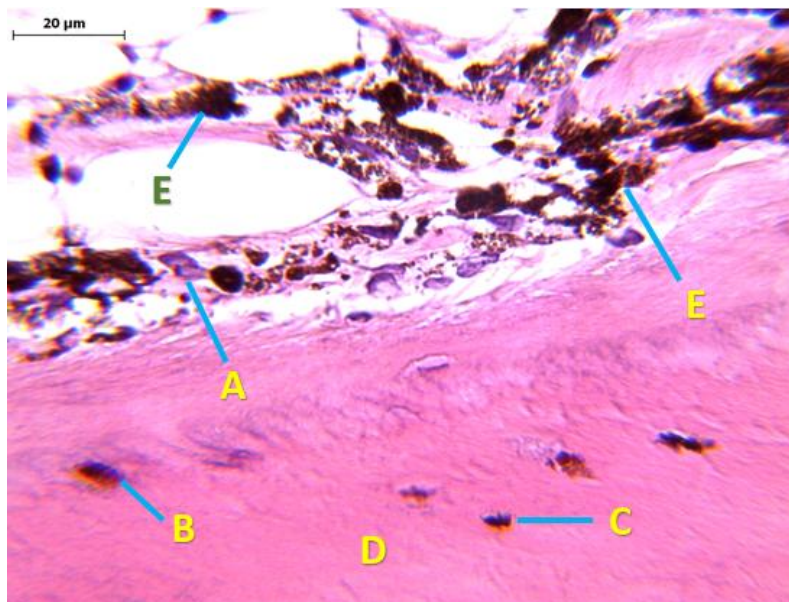


Figura N°28. Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D) y gránulos de melanina (E).

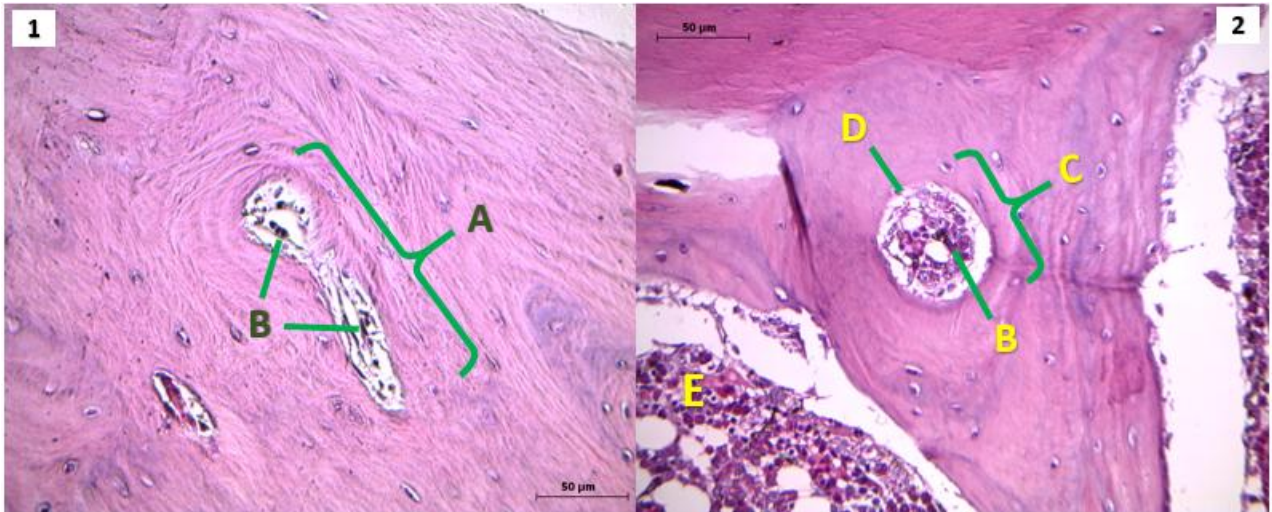


Figura N°29. Corte histológico de costilla de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Canal de Volkmann (A), gránulos de melanina (B), Sistema de Havers (C), canal de Havers (D) y médula ósea (E).

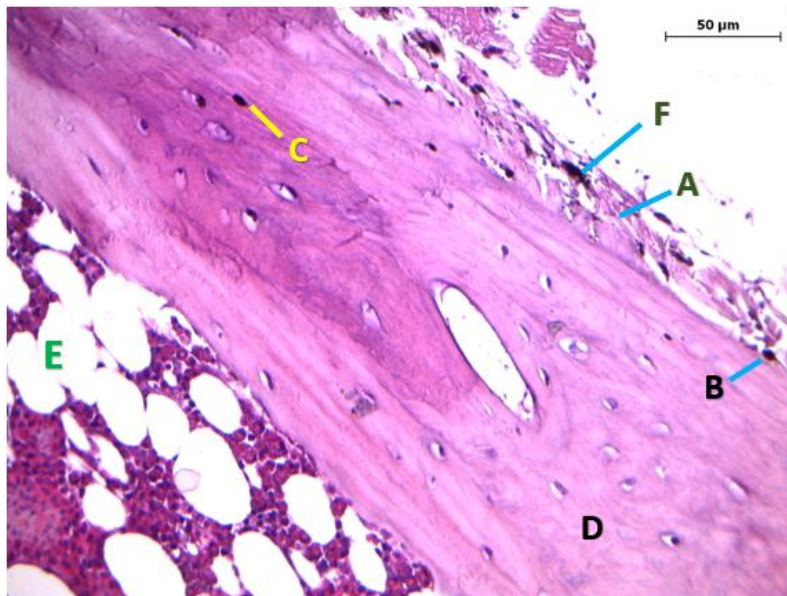


Figura N°30. Corte histológico de costilla de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito con gránulos de melanina (C), hueso compacto (D), médula ósea (E) y gránulos de melanina (F).

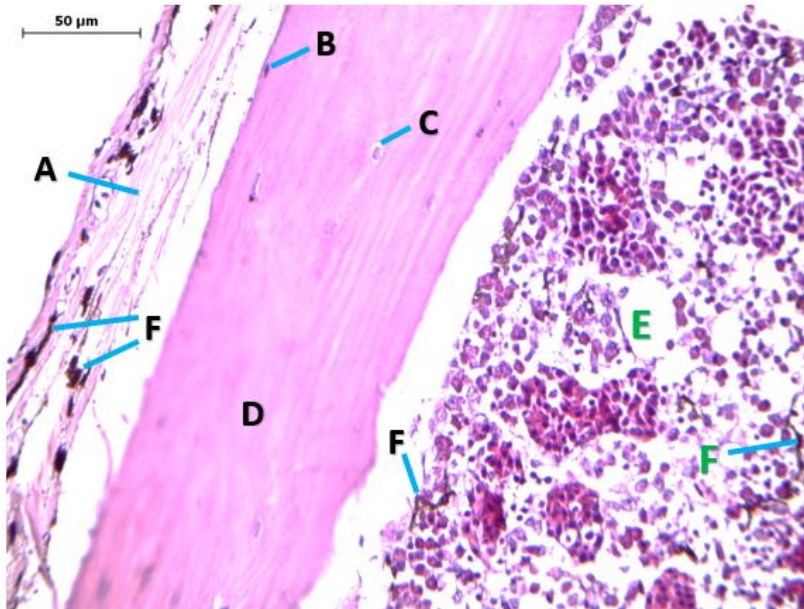


Figura N°31. Corte histológico de costilla de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Periostio (A), osteoblasto con gránulos de melanina (B), osteocito (C), hueso compacto (D), médula ósea (E) y gránulos de melanina (F).

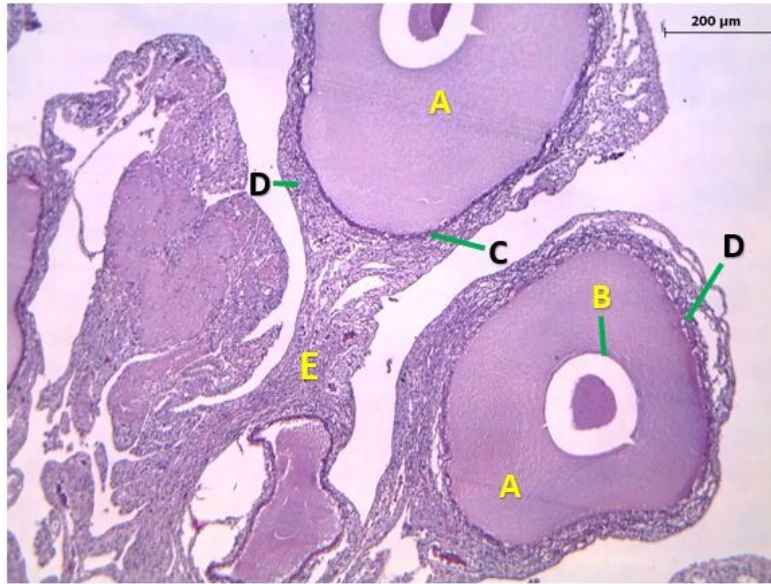


Figura N°32. Corte histológico de ovario de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), núcleo del ovocito (B), membrana granulosa (C), tecas del folículo (D) y tejido conectivo (E).

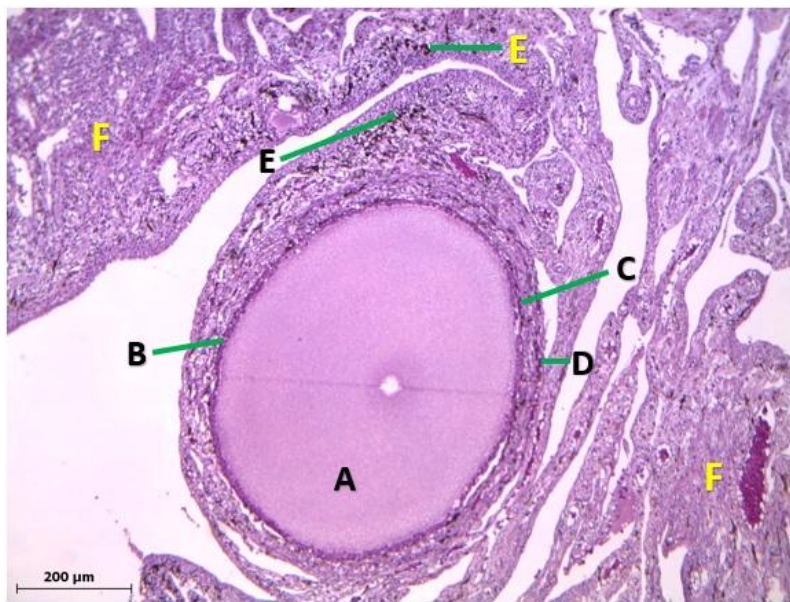


Figura N°33. Corte histológico de ovario de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), membrana granulosa (B), teca interna con gránulos de melanina (C), teca externa con gránulos de melanina (D), gránulos de melanina (E) y tejido conectivo (F).

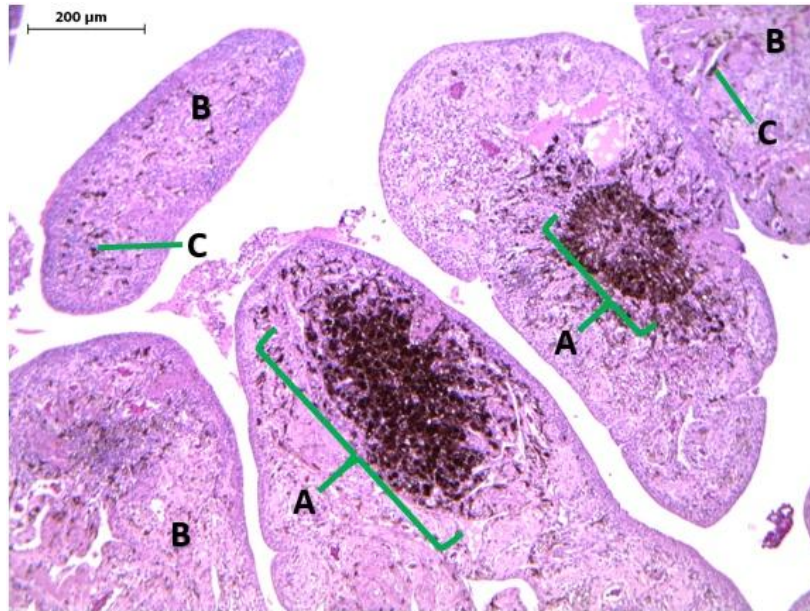


Figura N°34. Corte histológico de ovario de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Folículo atrésico con gránulos de melanina (A), tejido conectivo (B) y gránulos de melanina (C).

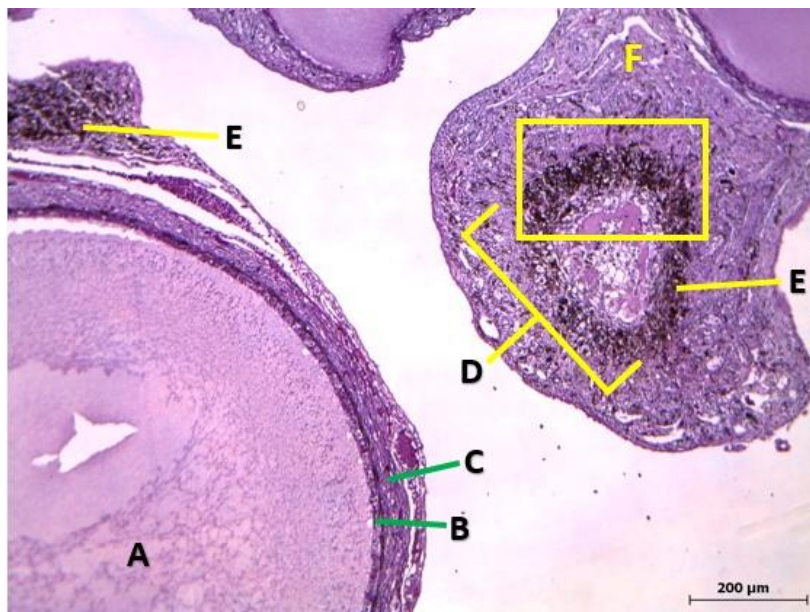


Figura N°35. Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Zona cortical. Folículo ovárico (A), membrana granulosa (B), tecas del folículo (C), folículo atrésico (D), gránulos de melanina (E) y tejido conectivo (F). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°36.

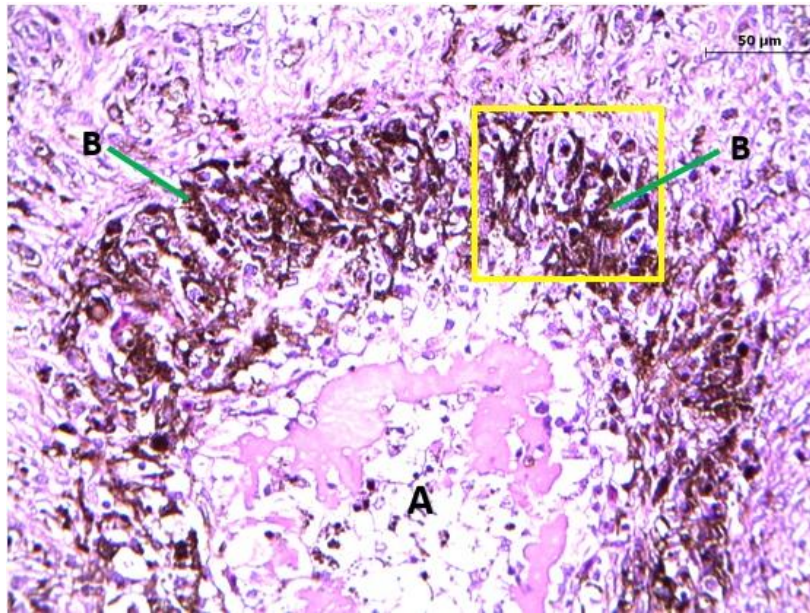


Figura N°36. Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Folículo atrésico (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°37.

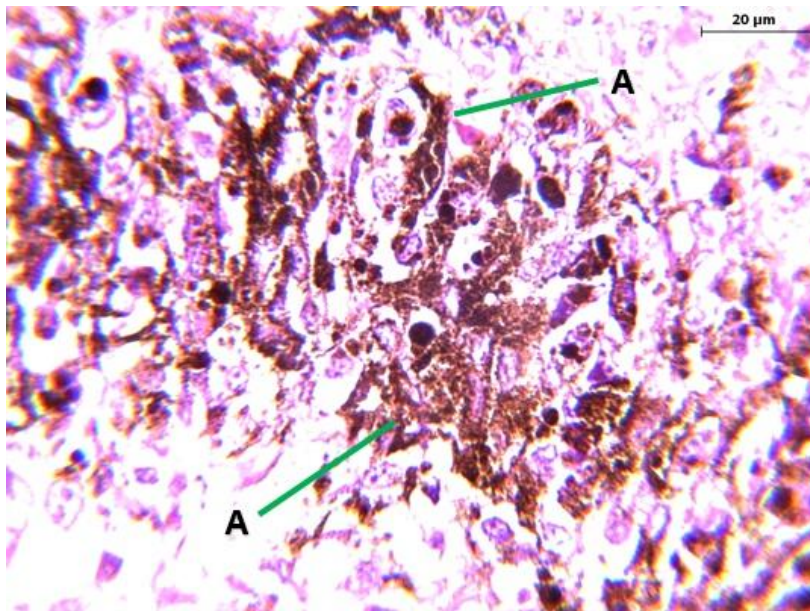


Figura N°37. Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 1000X. Gránulos de melanina (A).

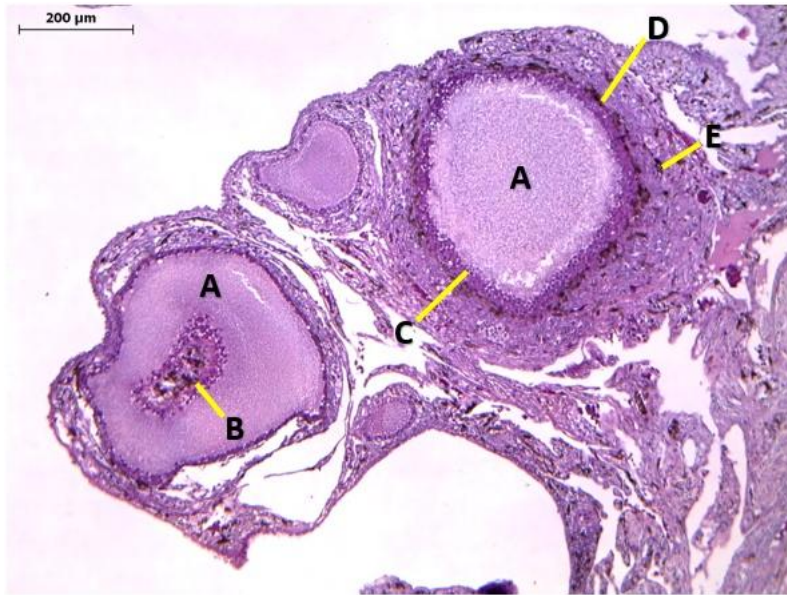


Figura N°38. Corte histológico de ovario de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), núcleo del ovocito con gránulos de melanina (B), membrana granulosa (C), teca interna con gránulos de melanina (D) y teca externa con gránulos de melanina (E).

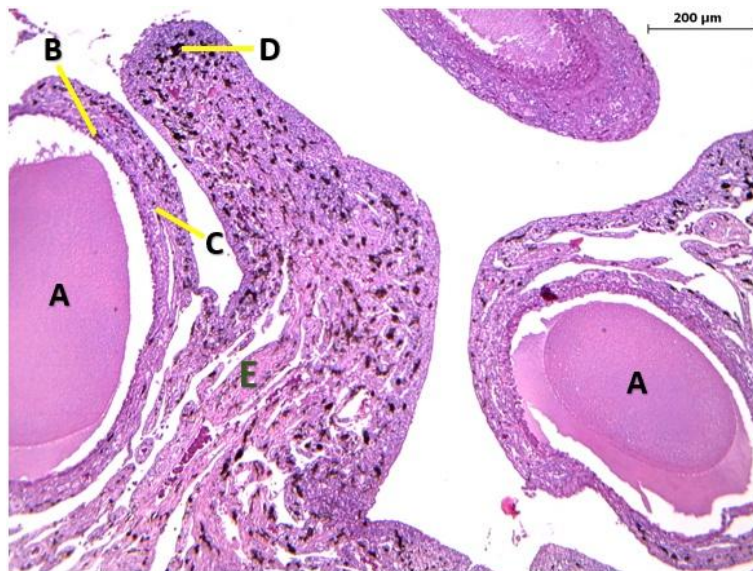


Figura N°39. Corte histológico de ovario de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Folículo ovárico (A), teca interna con gránulos de melanina (B), teca externa con gránulos de melanina (C), gránulos de melanina (D) y tejido conectivo (E).

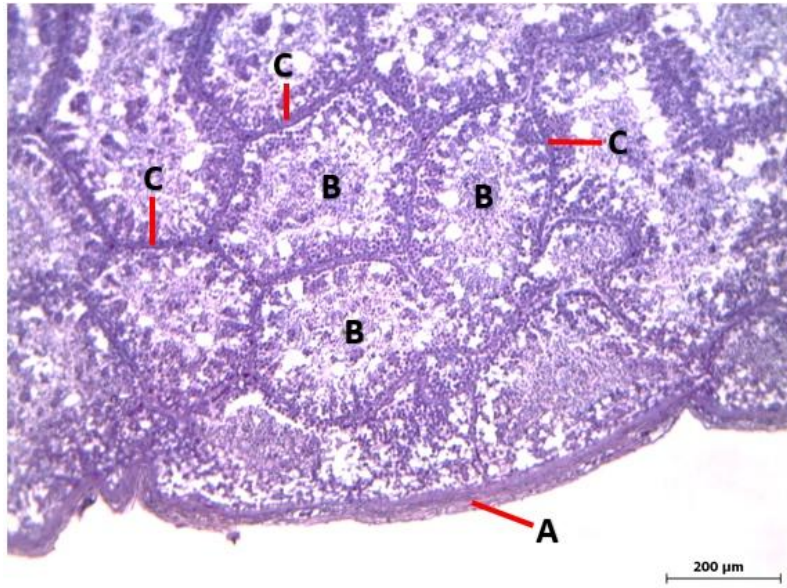


Figura N°40. Corte histológico de testículo de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), túbulos seminíferos (B) y tejido intersticial (C).

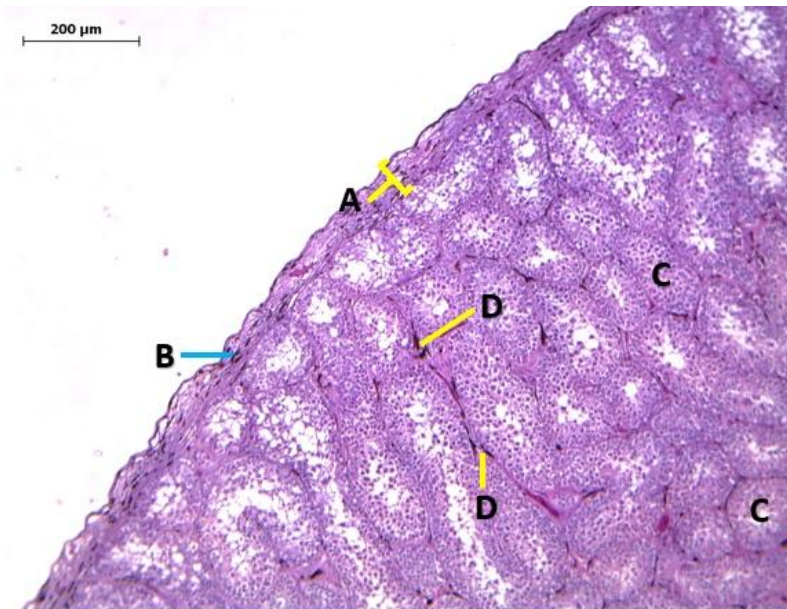


Figura N°41. Corte histológico de testículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D).

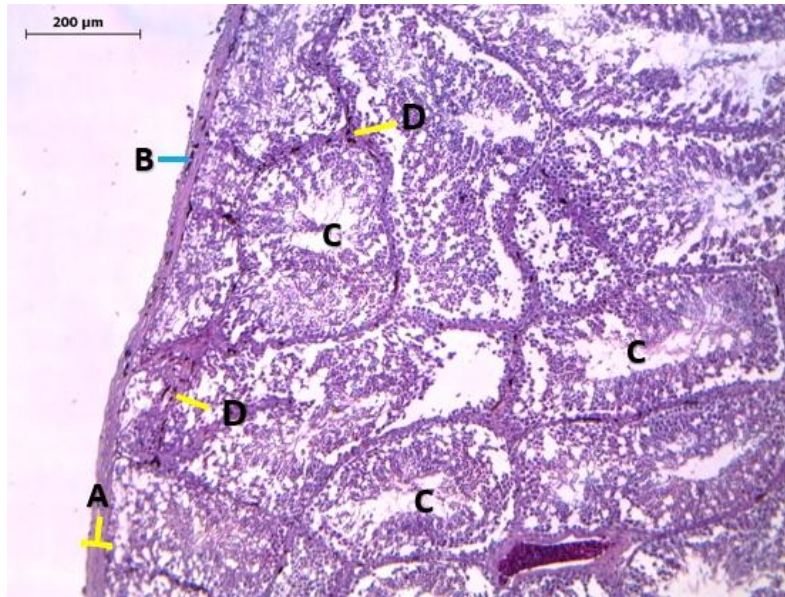


Figura N°42. Corte histológico de testículo de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D).

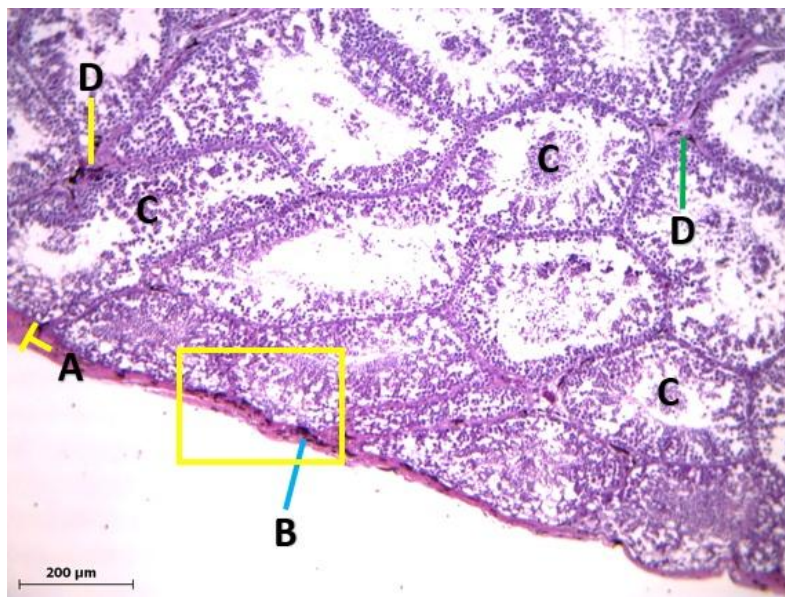


Figura N°43. Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Túnica albugínea (A), gránulos de melanina (B), túbulos seminíferos (C) y tejido intersticial con gránulos de melanina (D). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°44.

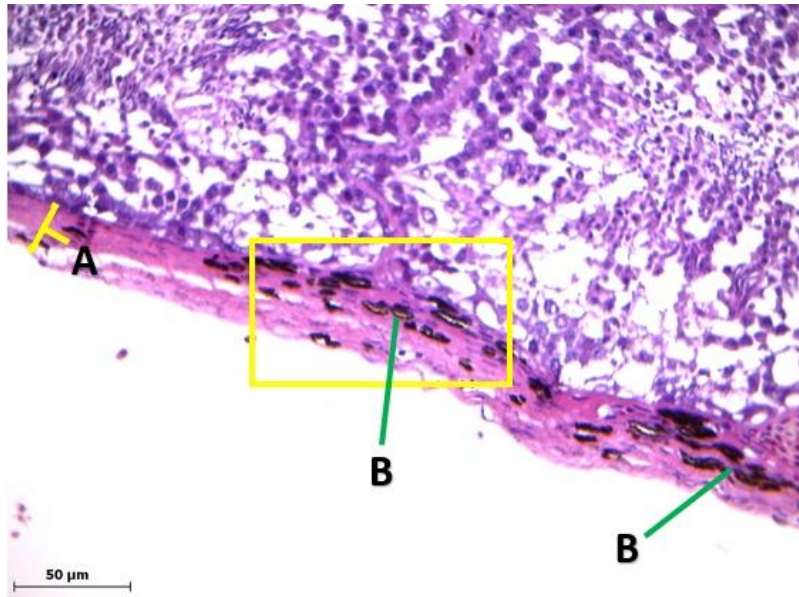


Figura N°44. Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 400X. Túnica albugínea (A) y gránulos de melanina (B). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°45.

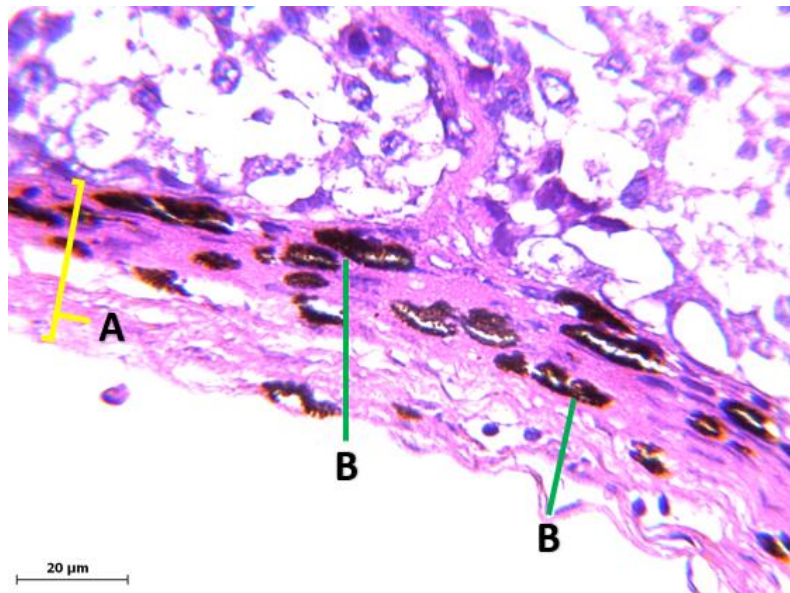


Figura N°45. Corte histológico de testículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 1000X. Túnica albugínea (A) y gránulos de melanina (B).

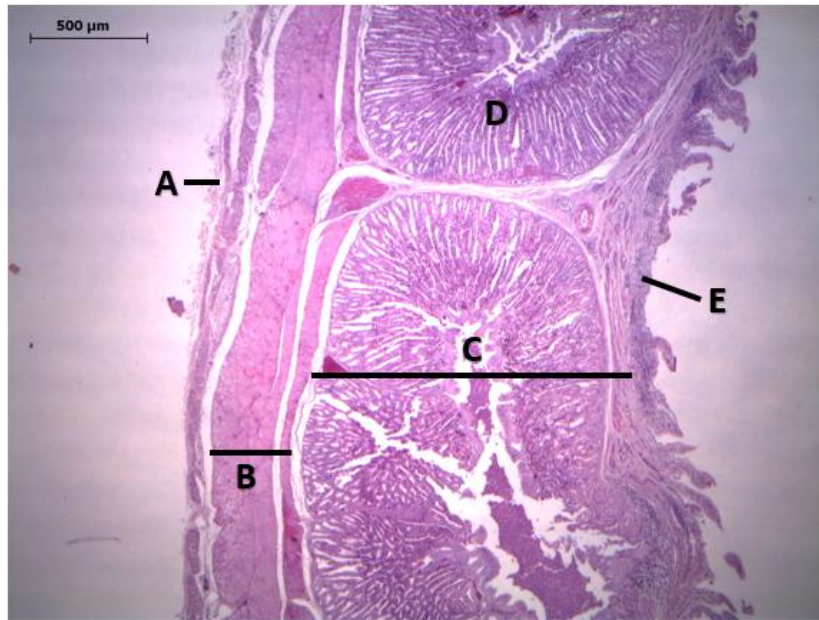


Figura N°46. Corte histológico de proventrículo de pollo (control). Tinción H. E. 40X. Capa serosa (A), capa muscular (B), capa submucosa (C), yema proventricular (D) y capa mucosa (E).

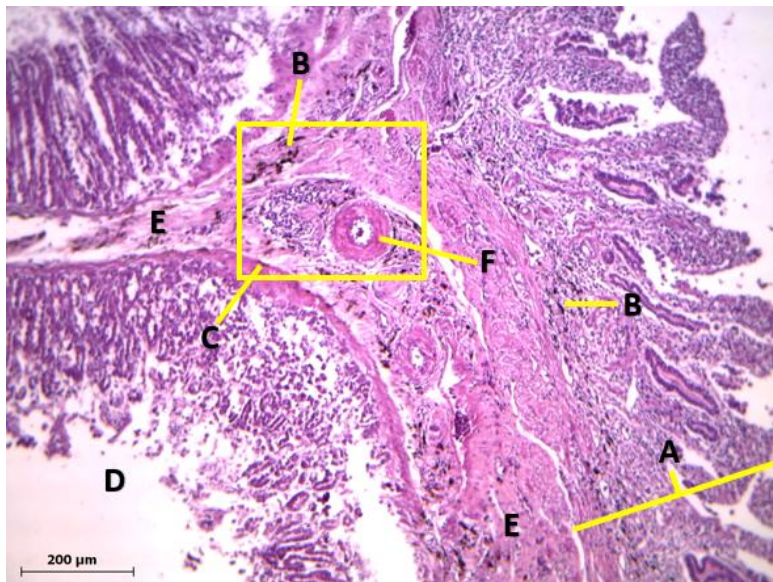


Figura N°47. Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Capa mucosa (A), gránulos de melanina (B), tabique con gránulos de melanina (C), yema proventricular (D), tejido conectivo (E) y vaso sanguíneo (F). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°48.

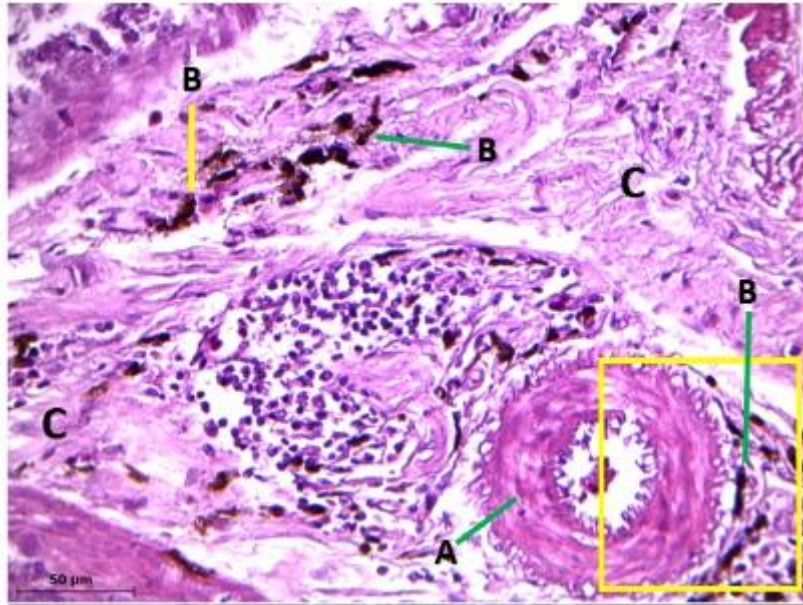


Figura N°48. Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 400X. Vaso sanguíneo (A), gránulos de melanina (B) y tejido conectivo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°49.

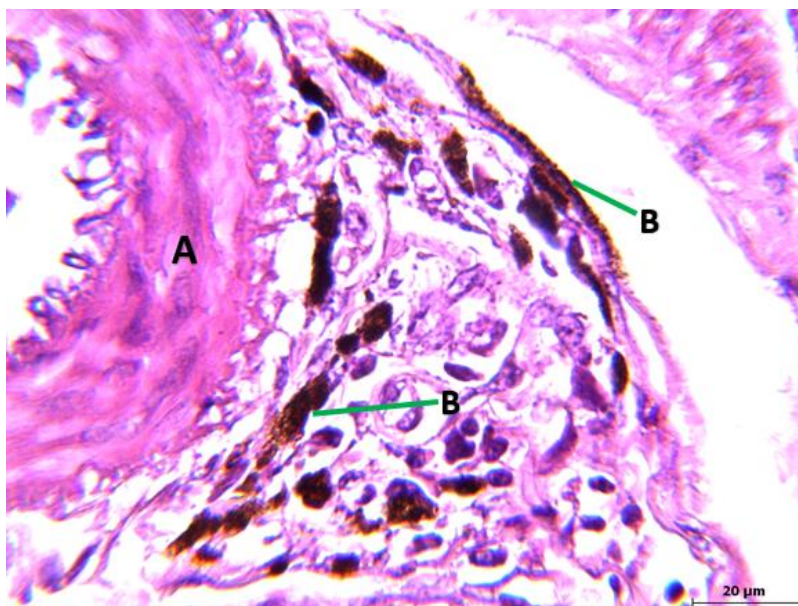


Figura N°49. Corte histológico de proventrículo de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 1000X. Vaso sanguíneo (A) y gránulos de melanina (B).



Figura N°50. Corte histológico de proventrículo de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B), yema proventricular (C) y tabique (D).



Figura N°51. Corte histológico de proventrículo de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B), yema proventricular (C) y tabique con gránulos de melanina (D).

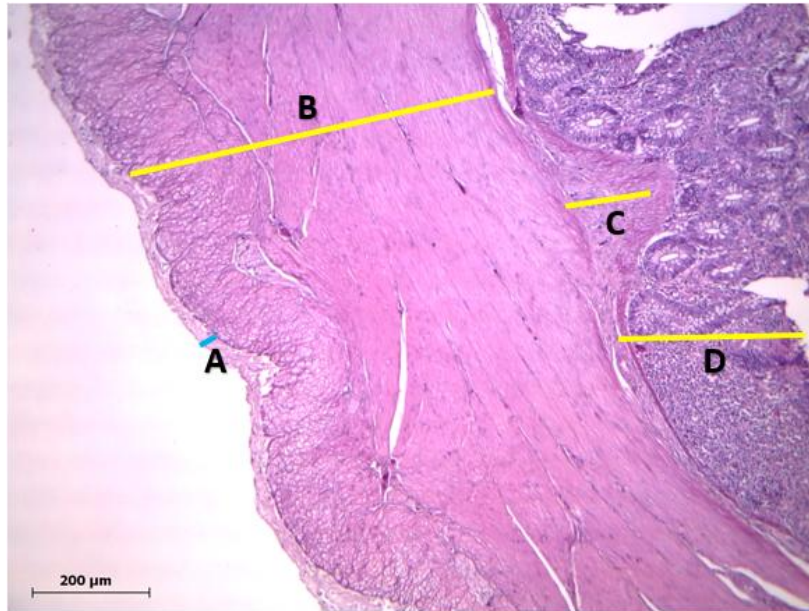


Figura N°52. Corte histológico de intestino grueso de pollo (control). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), capa muscular (B), capa submucosa (C) y capa mucosa (D).

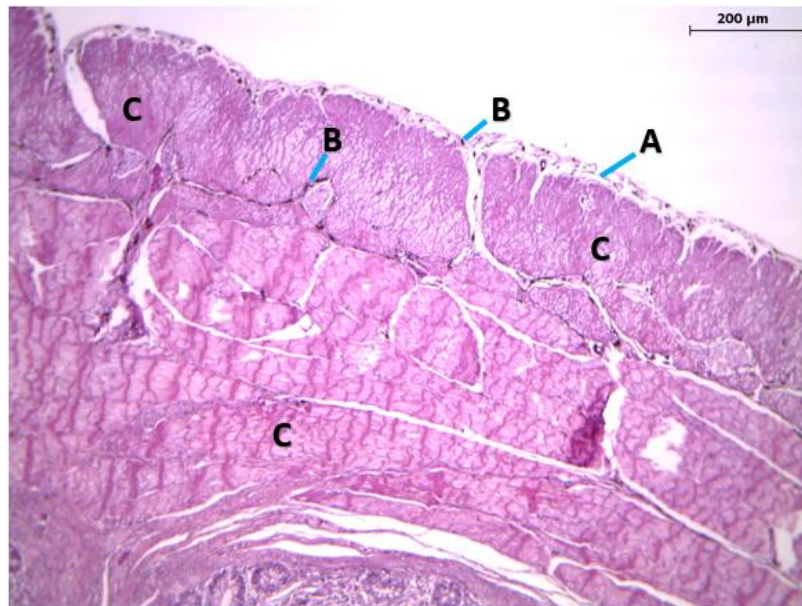


Figura N°53. Corte histológico de intestino grueso de pollo (Sedoso del Japón). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C).

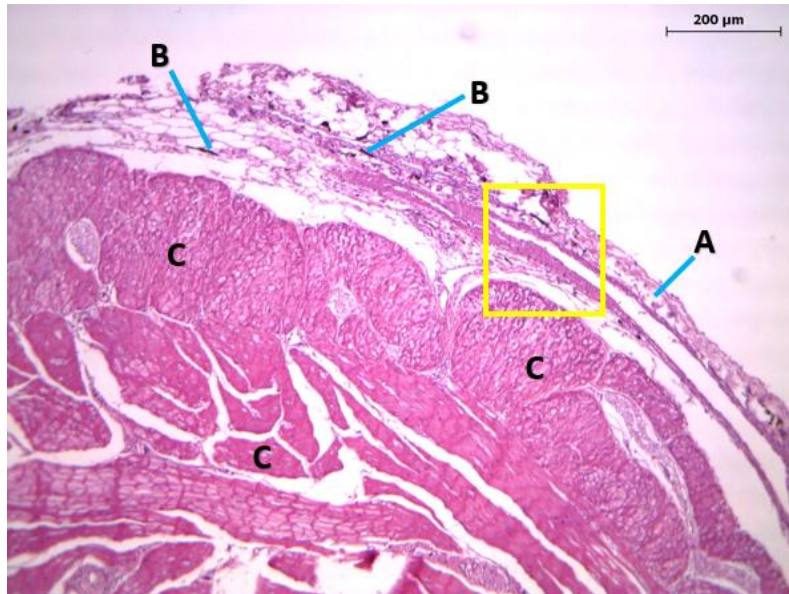


Figura N°54. Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°55.

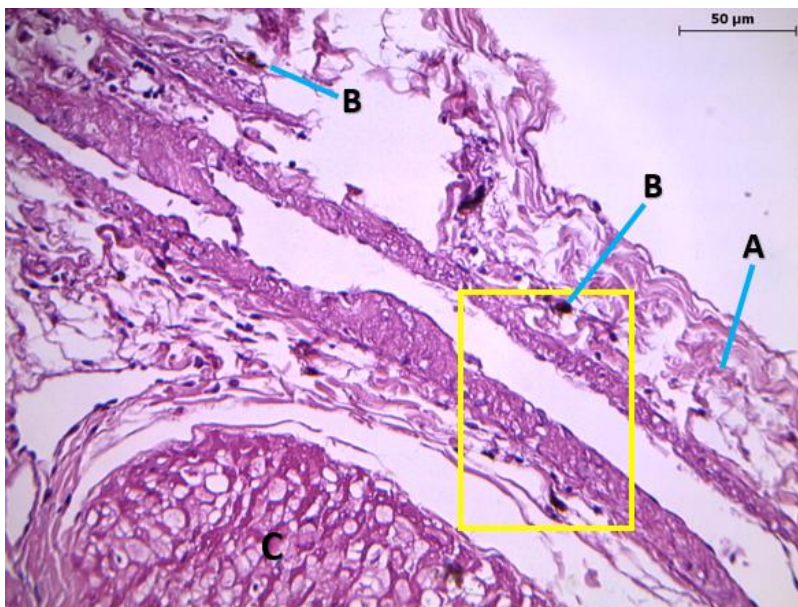


Figura N°55. Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 400X. Capa serosa (A), gránulos de melanina (B) y músculo (C). El recuadro se muestra a mayor aumento en la Fig. N°56.

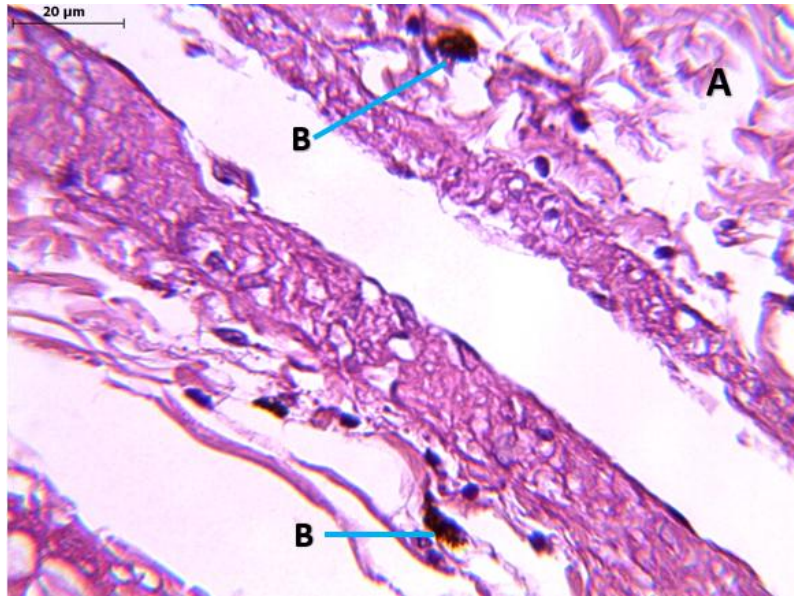


Figura N°56. Corte histológico de intestino grueso de pollo (Old English Game guineo). Tinción H. E. 1000X. Capa serosa (A) y gránulos de melanina (B).

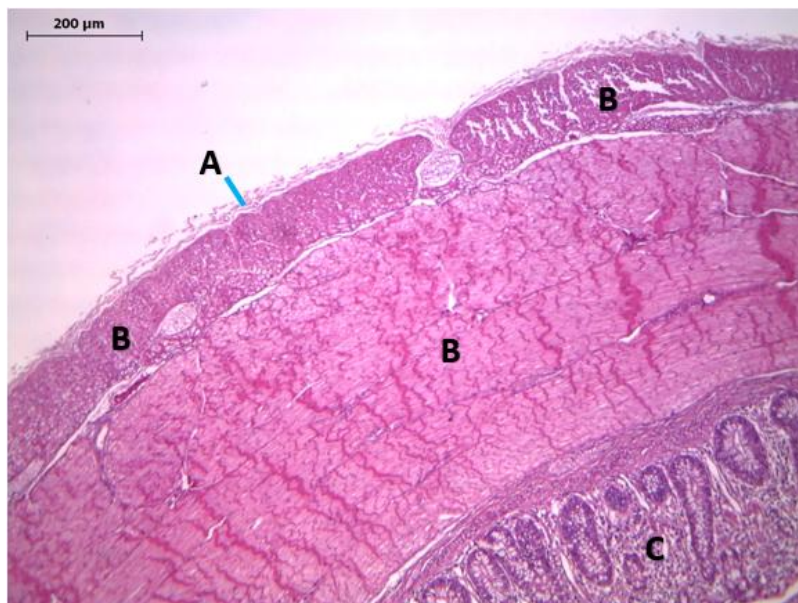


Figura N°57. Corte histológico de intestino grueso de pollo (Modern Game). Tinción H. E. 100X. Capa serosa (A), músculo (B) y capa mucosa (C).

Tabla N°2. Presencia de gránulos de melanina en siete órganos y en la costilla de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

N°	Raza	Sexo	Piel	Músculo	Tráquea	Costilla	Gónadas	Proventrículo	I. grueso
1	Sedoso del Japón	Macho	1	1	1	1	1	1	1
2	Sedoso del Japón	Macho	1	1	1	1	1	1	1
3	Sedoso del Japón	Macho	1	1	1	1	1	1	1
4	Sedoso del Japón	Hembra	1	1	1	1	1	1	1
5	Sedoso del Japón	Hembra	1	1	1	1	1	1	1
6	Sedoso del Japón	Hembra	1	1	1	1	1	1	1
7	Old English Game guineo	Macho	1	1	1	1	1	1	2
8	Old English Game guineo	Macho	1	1	1	1	1	2	1
9	Old English Game guineo	Macho	1	1	1	1	1	2	2
10	Old English Game guineo	Hembra	1	1	1	1	1	2	2
11	Old English Game guineo	Hembra	1	1	1	1	1	2	2
12	Old English Game guineo	Hembra	1	1	1	1	1	2	2
13	Modern Game	Macho	1	1	1	1	1	2	2
14	Modern Game	Macho	1	1	1	1	1	2	2
15	Modern Game	Macho	1	1	1	1	1	2	2
16	Modern Game	Hembra	1	1	1	1	1	1	2
17	Modern Game	Hembra	1	1	1	1	1	1	2
18	Modern Game	Hembra	1	1	1	1	1	1	2

Gránulos de melanina

1 = Presencia, 2 = Ausencia

Tabla N°3. Presencia de gránulos de melanina en la piel de la pierna de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Piel de la pierna	Total
		Presencia	
Sedoso del Japón	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Total	Recuento	18	18
	% dentro de raza	100,0%	100,0%

Tabla N°4. Presencia de gránulos de melanina en el músculo de la pierna de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Músculo de la pierna	Total
		Presencia	
Sedoso del Japón	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Total	Recuento	18	18
	% dentro de raza	100,0%	100,0%

Tabla N°5. Presencia de gránulos de melanina en la tráquea de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Tráquea	
		Presencia	Total
Sedoso del Japón	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Total	Recuento	18	18
	% dentro de raza	100,0%	100,0%

Tabla N°6. Presencia de gránulos de melanina en la costilla de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Costilla	
		Presencia	Total
Sedoso del Japón	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Total	Recuento	18	18
	% dentro de raza	100,0%	100,0%

Tabla N°7. Presencia de gránulos de melanina en las gónadas de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Gónadas	
		Presencia	Total
Sedoso del Japón	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	6	6
	% dentro de raza	100,0%	100,0%
Total	Recuento	18	18
	% dentro de raza	100,0%	100,0%

Tabla N°8. Presencia de gránulos de melanina en el proventrículo de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Proventrículo		Total
		Presencia	Ausencia	
Sedoso del Japón	Recuento	6	0	6
	% dentro de raza	100,0%	0,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	3	3	6
	% dentro de raza	50,0%	50,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	1	5	6
	% dentro de raza	16,7%	83,3%	100,0%
Total	Recuento	10	8	18
	% dentro de raza	55,6%	44,4%	100,0%

Tabla N°9. Presencia de gránulos de melanina en el intestino grueso de tres razas de pollo doméstico con fibromelanosis.

Raza		Intestino grueso		Total
		Presencia	Ausencia	
Sedoso del Japón	Recuento	6	0	6
	% dentro de raza	100,0%	0,0%	100,0%
Modern Game	Recuento	0	6	6
	% dentro de raza	0,0%	100,0%	100,0%
Old English Game guineo	Recuento	1	5	6
	% dentro de raza	16,7%	83,3%	100,0%
Total	Recuento	7	11	18
	% dentro de raza	38,9%	61,1%	100,0%