

2016

Características histológicas de los testículos en machos reproductores de la línea Ross 308 en edad senil

Tatiana Ruiz Duque
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria



Part of the [Veterinary Medicine Commons](#)

Citación recomendada

Ruiz Duque, T. (2016). Características histológicas de los testículos en machos reproductores de la línea Ross 308 en edad senil. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/282

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Medicina Veterinaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Universidad de La Salle
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Medicina Veterinaria



Características histológicas de los testículos en machos reproductores de la línea Ross 308 en edad senil.

Tatiana Ruiz Duque

Bogotá, Colombia
2016

Universidad de La Salle
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Medicina Veterinaria

Características histológicas de los testículos en machos reproductores de la línea Ross 308 en edad senil.

Preparado por:
Tatiana Ruiz Duque
Código: 14082033

Directora
Arlen Patricia Gómez Ramírez, M.V., Ph.D.

Bogotá, Colombia
2016

Aprobación

DIRECTORA

ARLEN PATRICIA GÓMEZ RAMÍREZ

JURADO

RICARDO JAVIER PIÑEROS

JURADO

JAVIER EDUARDO GÓMEZ

Directivos

Rector	Hno. Carlos Gabriel Gómez Restrepo
Vicerrector Académico	Hno. Carlos Enrique Carvajal Acosta
Vicerrector De Investigación Y Transferencia	Dr. Luis Fernando Ramírez Hernández
Vicerrector De Promoción Y Desarrollo Humano	Hno. Frank Leonardo Ramos Baquero
Vicerrector Administrativo	Dr. Eduardo Ángel Reyes
Decana Facultad de Ciencias Agropecuarias	Dra. Claudia Aixa Mutis
Secretario Académico	Dr. Alejandro Tobón González
Director Programa de Medicina Veterinaria	Dr. Fernando Nassar Montoya

Compromiso

El presente trabajo de grado no contiene ideas contrarias a la doctrina católica en asuntos de dogma y moral. La Universidad, la directora y el jurado calificador no son responsables de las ideas expuestas por el graduando.

Agradecimientos

Quiero dedicar y expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien hizo posible que me realizara como profesional y concluyera mis más grandes anhelos.

A mis padres y a mi hermana por haberme dado la oportunidad de crecer como persona y por el apoyo que me brindaron durante toda mi carrera, pues sin ellos y su constancia no podría haber llegado a la meta.

De forma muy especial quiero agradecer por todo el apoyo y conocimiento que recibí del Dr. Manuel Rodríguez Garzón y de la empresa Pollo Andino S.A, ya que sin su colaboración en granja y documental no hubiese sido posible concluir esta investigación.

A la Dra. Arlen Patricia Gómez directora de la investigación por su dedicación y compromiso durante toda la investigación pues supo guiarme y darme fuerzas para enfrentar las adversidades durante toda mi formación académica.

Tabla de contenido

Introducción	1
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Marco teórico	4
Taxonomía de las aves domésticas	4
La industria avícola en el contexto internacional y nacional	5
Fisiología y anatomía del sistema reproductor del macho	11
Desarrollo testicular del macho	23
Características histológicas de los testículos	31
Materiales y métodos	38
Localización	38
Aves del estudio y muestras	38
Análisis de imágenes	41
Comportamiento productivo	42

Análisis estadístico	42
Resultados	44
Comportamiento productivo del lote	44
Morfometría de los tubos seminíferos	48
Discusión y conclusiones	51
Lista de referencias	57

Lista de tablas

Tabla 1	Producción mundial de carne de pollo según las cifras de la FAO entre los años 2000 y 2012.	6
Tabla 2	Comportamiento productivo del lote estudiado.	48
Tabla 3	Medidas del diámetro, grosor, índice y área de los tubos seminíferos en gallos de producción en las semanas 30, 50, 70 y 90.	49

Lista de figuras

Figura 1	Taxonomía de las aves domésticas	5
Figura 2	Principales productores de carne de pollo en América	7
Figura 3	Producción de pollo (A) y huevo (B) en Colombia durante los años 2013 y 2014	8
Figura 4	Consumo Per Cápita de carne de pollo en Colombia entre los años 1998 y 2013	9
Figura 5	Evolución de la línea genética Ross 308	10
Figura 6	Anatomía de los testículos de las aves.	13
Figura 7	Túbulo seminífero de un gallo	14
Figura 8	Vías deferentes del Gallo	17
Figura 9	Corte histológico de un tubo seminífero del testículo	20
Figura 10	Cloaca del macho reproductor	22
Figura 11	Anatomía cloacal del macho	22
Figura 12	Desarrollo del testículo de acuerdo a la semana de vida	24
Figura 13	Testículo de la semana 2 a la 15	26
Figura 14	Formas del testículo a la semana 20	27
Figura 15	Testículo a la semana 20 y 23	28
Figura 16	Zona central testicular	28
Figura 17	Testículo de un macho de 35 días	29

Figura 18	Testículo de un macho de más de 35 semanas de vida	30
Figura 19	Etapa intermedia de las células de Sertoli	32
Figura 20	Ubicación satelital de la granja en la que se realizó el estudio	38
Figura 21	Condición corporal de los machos	39
Figura 22	Procedimiento para el pesaje de machos y extracción de los testículos a la necropsia	40
Figura 23	Pesaje del testículo y medición testicular	41
Figura 24	Toma de muestras, corte y envío de muestra al laboratorio	42
Figura 25	Peso promedio del lote estudiado Vs el peso guía Ross 308.	45
Figura 26	Porcentaje de nacimientos del lote estudiado Vs el porcentaje de nacimientos de la guía Ross 308.	45
Figura 27	Consumo acumulado del lote. Porcentaje de mortalidad en cada una de las semanas de estudio.	46
Figura 28	Capturas de túbulos seminíferos de gallos en diferentes semana de vida con el software analizador de imágenes digital ZEN 2012 Blue edition®.	50

Resumen

El objetivo del macho reproductor es obtener un buen registro en la fertilidad del lote con el fin de optimizar el número de pollitos viables por gallina. La conducta reproductiva desempeña un papel importante en la fertilidad de los machos, junto con las características morfológicas y fisiológicas. Conforme a esto se realizó este estudio ya que los machos reproductores durante su etapa de vida presentan alteraciones histológicas en los testículos asociadas con disminución de la fertilidad. Esta investigación se llevó a cabo en una granja de reproductoras pesadas, en el Departamento del Tolima Colombia, con el objetivo de analizar y describir las características histológicas de los testículos en machos de la línea Ross 308. Para este estudio se tomaron 40 testículos de las diferentes semanas de vida 30, 50, 70 y 90, a los cuales se le realizaron cortes histológicos para poder observar en el microscopio y comparar los parámetros morfométricos de los tubos seminíferos de cada uno de los testículos. Los parámetros evaluados en el comportamiento productivo del lote fueron el peso corporal, el peso testicular, el consumo de alimento del lote, porcentaje de mortalidad y nacimientos de la granja; así mismo se midió el largo y ancho de los testículos en cada una de las semanas de vida. Por otra parte se evaluó la morfología de los túbulos seminíferos donde se establecieron las medidas del diámetro, grosor, índice y área de los mismos. A partir de la relación entre los diámetros y los grosores se evidenciaron variaciones que arrojaron diferencias estadísticas significativas para la investigación. Al realizar este análisis se pueden obtener respuestas de la conformación de los tubos seminíferos en cada una de las etapas de vida de un macho, brindando información verídica y confiable sobre los datos clave para la toma de decisiones asociadas con la selección de machos en las granjas reproductoras del país.

Palabras claves: *Testículo, túbulo seminífero, machos, fertilidad, edad, histología*

Abstract

The main goal in the breeding male is to obtain a good registration on the batch fertility in order to optimize the number of viable chicks per hen. The reproductive behavior plays an important role in male fertility, along with the morphological and physiological characteristics (Bilcik, 2005). According with this, the study was conducted as breeding males during their life have histological changes in the testes associated with decreased fertility. This research was conducted on a broiler breeder farm in Tolima, Colombia in order to analyze and describe the histological features of the testicles in males of the line Ross 308. For this study testicles from different weeks were taken of 30, 50, 70 and 90 weeks, which histological sections were performed to observe under a microscope and compare morphometric parameters of the seminiferous tubules of each of the testes. The parameters evaluated on the productive performance of the batch were body weight, testicular weight, food consumption, mortality rate and farm birthrate. Likewise the length and width of the testes in each week of life was measured.

Moreover, the morphology of the seminiferous tubules such as diameter, thickness, index and area measurements of seminiferous tubules were settled. From the variations between the diameter and the thickness a statistically significant differences were evident for the research.

While conducting this analysis you can get answers from the formation of the seminiferous tubules in each of the life stages of a male, providing accurate and reliable information and key data for decision -making associated with the selection of males on farms breeders in the country.

Keywords: *Testis, seminiferous tubule, male fertility, age, histology*

Introducción

A nivel mundial, según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2013), el sector avícola sigue creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo debido al impulso del crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo y los procesos de urbanización. La industria avícola es una actividad importante dentro de la economía nacional, pues su desarrollo se ha visto incrementado en las últimas décadas lo cual ha traído grandes beneficios y aportes a la progresión del país. Según el departamento económico de la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI, 2013), el sector creció en un 11%, quienes aseguran que en el país el consumo per cápita de pollo pasó de 23,9 kilos en 2012 a 28 kilos en el 2013 y en el caso del huevo pasó de 228 unidades a 236. Para el 2014 se esperaba un incremento del 1,8% en la producción de carne aviar de Estados Unidos, puesto que la baja oferta de carne porcina, los problemas causados por la diarrea epidémica porcina, y la baja producción de carne bovina por la sequía del 2012, constituyeron una gran oportunidad para el sector productor de carne de aves, puesto que los consumidores lo vieron como una buena alternativa (Echávarri, 2014).

Es por esta razón que actualmente se vienen implementando programas para el mejoramiento de la calidad de los productos avícolas, con el objetivo no solo de mantener el crecimiento de la industria, sino de poder expandir las fronteras de exportación (Jaimes et al., 2010). A la gran abundancia de datos sobre la reproducción de las aves se opone una relativa escasez de conocimientos sobre los machos reproductores (Sauveur, 1992).

La fertilidad de los machos reproductores ha declinado en los últimos años, debido a múltiples factores que se evidencian durante el transcurso de la producción (Gómez et al., 2014), pues no siempre se le otorga la importancia que este se merece. El desarrollo correcto de los

testículos es fundamental para lograr y mantener los niveles de fertilidad de los lotes. Un desarrollo inadecuado debido a problemas en el manejo de los animales dentro de las granjas de levante y de producción, así como a los cambios genéticos producidos en las estirpes, se constituye en una de las principales causas de baja fertilidad, bajo porcentaje de huevo incubable y disminución del rendimiento en las reproductoras pesadas (Powley, 2008).

En estudios previos se ha demostrado que las aves silvestres sometidas a condiciones climáticas desfavorables aparecen cambios histológicos en los testículos que incluyen regresión o atrofia de los túbulos seminíferos (Nicholls et al., 1972; Rohss et al., 1983). Así mismo otras investigaciones han demostrado numerosas alteraciones que incluyen los niveles hormonales, el desarrollo del tejido testicular, comportamiento, locomoción, composición corporal, y dilatación en los túbulos con descamaciones en las células germinales, generando posteriormente atrofias y disminución del diámetro de los túbulos seminíferos (Sarabia et al., 2013). Pese a la descripción sobre las alteraciones de fertilidad asociadas con cambios histológicos en el testículo (Sarabia et al., 2013), no se han reportado medidas cuantitativas de estos cambios en los túbulos seminíferos después de la semana 55 de edad. Adicionalmente, no se conoce si estas alteraciones histológicas también se presentan en reproductores bajo las condiciones del trópico como las del país. Esto revierte en que no es suficiente obtener picos altos de producción y una buena persistencia en los lotes, si no se obtienen buenos parámetros de fertilidad. Lo anterior justifica la realización de proyectos de investigación que aporten el conocimiento necesario para producir machos de calidad para aparear con la hembra con el fin de maximizar la fertilidad en el periodo de producción. Esta eficiencia reproductiva dependerá de testículos válidos y de las condiciones de manejo, que se brinden a los lotes asegurando niveles competitivos de fertilidad en las granjas reproductoras del país.

Objetivos

Objetivo general

Describir las características histológicas de los testículos de machos reproductores mayores de 30 semanas de edad.

Objetivos específicos

Evaluar el peso vivo de los reproductores y compararlo con su desarrollo testicular en las semanas 30, 50, 70 y 90 de vida.

Describir el comportamiento productivo de los lotes en los que se seleccionarán los machos del estudio en las semanas de interés y al final del periodo productivo.

Analizar mediante microscopia óptica y con ayuda del software ZEN 2012 Blue edition®, la morfología de los túbulos seminíferos de los testículos provenientes de los machos seleccionados.

Marco teórico

Taxonomía de las aves domésticas

Dentro del reino animal encontramos los pollos como se conocen popularmente los cuales son aves domésticas pertenecientes a la Familia Phasianidae, a los machos se les denomina gallos y se dice que las hembras o gallinas domésticas son el ave más numerosa del planeta pues se calcula que supera las 13.000 especies. A lo largo de la historia las aves han sido domesticadas durante miles de años, según las evidencias arqueológicas sugieren que gallinas domésticas existe desde hace 8000 años expandiéndose en la mayor parte del mundo, convirtiéndose así en objeto de manipulación del hombre (Rose, 1997). Estos animales fueron domesticados en China hace más de 3.500 años y se han criado y conservado por su producción de carne, huevos y plumas. Estas aves han sido domesticadas llegando a conformar dos familias taxonómicas: la familia Phasianidae donde se agrupan las aves de tipo faisán, gallinas, pavos, codornices y gallinas pintadas, y la familia Anatidae la conforman aquellas aves acuáticas como lo son los patos y los gansos (Figura 1).

De aquí parten diversas investigaciones en selección genética con el fin de mejorar las estirpes de las aves de corral (Rose, 1997). Los machos se distinguen de las hembras porque a simple vista son más grandes, hasta pueden medir 50 centímetros y pesar 4 kilos y poseer barbillas y crestas muy rojas que sirven como símbolo de su dominancia y jerarquía en las granjas de producción. El objetivo principal de la historia y de investigaciones genéticas fue enfocado en los rendimientos zootécnicos y de producción de las aves, enfocándose en los genes que los individuos heredan de sus padres y por otro lado la interacción que tienen con el ambiente (Rodríguez et al., 2012). Pues es importante conocer los antecedentes de la especie a trabajar ya que permite organizar la información biológica de cada una de ellas, donde se

acumulan los fenómenos, hechos que se han presentado a lo largo de la historia y sobre todo el manejo de las explotaciones y los avances que permiten buscar técnicas y métodos para mejorar y conservar la especie.

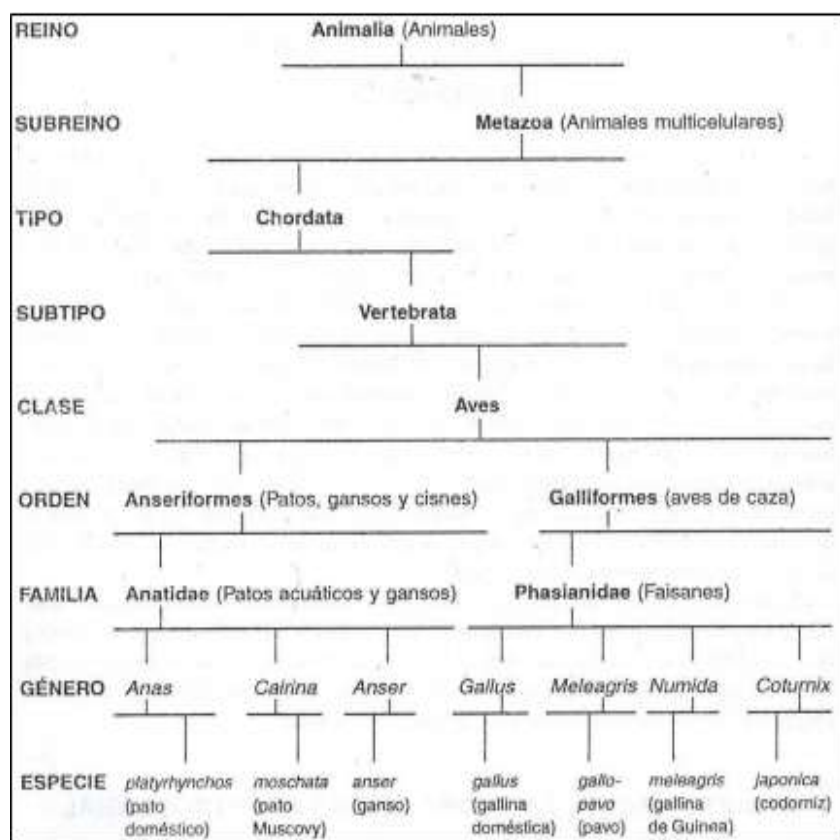


Figura 1. Taxonomía de las aves domésticas. Fuente: Rose, 1997

La industria avícola en el contexto internacional y nacional

A lo largo de la historia se ha podido ver el incremento y los altibajos que ha tenido la producción avícola en todo el mundo; en cuanto a los datos internacionales de carne de pollo, cabe señalar las cifras presentadas por la FAO en el 2012. Las cinco grandes regiones del mundo productoras de carne de pollo (Tabla 1) han exhibido las diferentes tasas de crecimiento con base

a las cifras de las FAO durante el periodo del 2000 y 2010. África y Asia han registrado aumentos de alrededor de 4.5% al año, mientras que el crecimiento en las otras regiones ha estado por debajo del 4%, promediando 3.9% en Europa, 3.7% en Oceanía y 3.5% en América (Evans, 2012).

Tabla 1

Producción mundial de carne de pollo según las cifras de la FAO entre los años 2000 y 2012.

Región	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
África	2.8	3.4	3.4	3.7	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7
América	27.2	32.7	33.7	35.3	37.4	36.7	38.4	39.2	39.4
Asia	18.7	22.5	23.5	24.9	26.4	27.2	28.6	29.9	31.0
Europa	9.4	10.7	10.8	11.7	12.1	13.4	13.8	14.2	14.5
Oceanía	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3
Mundo	58.7	70.2	72.3	76.5	80.8	82.5	86.2	89.2	90.9

Según los economistas del USDA, los mayores productores de América en su producción de pollos de engorde crecieron en un promedio de 3.7% al año entre el 2000 y 2012, pasando de 24.5 millones de toneladas a un estimado de 37.8 millones de toneladas (Figura 2) (Evans, 2012; USDA, 2012).

Los adelantos en los métodos de reproducción han dado lugar a aves que responden a fines especializados y son cada vez más productivos, aunque requieren la gestión por parte de expertos. El desarrollo y la transferencia de las tecnologías de alimentación, sacrificio y elaboración han mejorado en la inocuidad y la eficiencia del sector (FAO, 2014). De acuerdo a

las afirmaciones de entidades y economistas del mundo se espera que este gremio siga creciendo e industrializándose en muchas más partes del mundo debido al impulso del crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo y los procesos de urbanización que llevan a los productores y comercializadores de pollo a nivel global (FAO, 2014).

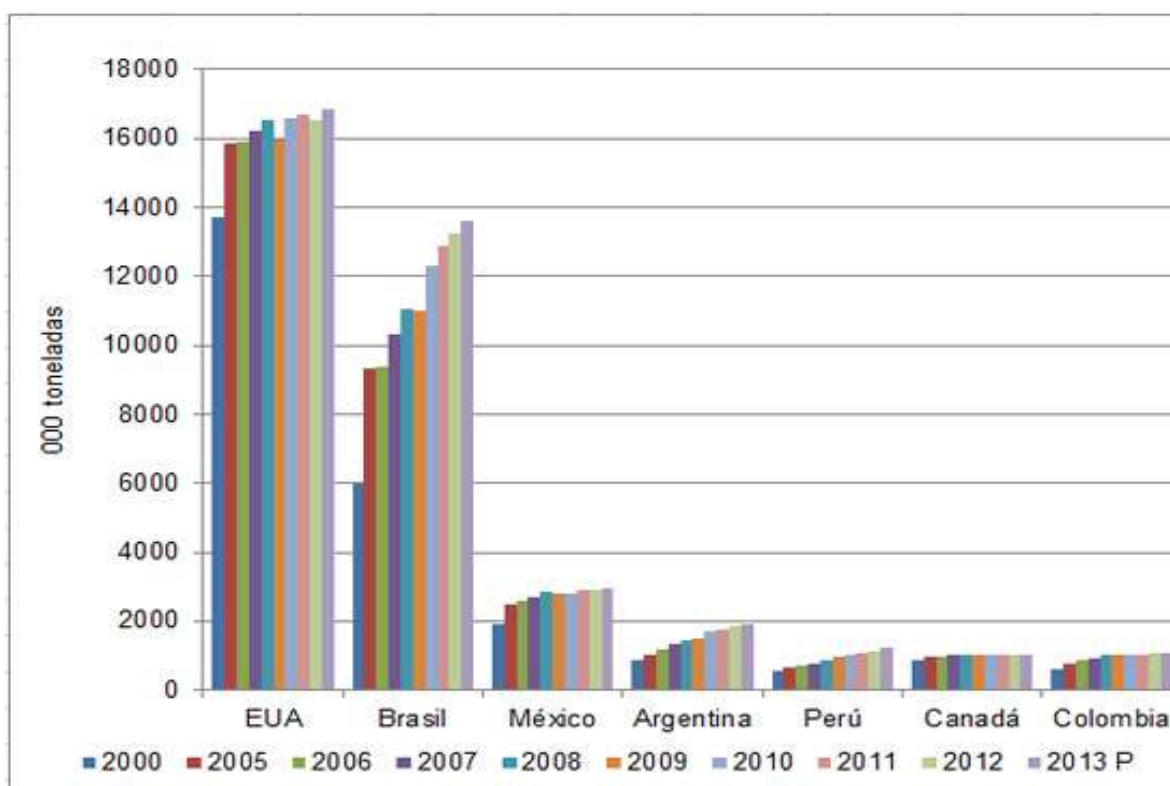


Figura 2. Principales productores de carne de pollo en América. Fuente: Evans, 2012

Colombia a pesar de su participación dentro de las estadísticas mundiales en consumo y producción de pollo debe ser evaluada desde otra perspectiva, sin olvidar el punto de partida del sector avícola que remonta aproximadamente en el año 1950, periodo durante el cual se dejan a un lado las prácticas y labores artesanales para pasar a las grandes voces industriales. Todo esto toma fuerza en 1983 cuando se crea la Federación Nacional de Avicultores de Colombia -

FENAVI, representando al sector avícola (Fenavi, 2014). El sector avícola colombiano ha generado durante muchos años una proporción importante de valor agregado en la actividad agropecuaria, al mismo tiempo que ha impulsado el desarrollo de su cadena productiva en términos de producción de insumos, empresas de comercialización y servicios.

En Colombia según el ICA, hasta el año 2010 se habían registrado a nivel nacional 5.311 granjas, de las cuales 1.041 se encuentran en el departamento de Santander, teniendo el mayor número de granjas certificadas a nivel nacional (ICA, 2010). Cifras de la industria avícola colombiana muestran que en el 2013 creció un 11%, donde su crecimiento se ve marcado por 3.3% de genética, 4.9% en huevos y 14.7% en pollos, por lo cual es de gran aporte al país pues este sector aporta más de 500 mil empleos aproximadamente; la producción de pollo se incrementó en un 45% con relación al año 2013 y el huevo incrementó en un 33% (Figura 3) (Fenavi, 2014).

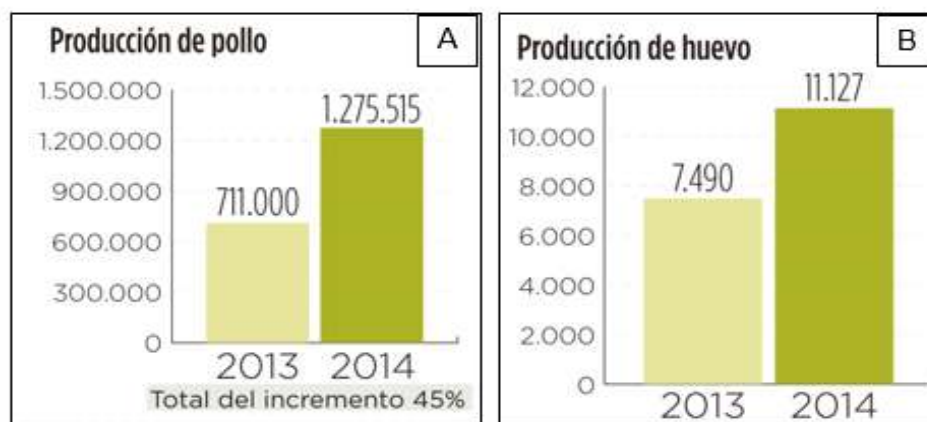


Figura 3. Producción de pollo (A) y huevo (B) en Colombia durante los años 2013 y 2014.

Fuente: Fenavi, 2014

Dentro de la cadena avícola el consumo per cápita es muy importante pues es uno de los indicadores que permite medir el consumo de pollo por persona a nivel nacional de una manera muy práctica. Es evidente el crecimiento que ha tenido el país (Figura 4) pues a lo largo de la historia se ha visto un aumento en el consumo en kilogramos, lo que hace señalarlo como un producto de primera necesidad e indispensable para la población. Así mismo la importancia comercial y el desarrollo de esta hacen que el compromiso sea mayor por parte de los avicultores, concluyendo así que el pollo sigue siendo competitivo gracias a la preferencia de los consumidores.

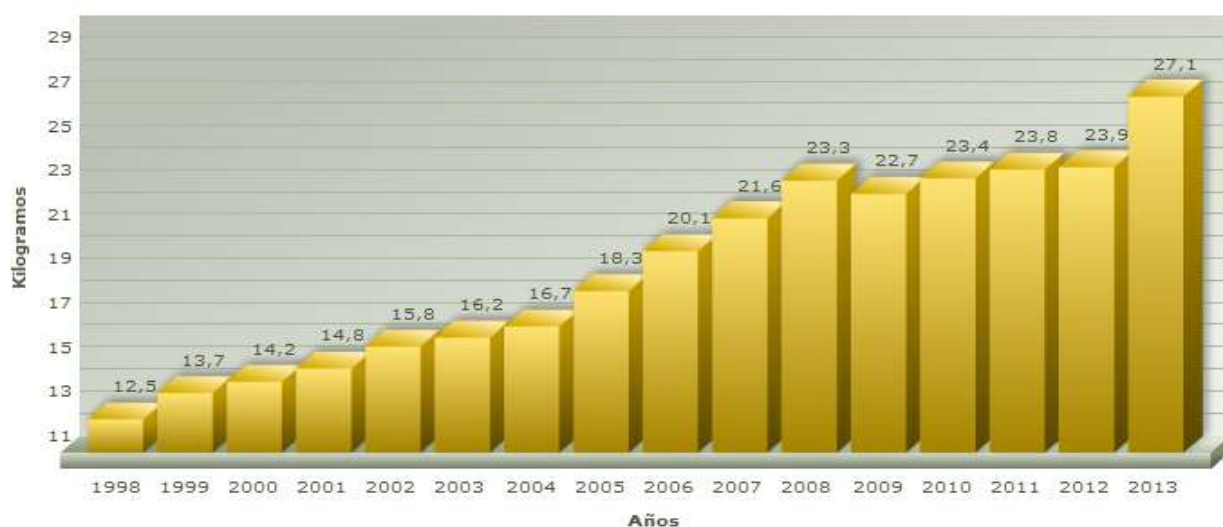


Figura 4. Consumo Per Cápita de carne de pollo en Colombia entre los años 1998 y 2013.

Fuente: Fenavi, 2014

En Colombia el mejoramiento genético y la evolución positiva de la línea Ross 308 en el país se encuentra representada por Avícola Colombiana S.A (Avicol), quienes por más de 53 años han liderado el mercado colombiano (Avicol, 2012). Con el paso del tiempo se han

fortalecido los lineamientos y características cardiovasculares, integridad del esqueleto, función inmune y digestiva, la robusticidad y el rendimiento de canal, así como la calidad de la carne según los datos registrados hasta año 2008 (Figura 5). En el país el manejo y el sistema de información comercial de Avicol incluye una base de datos de 2'000.000.000 de Broilers y 45'000.000 de Reproductoras Ross 308 en los que se maneja de forma confidencial y privada (Avicol, 2012).



Figura 5. Evolución de la línea genética Ross 308. Fuente: Avicol, 2012

A pesar de la fuerte alza del dólar y la devaluación del peso la producción de carne de pollo y huevo tuvo entre enero y septiembre un incremento del 5% en relación con el año anterior (Fenavi, 2015). De acuerdo a las cifras entregadas por Fenavi en el 2015, el sector avícola colombiano creció en el primer trimestre 6.4% en relación con el mismo periodo del 2014. Entre enero y marzo del 2015 el crecimiento fue equivalente a un huevo adicional y a 600 gramos de carne de pollo anualizado en lo referente al consumo per cápita (Vanguardia, 2015).

Según lo reportado por Fenavi la producción del sector avícola superó el millón y medio de toneladas, lo que significa un aumento de 77 mil toneladas en relación con las cifras reportadas durante enero y septiembre del 2014 (Fenavi, 2015).

La producción avícola se prepara en el 2016 para incursar nuevos mercados en el exterior de acuerdo a la información preliminar y con las exigencias y cumplimientos que trae el decreto 1500 para las plantas de beneficio se podría exportar entre 600 y 700 toneladas de pollo a países como Japón (Valencia, 2015).

Fisiología y anatomía del sistema reproductor del macho

La reproducción en las aves se realiza mediante la monta natural o a través de la aplicación de la inseminación artificial; en las gallinas reproductoras el sistema más empleado hoy en día es la monta natural en una proporción de 1 macho por cada 10 hembras en el caso de las estirpes ligeras y reduciendo esta proporción en caso de ser semipesadas o pesadas. La cantidad de sus espermatozoides producidos por el gallo le permite realizar más de 25 montas diarias, con eyaculados a diferente concentración (Angulo, 2009).

El macho como individuo desempeña un papel muy importante tanto en la difusión del progreso genético como en la fecundación de los huevos, así por ejemplo un gallo reproductor puede ser responsable de la fecundación de 1000-2000 huevos en reproducción natural. Por esta y muchas razones más es vital conocer su anatomía y fisiología pues del macho dependerá la producción del esperma y el apareamiento con la hembra (Sauveur, 1992). En las aves, el aparato genital masculino está constituido por tres unidades morfológicas y funcionales: los testículos, las vías deferentes y el órgano copulador.

El aparato genital masculino está formado por un conjunto de órganos de diferentes morfologías y funciones cuya misión es generar células reproductoras masculinas. Está integrado por un órgano par principal denominado los testículos y por un sistema tubular de almacenamiento y conducción como el epidídimo y los conductos deferentes. Los diferentes componentes del aparato genital masculino muestran diferencias de localización e histológicas según la especie animal, como es el caso de las aves, en las que el testículo tiene una ubicación abdominal (Rodríguez et al., 2004).

Los testículos en las aves se encuentran profundamente en la cavidad abdominal y por tanto solo es visible después de la eliminación de otros órganos, en particular el intestino. Los testículos están rodeados por una cápsula fibrosa que incluye tejido conjuntivo y fibras contráctiles las cuales contienen tejido intersticial. En los testículos desarrollados se constituye la mayor parte de la masa testicular. Dentro del tejido intersticial incluye las células de Leydig o células intersticiales principal fuente de los andrógenos testiculares (Deviche et al., 2011).

Los testículos son parte fundamental del aparato reproductor del macho, están formados por un conjunto de órganos de diferente morfología y función, cuya misión es formar las células reproductoras masculinas (espermatozoides) y que en compañía de diferentes hormonas desempeñan un papel importante para el desarrollo del apareamiento con la hembra (Gázquez, 2004). Los testículos están internos y se encuentran situados entre la base de los pulmones y el segmento que conecta con los riñones. Aunque están próximos a los sacos aéreos, su temperatura es igual a la temperatura corporal 41-43°C. Los testículos están suspendidos de la pared dorsal de la cavidad abdominal por un ligamento llamado el mesorquio muy cerca de la aorta y de la vena cava (Figura 6) (Sauveur, 1992). A lo largo de los años, el tamaño de los testículos varía mucho

en función de la especie, el individuo y la estación del año; en el caso del gallo, las variaciones del peso testicular son considerables y se deben tener presente.

El polo craneal de los testículos cubre parcialmente la superficie ventral de la glándula suprarrenal. Cuando un ave se encuentra en época de reproducción, los testículos cubren por completo la superficie ventral de esta glándula (Schmidt et al., 2003).

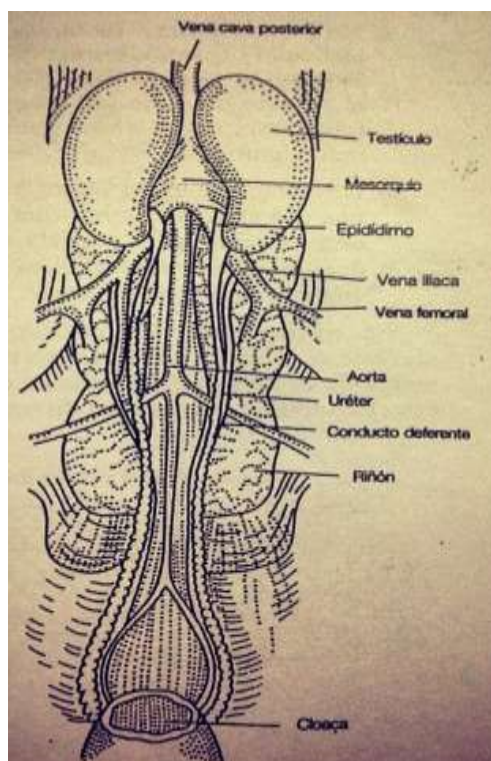


Figura 6. Anatomía de los testículos de las aves. Fuente: Gázquez, 2004.

Cuando los machos llegan a la madurez sexual y entran en época de cría, los testículos aumentan de 10 a 500 veces. Durante su madurez los testículos toman coloraciones amarillas siendo largos y capsulares con gran contenido de vasos sanguíneos (Schmidt et al., 2003). Los testículos están rodeados por una capsula de tejido conjuntivo fibroso llamada túnica albugínea

de la cual parten trabéculas al interior del testículo, proporcionándole un soporte muy adecuado. Entre las trabéculas se localizan los túbulos seminíferos (Figura 7), los cuales se describirán posteriormente (Estrada et al., 2002).



Figura 7. Túbulo seminífero de un gallo. Fuente: Estrada et al., 2002

La pigmentación del testículo dependerá de la edad y del desarrollo fisiológico del animal, ya que los testículos de acuerdo a su desarrollo tienden a pigmentarse de un color rojizo por la irrigación de la sangre a los que se encuentran expuestos (Rodríguez, 2013).

Los testículos se encuentran ligados al cuerpo por un tejido denominado mesorquio; el cual es un conducto compuesto por nervios y vasos sanguíneos. Se encuentra recubierto por dos capas la primera muy delgada y transparente y la segunda es de color blanco, las cuales contienen un nivel de porcentaje de melanina que les da una pigmentación grisácea a oscura (Rodríguez, 2013). La pigmentación al igual que el tamaño testicular dependerá del desarrollo fisiológico en el que se encuentre el macho reproductor puesto que entre animales puede variar de un tamaño al

otro, es el caso del testículo derecho el cual tiende a tener un peso y un tamaño más grande que el testículo izquierdo (Rodríguez, 2013). En el interior del testículo se encuentran numerosos túbulos, denominados conductos seminíferos, donde se da origen a los espermatozoides cuando el ave alcanza su madurez sexual. Dichos espermatozoides son los gametos o células reproductoras del macho que contienen una larga cabeza y cola, esta última se encarga de impulsar al espermatozoide a través del aparato reproductor de la hembra, hasta lograr llevarlo al sitio donde fecundará el ovulo, conservando en su interior el contenido genético del padre para luego ser transmitida a su descendencia (Vaca, 2003). Cuando estos espermatozoides han llegado a su madurez los conductos seminíferos se extienden desde los testículos hasta la cloaca (Vaca, 2003).

El proceso de la reproducción se inicia cuando el órgano copulatorio que es un pene, contenida por una papila ubicada sobre un tejido esponjoso le sirve de base, para realizar y depositar en la cloaca de la hembra el líquido seminal el cual contiene los espermatozoides. En el apareamiento un macho sano puede eyacular un mililitro de semen en las primeras montas que se efectúen en el día, cantidad que puede decrecer hasta un décimo de mililitro después de varias montas. El semen tiene una apariencia de color blanquecino, el cual puede contener de mil a ocho mil millones de espermatozoides por mililitro, aunque se considera y la literatura reporta un mínimo necesario para lograr la fertilidad de los huevos de cien millones de espermatozoides por mililitro. Los espermatozoides después de ser depositados en la cloaca de la hembra, pueden permanecer activos por dos o tres semanas en el oviducto de la gallina, esperando el momento para fecundar el ovulo (Vaca, 2003).

Otra particularidad de los testículos es el parénquima testicular el cual se compone de dos compartimientos. El primero es el compartimiento tubular, en el macho reproductor su longitud

va de 100 a 300 μm y su diámetro medio es de 250 a 300 μm , el epitelio de estos tubos se efectúa la espermatogénesis. El segundo compartimiento es el intertubular donde se incluye el tejido conjuntivo, una red arterio-venosa, linfática y una red nerviosa las cuales contiene células glandulares dispersas o agrupadas llamadas células de Leydig, que secretan andrógenos esteroides como la testosterona (Sauveur, 1992).

El epitelio seminal abarca el túbulo seminífero el cual está compuesto por un epitelio estratificado especializado y complejo, cuyas células desarrollan un proceso llamado espermatogénesis, durante la cual se origina los espermatozoides, que su vez se desarrollan en dos fases (Rodríguez et al., 2004). La espermatocitogenesis es el proceso durante el cual se originan las células del epitelio seminífero mediante procesos de mitosis y meiosis y la espermiogenesis que corresponde a la diferenciación que sufren las espermátides en los espermatozoides (Rodríguez et al., 2004). Los túbulos seminíferos son los encargados de alojar las células de germinación de los espermatozoides denominadas células de Sertoli y células de Leydig (Rodríguez, 2013). Las células de Sertoli protegen las distintas fases del desarrollo de los espermatozoides y se encuentran reguladas por la hormona FSH desde la pituitaria, la cual determina su funcionamiento y crecimiento de los túbulos seminíferos. La cantidad de células que se encuentran dentro de los testículos determina la funcionalidad y tamaño, conteniendo un gran número de células de Sertoli, llevando a testículos de gran tamaño y funcionalidad.

Por otro lado, las células de Leydig producen la testosterona y su regulación está determinada por la hormona LH (Rodríguez, 2013). Los túbulos seminíferos se terminan en la proximidad del cordón testicular, los cuales se interconectan en la rete testis por medio de los canales eferentes donde se desemboca en el canal del epidídimo (Figura 8).

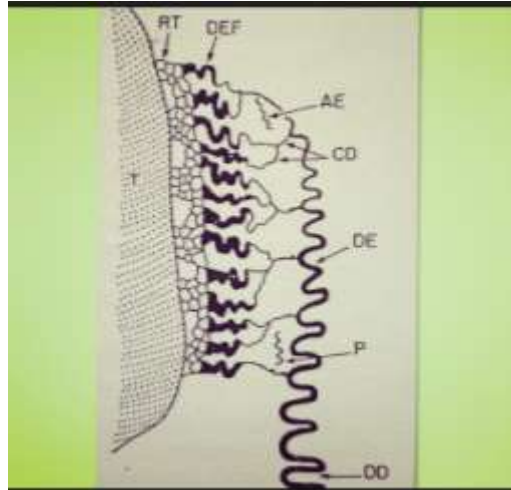


Figura 8. Vías deferentes del Gallo. T: tubos seminíferos del testículo; RT: rete testis; DEF: canales eferentes; CD: Canalillos DE: canal epididimario; D: conducto deferente. Fuente: Sauveur, 1992.

En las trabéculas se localizan los túbulos seminíferos, rodeados de tejido intersticial, que consiste de tejido conjuntivo laxo con vasos sanguíneos y linfáticos. Al interior de los túbulos seminíferos, ocurre la formación de gametos masculinos mediante la espermatogénesis, que comprende la formación de espermatogonias hasta la formación de espermatozoides. En el interior de estos túbulos las células germinales están acompañadas de las células de Sertoli; único tipo de célula somática presente en el interior de los túbulos seminíferos (Estrada et al., 2002). El desplazamiento de las células germinales durante su diferenciación desde la base hacia el centro del túbulo requiere que las uniones intercelulares de las células de Sertoli se abran y se cierren permitiendo el tránsito de los espermatozoides (Estrada et al., 2002).

En las aves la unidad testicular que es el túbulo seminífero mantiene el epitelio germinal permanente con espermatogonias y células de Sertoli. Durante el desarrollo de la espermatogénesis las células muestran características donde la espermatogonia que es una célula esférica de núcleo

denso y diploide se divide activamente por mitosis, dando lugar a células que continúan dividiéndose por mitosis y células que inician el proceso meiótico formando espermatozoides primarios (Estrada et al., 2002). En la espermatogénesis se desarrollan los gametos masculinos y corresponde al proceso donde se evalúa el control de la producción testicular de espermatozoides en función de la edad, individuo, origen genético y condiciones del medio (Sauveur, 1992). Lo anterior se basa en la estrecha relación con las células somáticas del epitelio seminífero, las células de Sertoli y las hormonas gonadotropas hipofisarias.

Los tubos seminíferos están limitados por la túnica propia que separa el epitelio seminífero del compartimiento intertubular y de la red arterio-venosa, las cuales hacen intercambios entre dos compartimientos constituidos por dos capas principales. La capa externa está constituida por células fibroblásticas, las cuales intervienen en el transporte de los espermatozoides hacia la salida del testículo y la capa interna denominada membrana basal o lámina propia, la cual es una capa que regula los intercambios entre el compartimiento extratubular y el intratubular del testículo (Figura 9) (Sauveur, 1992).

Las células de Sertoli son aquellas células de sostén del epitelio seminífero, las cuales descansan sobre la membrana basal y alcanzan la luz del túbulo, se encuentran esparcidas por todo el epitelio y dejan cámaras intra e intercelulares que son ocupadas por las células germinativas (Rodríguez et al., 2004). Su núcleo es basal, claro, esférico, con uno y dos nucléolos mostrando uniones intercelulares específicas que determinan la formación de la barrera de permeabilidad hemato-testicular. Esta barrera divide el túbulo seminífero en un estrato basal de menor concentración en donde se localizan las espermatogonias y un estrato adluminal de mayor concentración de andrógenos donde ocurren las etapas avanzadas de la espermatogénesis

(Estrada et al., 2002). Las células de Sertoli son importantes en el desarrollo de las células germinales puesto que además de su actividad hormonal que determina las condiciones internas de los túbulos seminíferos las nutre, las sostiene y fagocitan los cuerpos residuales. (Estrada et al., 2002). En las aves las células de Sertoli forman un epitelio de células alargadas e irregulares, con su base en la membrana basal y su extremo apical hacia la luz del túbulo seminífero. El número total de células de Sertoli oscilan entre 100 y 300 millones por testículo. En el gallo adulto, estas células tienen una actividad mitótica nula o muy escasa (Sauveur, 1992), tienen como función principal proteger y diferenciar las distintas fases de desarrollo de espermatozoides, las cuales se encuentran reguladas por la FSH desde la pituitaria ayudando al crecimiento de los túbulos seminíferos. En el gallo, las distintas células de Sertoli de un mismo epitelio seminífero están enlazadas mediante uniones especializadas que constituyen una barrera que divide el epitelio seminífero en un compartimiento basal y adluminal (Sauveur, 1992). Si no se logra el peso objetivo en los animales se complica el desarrollo de los testículos, pues en la primera etapa hay una multiplicación de células de Sertoli y es tan importante ya que hay una relación que compromete la cantidad de células de Sertoli y la fertilidad futura de ese macho reproductor. Así mismo sino se cumple lo anterior no se logrará el desarrollo del esqueleto afectando el desempeño productivo del ave (Bolinaga, 2011).

Las células de Leydig se sitúan en el seno del tejido conectivo intertubular y son las responsables de sintetizar y secretar las hormonas masculinas, y los andrógenos testiculares fundamentalmente la testosterona (Rodríguez et al., 2004). Las células de Leydig por ser secretoras de testosterona, se localizan aisladas o formando pequeños grupos en el tejido intersticial, son ovoides o irregulares, con núcleo denso esférico y citoplasma finalmente granular y vacuolado (Estrada et al., 2002).

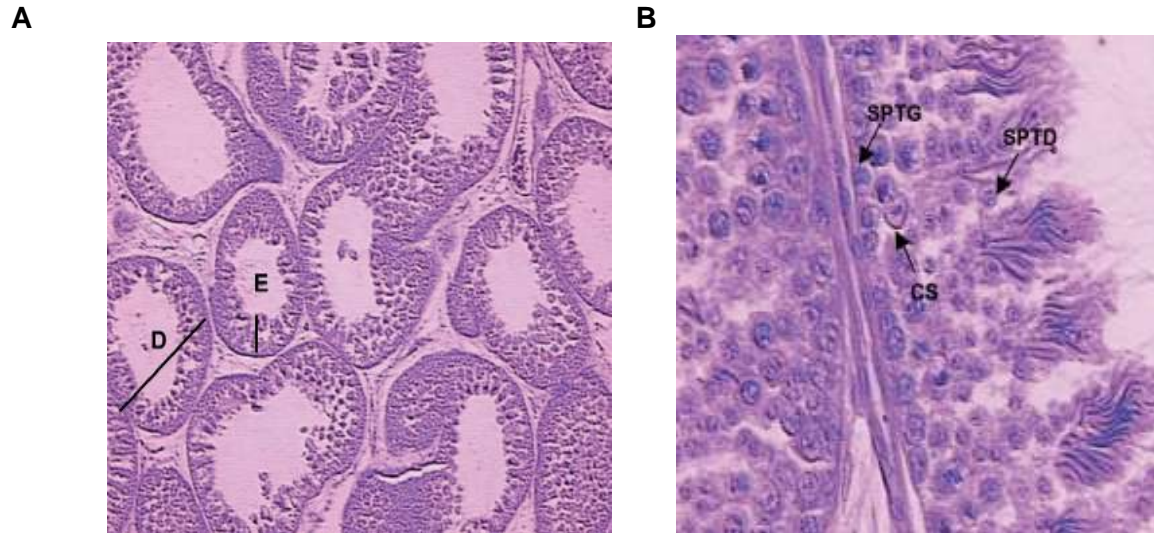


Figura 9: Corte histológico de un tubo seminífero del testículo. A: túbulos seminíferos donde D es el diámetro y E es el espesor (20X). B: detalle del túbulo donde SPTG es la espermatogonia, SPTD es la espermatíde redondeada y CS: célula de Sertoli (40X). Fuente: Maciel, 2007.

El canal epididimario tiene como función alojar los espermatozoides con el fin de ejercer su maduración para la movilidad. Tiene forma tubular y se encuentran anatómicamente en el dorso medial del testículo desembocando en el conducto deferente, dentro del epidídimo se encuentra la Rete testis, los conductos deferentes y el conducto del epidídimo (Bagwell, 2008).

La especie aviar no dispone de glándulas anexas (cowper y próstata) por lo que las propiedades físicas y químicas del semen de los machos se difieren de los mamíferos y de los procesos de maduración de los espermatozoides donde varían sustancialmente teniendo lugar en los conductos deferentes. El fluido seminal del esperma aviar no contiene componentes que normalmente se evidencian en el semen de los mamíferos. El tránsito de los espermatozoides a través de los conductos deferentes considerados como lugar de almacenamiento de

espermatozoides es muy rápido si se compara con otras especies (Angulo, 2009). Los conductos deferentes alojan el semen cuando se realiza la eyaculación y desembocan en el proctodeum ubicado en la región cloacal del macho. Cuando los espermatozoides son evacuados del epidídimo estos son conducidos directamente hasta dichos ductos. Los cuales transportan de manera controlada los espermatozoides hasta el falo para que posteriormente el esperma se aloje en la cavidad vaginal de la hembra (Rodríguez, 2013). Los conductos deferentes son los responsables de evacuar los espermatozoides del epidídimo y se configuran como un túbulo membranoso y muscular. Su pared se encuentra muy desarrollada y compuesta por una mucosa, una capa muscular y una capa externa (Rodríguez et al., 2004).

Por otra parte, el gallo es un macho muy activo durante el cortejo, al danzarle a la hembra en círculo, al tiempo que mantiene un ala extendida, cacareándole un canto sexual y a medida que se aproxima, le reclama de manera más fuerte al picotearla principalmente en la cabeza. La gallina en caso de aceptación a la solicitud del macho, se queda inmóvil permitiendo su cubrición, durante la copula, el orificio cloacal se revierte y el falo presiona sobre la mucosa cloacal de la hembra (Álvarez, 2009).

La cloaca es una cavidad abierta (Figura 10), situada al final del tracto digestivo y donde concluyen así mismo los conductos finales reproductivos y urinarios. Esta cavidad está conformada por el coprodeo, el urodeo y el proctodeo. Los uréteres desembocan en el urodeo, la cloaca abarca unos cuerpos fállicos los cuales hacen protrusión en estado de detumescencia formando un surco que se encarga de canalizar el eyaculado procedente de los conductos deferentes (Gelvez, 2007).

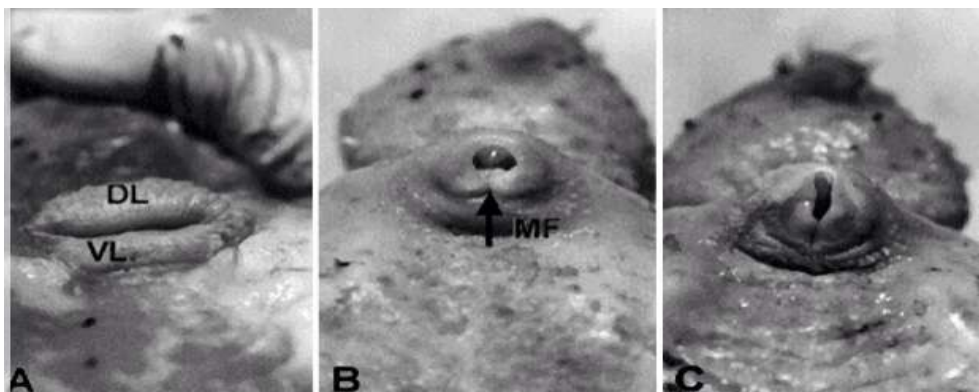


Figura 10. Cloaca del macho reproductor. A: abertura transversal donde DL es labio dorsal y VL es labio ventral; B: abertura MF surco mediano; C: abertura en la fisura vertical y labio revertido. Fuente: Bull, et al., 2007

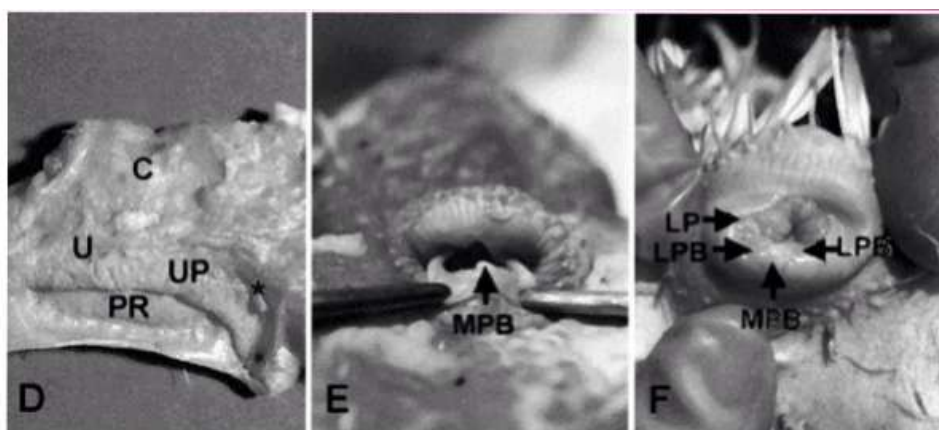


Figura 11. Anatomía cloacal del macho. D: parte distal del macho coprodeo; C: urodeo U: proctodeo; PR: pliegue uroproctodeal; UP: papila del conducto deferente; E: órgano copulador en erección; MPB: cuerpo fálico mediano; F: órgano copulador en erección MPB cuerpo fálico mediano; LPB: cuerpos fálicos laterales; LP: pliegues linfáticos. Fuente: Bull et al., 2007

El órgano copulador abarca un conjunto de pliegues linfáticos de la cloaca, el falo y los cuerpos vasculares paraclocales, siendo cuerpos ovoides, encajados en la pared de la cloaca los

cuales se llenan de linfa durante la erección, en donde los repliegues redondeados de la cloaca se hinchan formando una ligera protuberancia hacia el exterior de la cloaca produciendo un canal por donde se evacua el esperma. La linfa trasuda en la cloaca presentándose en forma de fluido transparente el cual puede ser mezclado con el semen (Ricaurte, 2006). En reposo la cloaca dorsal y ventralmente se enrolla, formando la abertura que puede ser una fisura vertical o una abertura redondeada interrumpida por una ranura ventral donde el órgano copulador se encuentra internamente (Bull, 2007).

Desarrollo testicular del macho

A través de los años, han surgido preguntas sobre el comportamiento de los machos en las granjas reproductoras, los investigadores han tenido en cuenta estudios y descripciones clásicas del tracto reproductivo masculino, con el objetivo de establecer una correlación en la forma, el tamaño testicular, la edad y la madurez sexual (Bull et al., 2007). En los machos reproductores se han descrito que ha parte de las condiciones de manejo y medio ambientales, los animales suelen tener desarrollos fisiológicos distintos; puesto que en algunos es mucho más sencillo explotar su potencial de crecimiento, pero para otros es más complicado tener un peso adecuado, obteniendo un desarrollo sexual muy bajo. Este desarrollo puede cambiar de acuerdo a la disponibilidad y calidad de alimento, fotoestimulación y el estatus sanitario que tenga el ave, pues el inadecuado desarrollo de los testículos se ve afectado por el bajo porcentaje de uniformidad en el peso de los animales dentro de un lote (Gómez et al., 2012).

Sobre la literatura y observaciones macroscópicas ya realizadas se afirma que los testículos son órganos internos, paralelos, desplazados en la línea media del ave, presentando una superficie redondeada con forma muy variada que van ligadas de acuerdo a su semana de edad

(Bull et al., 2007). El desarrollo testicular es fundamental para mantener la fertilidad en los lotes de las granjas reproductoras y para ello es importante comprender de forma global los periodos críticos del desarrollo de los testículos. El tamaño testicular se encuentra relacionado con la fertilidad. La disminución de la fertilidad por ende conducirá a testículos pequeños (Powley, 2008). Debido a todo esto, existen factores que se presentan en las granjas reproductoras durante las semanas de producción, tales como la reducción de la condición física de los animales con bajo peso, calidad del semen, deficiente conformación del sistema muscular y esquelético, así mismo la selección de los animales por su peso (aumento de peso) (Gómez et al., 2012).

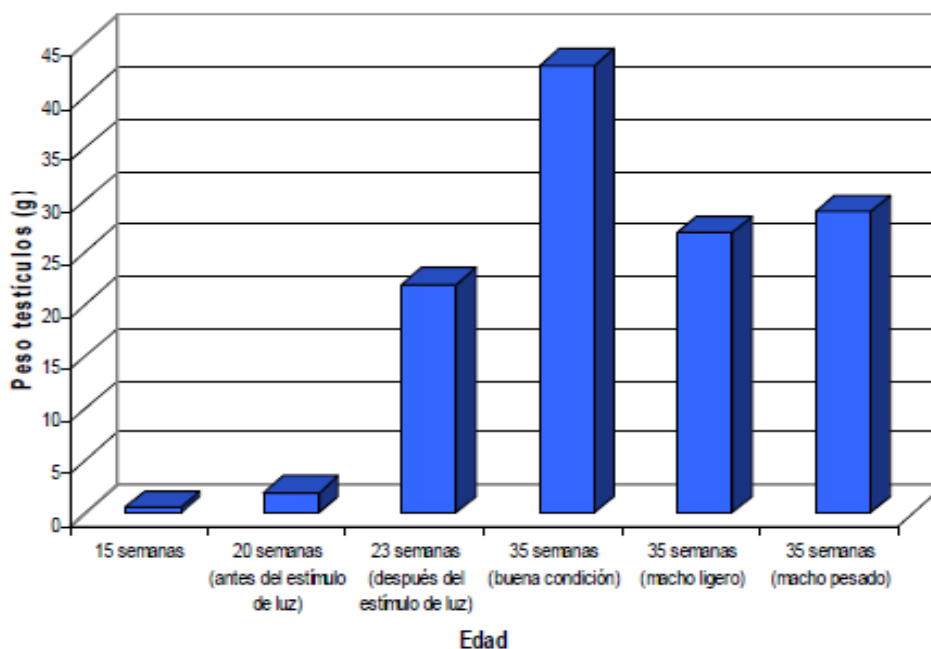


Figura 12. Desarrollo del testículo de acuerdo a la semana de vida. Fuente: Powley, 2008

Para obtener un desarrollo óptimo testicular y de fertilidad, se debe manejar desde la llegada del pollito a la granja y así hasta proseguir durante toda su vida puesto que si el

manejo de los machos pretende promover el crecimiento de unos testículos válidos y saludables, es necesario comprender los períodos críticos del desarrollo testicular (Garay, 2011).

En estudios previos se han evaluado machos entre la 1 y 64 semanas de edad, (Bull, et al., 2007) donde se han realizado mediciones de los testículos de acuerdo a su peso, obteniendo resultados que muestran el peso máximo de los testículos tanto del derecho como del izquierdo lo que hace inferir que su madurez sexual ocurre dentro de los 167 y 210 días de edad. Todo lo anterior apunta a ser evaluarlo con aspectos fisiológicos endocrinos e histológicos que lleven a resultados más completos (Bull et al., 2007).

Los periodos del desarrollo testicular se pueden resumir así:

- a. Semanas 2 a la 15: en este periodo de tiempo el desarrollo del testículo ocurre a nivel celular, el cual está comprendido entre la 2 y 15 semana de edad (Figura 13). En este momento el crecimiento testicular es menor ya que sobre estas semanas se lleva a cabo el proceso de multiplicación vital de aquellas células que determinan el potencial de fertilidad del macho, denominadas células de Sertoli. Estas células están encargadas de proporcionar apoyo y alimento al esperma que se encuentra en desarrollo. Durante las primeras diez semanas a partir del nacimiento el peso del testículo aumenta gradualmente de unos cuantos miligramos a 60-100 mg, a diferencia de las células de Sertoli las cuales aumentan de uno a cien millones (Powley, 2008). El desarrollo gonadal a nivel celular en esta semana se producirá la multiplicación de las células de Sertoli a razón de 1 millón por cada una, las cuales determinaran la fertilidad futura del macho. Es significativo evitar manejos inadecuados durante las primeras 10 semanas de vida ya que podrán interferir en el proceso de multiplicación de las células de Sertoli, y para ello es indispensable llevar una adecuada curva de crecimiento para esta etapa (Garay, 2011).

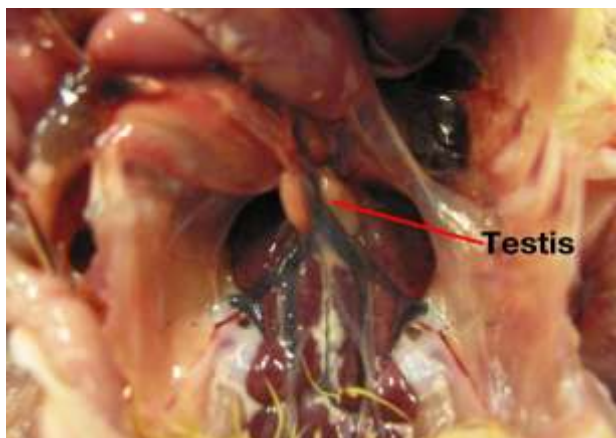


Figura 13. Testículo de la semana 2 a la 15. Fuente: Powley, 2008.

- b. Semanas 16 a la 24: a partir de esta semana de vida el crecimiento testicular se verá acelerado pues habrá un mayor crecimiento de los testículos. Sobre la semana 20 (Figura 14) los testículos presentan formas y superficies ovaladas, alargadas, curvas y tortuosas (Bull, et al., 2007). En la semana 20 de edad, antes de cualquier estímulo de luz y con jornadas de ocho horas diarias durante la etapa de levante, el peso de los testículos oscilará entre los 0.5-2.0 g. El posterior incremento significativo en el crecimiento testicular, se dará en las primeras semanas de vida después del estímulo de luz dando inicio a la madurez sexual actuando sobre la secreción de hormonas que a su vez iniciaran la producción del esperma de ahí donde surge el tamaño de los testículos (Powley, 2008). A las 23 semanas de edad, los testículos pesarán 12-22 g y se iniciará el desarrollo de los conductos deferentes (Garay, 2011). El testículo presenta una zona central ligeramente deprimida a través de la cual las arterias testiculares y la arteria aorta abdominal se encuentran fijadas a la pared dorsal del cuerpo por las extensiones meso, permitiendo una cierta flotabilidad y mantenimiento a los órganos adyacentes (Bull et al., 2007).

Durante la semana 23 los testículos alcanzan pesos entre los 12 y 22 g, así mismo los conductos deferentes que llevan el espermatozoides de los testículos durante la eyaculación, también empiezan a desarrollarse durante este periodo (Powley, 2008).

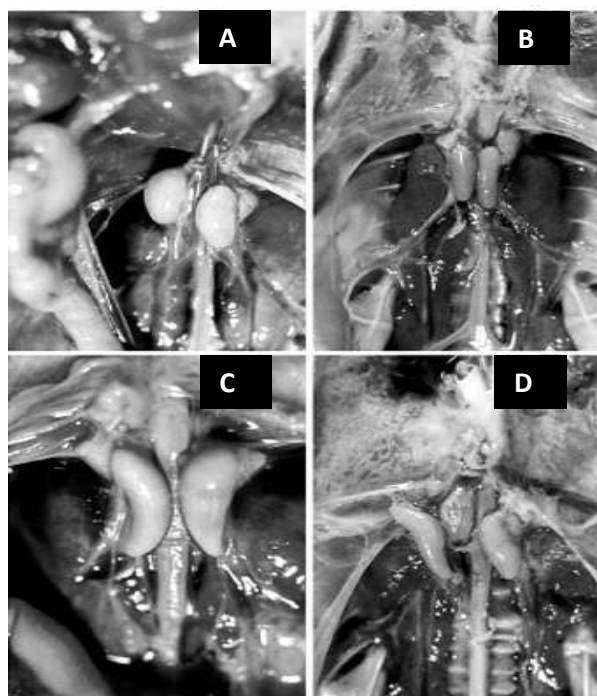


Figura 14. Formas del testículo a la semana 20. A: ovalada; B: alargado; C: curva; D: tortuosa.

Fuente: Bull et al., 2007.

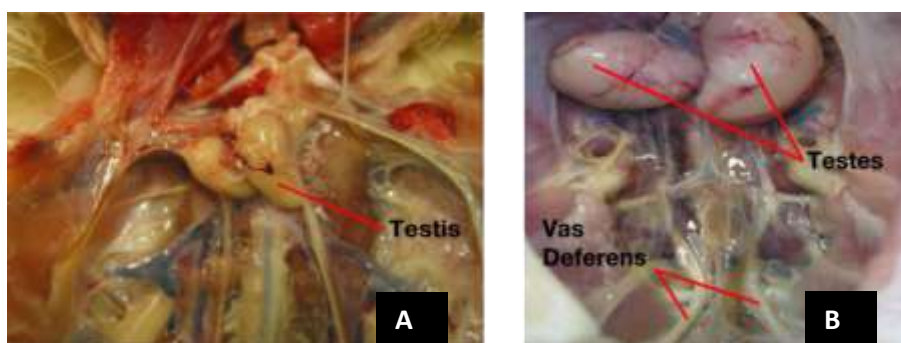


Figura 15. Testículo a la semana 20 (A) y 23 (B). Fuente: Powley, 2008.

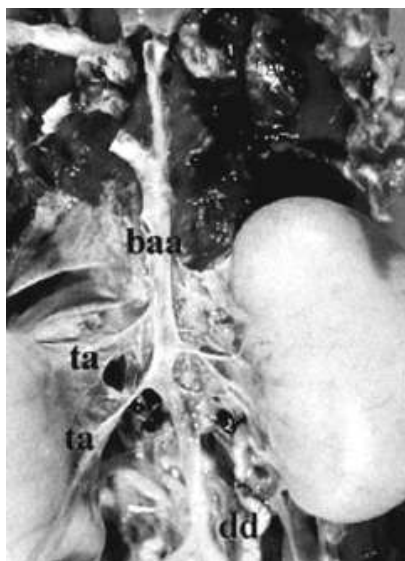


Figura 16 Zona central testicular

c. Semanas 25 a la 30: el desarrollo de los testículos alcanzará el máximo peso y la mayor producción de semen entre las 28 y 30 semanas de edad. Los testículos pesan aproximadamente 43 g y el color es indicativo de este periodo en donde los conductos deferentes indican su buen desarrollo. Así mismo, el riego sanguíneo en torno a los testículos y el color crema de los mismos indicaran su buen estado de salud (Powley, 2008). El tamaño de los testículos de acuerdo a los estudios hechos en los machos lleva a concluir igualdad en tamaño testicular a ciertas semanas, pero en edades avanzadas y pasada la semana 24, la longitud del testículo derecho es predominante. (Bull, et al., 2007). A las 28 y 30 semanas de edad los testículos alcanzan su mayor desarrollo y producción de semen, en esta etapa es importante que el macho consuma de 20 a 22 g de proteína con el fin de poder asegurar la producción espermática.

Es común observar en los lotes una “frenada” en la ganancia de peso en este periodo, como consecuencia de la gran actividad sexual (Garay, 2011).

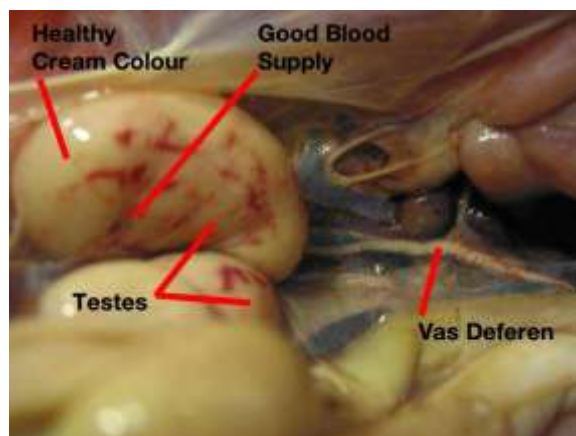


Figura 17. Testículo de un macho de 35 días. Fuente: Powley, 2008.

- d. Posterior a la semana 35: el manejo del macho es fundamental a partir del pico de producción ya que posterior a las 30 y 35 semanas, se evidenciará reducción natural del peso testicular y de igual forma la producción de espermatozoides, como un declive en la fertilidad del ave. Por tanto, se debe mantener el peso como su condición física con el fin de evitar disminuir la fertilidad del lote (Powley, 2008).

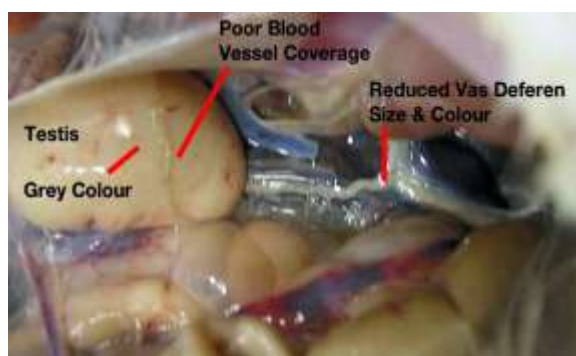


Figura 18. Testículo de un macho de más de 35 semanas de vida. Fuente: Powley, 2008

Es evidente la relación que existe entre el peso corporal, el peso de los testículos y la fertilidad, por lo cual es importante aplicar buenas técnicas de manejo dentro de las granjas

evitando animales con sobrepeso o con niveles de desnutrición. La mayor parte de los problemas en los lotes de machos se origina en el periodo de apareamiento, a partir de la semana 23 y así continua hasta la semana 30 en la etapa de madurez generando desarrollos deficientes de los testículos y de la fertilidad (Powley, 2008). Es fundamental custodiar la multiplicación de células de Sertoli en los machos que estén entre las 2 -10 semanas de edad con el fin de garantizar la producción de espermatozoides. Una adecuada curva de crecimiento y control de la uniformidad de peso y conformación de pechuga es importante para la producción del lote (Garay, 2011). Animales que estén en condiciones de desnutrición después del pico de producción es un problema frecuente que perjudicará la condición física de los machos y así mismo el retroceso testicular y una fertilidad decreciente (Powley, 2008). De igual forma si se tienen machos con sobre alimentación presentarán una menor fertilidad por presentar mayor número de copulas fallidas, los cuales no necesariamente es el peso pues el factor que podría causar este problema es la forma de la pechuga (Garay, 2011).

Es importante cuidar los pesos y conformación de pechuga de los machos para el éxito de un lote. El trabajo del macho no termina con el levante, este continuará hasta el final, priorizando las clasificaciones por peso y revisión de pechugas. Después de las 30 semanas de edad el tamaño de los testículos como la fertilidad se reducen naturalmente. Una buena sincronización de la madurez sexual es importante para evitar una baja fertilidad al inicio de la producción (Garay, 2011).

Características histológicas de los testículos

En los machos reproductores pesados las causas de la disminución de producción son influenciadas por varios factores a los que se incluyen niveles hormonales, comportamiento,

locomoción, desarrollo del tejido testicular y composición corporal. (Sarabia et al., 2013). Para ello es indispensable comprender su funcionamiento y mecanismo histológico. El tejido de los túbulos seminíferos en testículos de los machos reproductores consiste en una lámina fibrosa interna y externa las cuales están constituidas por diferentes componentes; una lámina basal homogénea adyacente al epitelio seminífero, una región que contiene fibras de colágeno y una densa capa homogénea similar a la lámina basal del epitelio (Rothwell et al., 1973). Los testículos de los animales están compuestos por dos tipos de células; germinal y de Sertoli. En previas investigaciones (Cooksey et al., 1973) se ha estudiado la célula de Sertoli bajo microscopía óptica donde se ha evaluado su composición, al igual el funcionamiento por el que trabajan las células germinales y los mecanismos de espermatogénesis (Cooksey et al., 1973).

Estudios de microscopía óptica sobre la espermatogénesis han informado la presencia de células de Sertoli con respecto a su membrana y las intersecciones con las células germinales y la similitud que existe con las mitocondrias (Cooksey et al., 1973). Así mismo estudios hormonales de los testículos de los machos reproductores han demostrado la implicación de las células de Sertoli con la producción de hormonas (Cooksey et al., 1973). A las 11 semanas de edad de los machos las células de Sertoli presentan una etapa intermedia, tras la espermatogénesis (Cooksey et al., 1973).

Durante las estaciones en muchas poblaciones de aves silvestres, los testículos de los machos tienen a someterse a cambios histológicos que incluyen regresión o atrofia de los túbulos seminíferos, y de igual forma paralizando los espermatozoides y produciendo regresión del epitelio germinal (Sarabia et al., 2013).

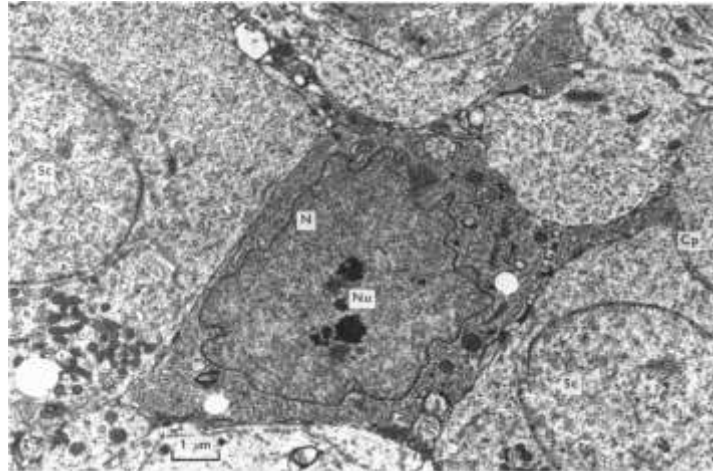


Figura 19. Etapa intermedia de las células de Sertoli. Fuente: Cooksey et al., 1973.

El diámetro de los túbulos seminíferos aumenta con la edad y la actividad en los procesos capilares peri tubular de las células donde se vuelve más atenuado. Dentro de la etapa intermedia las células de Sertoli (Figura 19) se encuentran entre las células germinales de los túbulos seminíferos, su membrana plasmática la cual está asociada con la lámina basal y su porción apical alcanzando el lumen (Cooksey et al., 1973). Es fácil de distinguir las células germinales por ser de gran tamaño, forma irregular y núcleo dentado, así mismo se encuentran rodeadas de células germinales en sus diferentes etapas de desarrollo el cual tiene muchos procesos citoplasmáticos extendiéndose alrededor de ellas (Cooksey et al., 1973). Las células de Sertoli aumentan en un número considerable hasta séptima semana, cuando inicia el proceso de la espermatogénesis, posteriormente su número permanece estable durante todo el ciclo espermatogénico, durante la primera etapa el núcleo de las células de Sertoli es alargado con un eje orientado en ángulo recto sobre la lámina basal (Cooksey et al., 1973). Su nucléolo se encuentra totalmente formado, su citoplasma se extiende en largas y finas formas entre las espermatogonias llenando el centro del túbulo (Cooksey et al., 1973). Durante la séptima

semana las espermatogonias se dividen en espermatocitos primarios, esta división puede dar a espermatocitos secundarios, en esta etapa en las células de Sertoli su núcleo comienza a moverse hacia el centro del túbulo donde pierde su forma alargada (Cooksey et al., 1973).

Las células de Sertoli de los gallos tienen una morfología similar a las células de Sertoli de otros vertebrados, es por tanto que tienen una función similar ya que estas células son el apoyo para alimentar a las células germinales (Cooksey et al., 1973). El nucléolo de la célula de Sertoli es irregular con una o más hendiduras intranucleares, este nucléolo incluye zonas de moderada densidad (Cooksey et al., 1973).

Las células de Sertoli permanentemente con su vinculación en la lámina basal actúan como ancla para el desplazamiento de la población de células germinales proporcionando su apoyo mecánico y orientando su desplazamiento (Cooksey et al., 1973).

Los procesos del citoplasma sobresalen entre las células germinales que contienen micro túbulos y se ha sugerido que actúan como un citoesqueleto para proporcionar soporte y permitir la contractilidad, pues los micro túbulos están implicados en el movimiento transcelular (Cooksey et al., 1973). La estrecha relación que existe entre las células de Sertoli y por todas las fases del desarrollo de las células germinales sugiere que están íntimamente involucrados en los procesos de la espermatogénesis y espermiogénesis (Cooksey et al., 1973).

Por otra parte, la ultra estructura del tejido límite de los túbulos seminíferos de los machos consiste en una lámina fibrosa homogénea de materiales densos y compuesto por fibrillas de colágeno, periféricas a través de múltiples capilares peri tubular como componente celular (Rothwell et al., 1973). La producción y el mantenimiento de colágeno por los fibroblastos cumplen con los requisitos de compatibilidad de los túbulos seminíferos proporcionándoles su integridad (Rothwell et al., 1973).

Otra gran participación la incluyen las células mioides evidenciadas en el testículo son tanto morfológicamente y funcionalmente similares a las células de los mamíferos las cuales desempeñan un papel de liberación de los espermatozoides y su posterior movimiento a lo largo de los conductos (Rothwell et al., 1973).

Las distintas formas celulares se observan en los fibroblastos acompañados de células meioides las cuales son celdas que contienen muchos citoplasmas densos filamentosos y bandas con funciones contráctiles. La importancia de lo anterior y de estas observaciones da como respuesta la relación con el transporte de espermatozoides y así mismo la asistencia en el funcionamiento fisiológico (Rothwell et al., 1973).

Adicional a esto, otras investigaciones describen de acuerdo a la base de la estructura histológica, morfometría y la inmunohistoquímica de los testículos, se describen cinco fases distintas de desarrollo testicular (Sarabia et al., 2013):

- a. Fases del periodo perinatal: el testículo de las aves tiene composición en su primer y segundo día de vida, las características histológicas son similares evidenciando composición celular uniforme en los túbulos seminíferos revistiéndose por las células de Sertoli (Sarabia et al., 2013). El diámetro de los túbulos seminíferos es de 0.04 mm (Sarabia et al., 2013).
- b. Fase del periodo infantil: esta fase incluye machos entre las semanas 1 y 24 de edad. En esta fase produce desaparición de todas las células de Leydig fetales que aparecen en la primera fase y la no evidencia de la luz tubular, el número de células germinales es bajo, y puede aumentar hasta 10 células por túbulos, se pueden ubicar en posición basal (Sarabia et al., 2013). El intersticio se reduce en esta fase y es ocupado por un complejo fusiforme de las células de Leydig (Sarabia et al., 2013).

- c. Fase del periodo de pubertad: es el periodo comprendido entre las 24 y 28 semanas de edad. El testículo de los machos comienza a desarrollar su potencial pleno después de la semana 29 de edad, por lo cual la imagen celular durante este periodo es muy variable. El diámetro tubular aumenta lentamente a partir de los 0.19 mm en 25 semanas, 0.20 mm en la semana 26 y 27 y posterior 0.24 mm en la semana 28 de edad (Sarabia et al., 2013). Otro cambio en esta fase es el desarrollo del 100% de los túbulos seminíferos donde se desarrolla la luz tubular y el 80% de los animales producen espermatozoides que se mueven en el lumen durante la fase de la pubertad (Sarabia et al., 2013). Las células de Sertoli poseen formas irregulares cerca de la membrana basal. En la base de la línea germinal, se observan células en diferentes etapas de maduración: espermatocitos primarios (diferentes fases de meiosis), espermatocitos secundarios y espermátides redondas y alargadas acompañado del esperma tubular (Sarabia et al., 2013).
- d. Fase del periodo adulto: es la etapa comprendida entre la semana 30 y 50, donde se correlaciona con la integridad funcional del testículo. El desarrollo testicular se encuentra en el máximo potencial como lo es la producción de espermatozoides, su diámetro tubular es de 0.27 mm, lo que se traduce en una reducción del intersticio. La producción de espermátides y el máximo desarrollo funcional se llega a las 36 semanas de edad. Sin embargo, las variaciones histológicas se observan en que el 6% de los testículos en este periodo evidencia tejido testicular hipoplásico con poca o ninguna producción de espermatozoides (Sarabia et al., 2013).
- e. Fase del periodo senil: durante este periodo hay pronunciación de las alteraciones patológicas que corresponden a las 55 semanas de edad de los machos reproductores. Estos cambios se incluyen el diámetro tubular 0.26mm, pero una disminución en el número de

espermatozoides en la luz tubular, así mismo sus características a nivel celular. En esta etapa suele evidenciarse testículos con signos típicos de la edad donde se consideran subfértiles o relacionados con machos infértiles (Sarabia et al., 2013). Aquellos testículos que contienen atrofia leve o moderada se incluyen características según su frecuencia de aparición: como los fallos en la maduración, disminución de la producción de espermatozoides, desprendimiento de células inmaduras del epitelio germinal de la luz tubular, adelgazamiento del epitelio germinal, ligera disminución en el diámetro de los túbulos seminíferos, engrosamiento del espacio intersticial invadido por los fibroblastos y fibras de colágeno, hialinización de la membrana basal, aparición de espermatides multinucleares y la calcificación de los túbulos (Sarabia et al., 2013). Histológicamente se evidencian características similares a las de la etapa infantil que incluyen hipoplasia y la ausencia de producción de semen. Los túbulos seminíferos son bordeados por las células de Sertoli, donde se evidencia también disminución de las células germinales inmaduras así mismo el diámetro de la luz tubular se reduce. Estos testículos corresponden a los machos de pesos más ligeros en toda la fase de producción y en general el análisis histológico es compatible con hipoplasia testicular (Sarabia et al., 2013). Otras investigaciones afirman la formación de los depósitos de calcio en el epidídimo de aquellos machos infértiles, evidenciando que no se encontraba vinculado con los patógenos del virus de la bronquitis infecciosa o clamidia (Mahecha et al., 2002).

El peso corporal de los reproductores afecta los valores de fertilidad por los parámetros espermáticos así mismo sus extremidades pueden verse afectadas por el exceso de peso provocando destrucción del cartílago articular, ruptura de los tendones y de los ligamentos (Sarabia et al., 2013). Aquellos animales con bajo peso corporal tienen a menudo

subdesarrollado los testículos y se consideran subfértiles (Sarabia et al., 2013). Las investigaciones han mostrado también influencia de los niveles de testosterona en el peso testicular, el desarrollo de las características masculinas secundarias y el éxito reproductivo, aunque no existe un dato claro sobre el efecto directo sobre la fertilidad. La disminución en el plasma de esta hormona y la testosterona, conducen a que estos sistemas hormonales tengan un papel en el proceso de descenso de la fecundidad en los lotes de reproductoras (Sarabia et al., 2013). Otros indicadores de función testicular son la inhibina que regula los niveles de FSH y controles de maduración testicular (Sarabia et al., 2013).

Materiales y métodos

Localización

La investigación se llevó a cabo en una empresa avícola comercial, en una granja de reproductoras pesadas de la línea genética Ross 308, ubicada en el Carmen de Bulira en el departamento del Tolima a 18 km de la ciudad de Ibagué (Colombia), con una temperatura aproximada de 29°C y a una altura de 853 m.s.n.m. (Figura 20).



Figura 20. Ubicación satelital de la granja en la que se realizó el estudio. Fuente: Google Earth, 2015

Aves del estudio y muestras

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron diez machos reproductores de la línea genética Ross 308 al azar de las siguientes semanas de vida 30, 50, 70 y 90 de vida (Figura 21). Posteriormente se realizó la necropsia para describir las alteraciones macroscópicas presentes y obtener el peso de cada uno de los testículos (Figura 22). Todos los animales fueron

evaluados post-mortem y se descartaron aquellos machos que presentaron lesiones para no afectar la veracidad de este estudio.

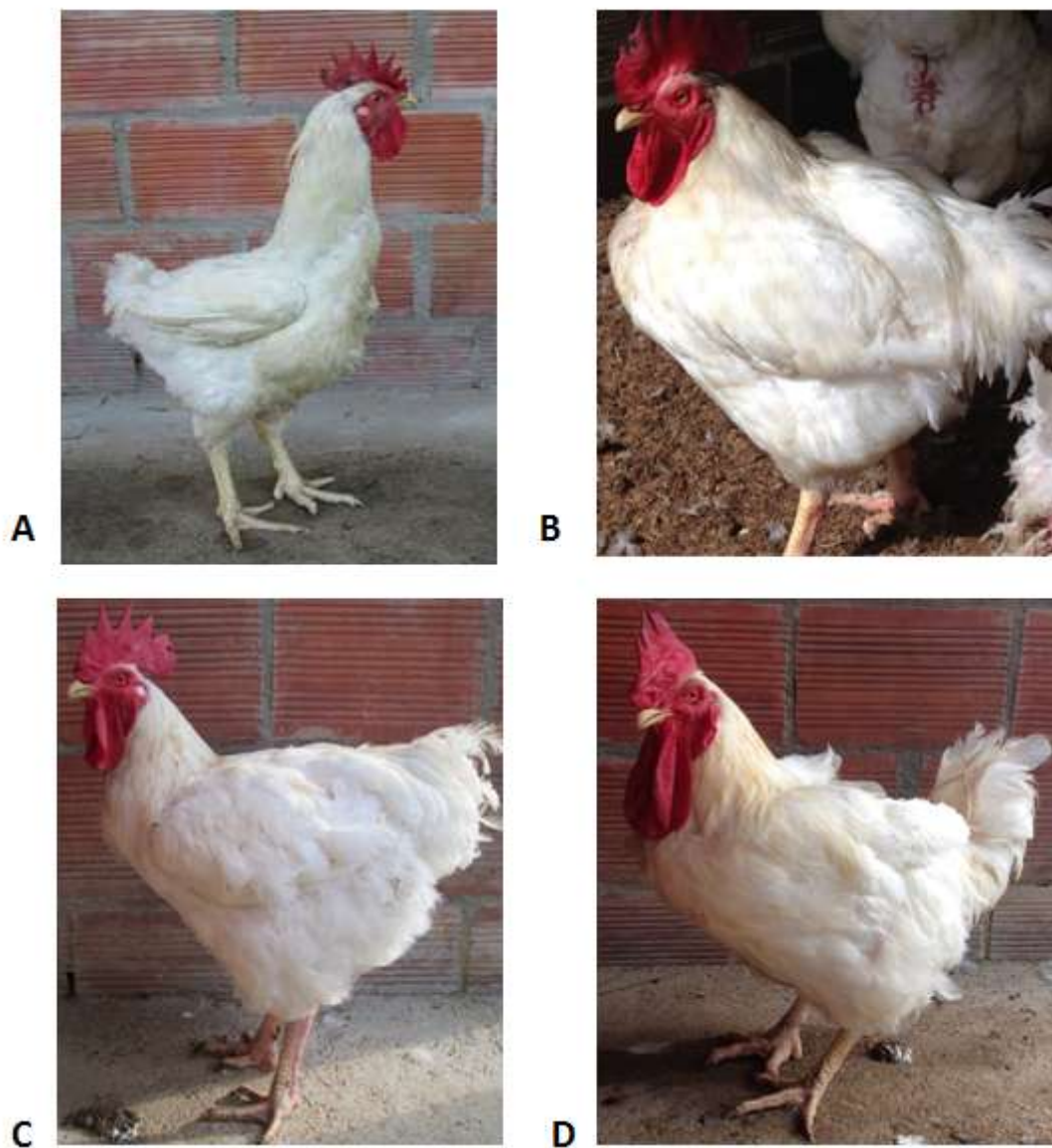


Figura 21. Condición corporal de los machos. A: macho de 30 semanas de vida; B: macho de 50 semanas de vida; C: macho de 70 semanas de vida; D: macho de 90 semanas de vida.

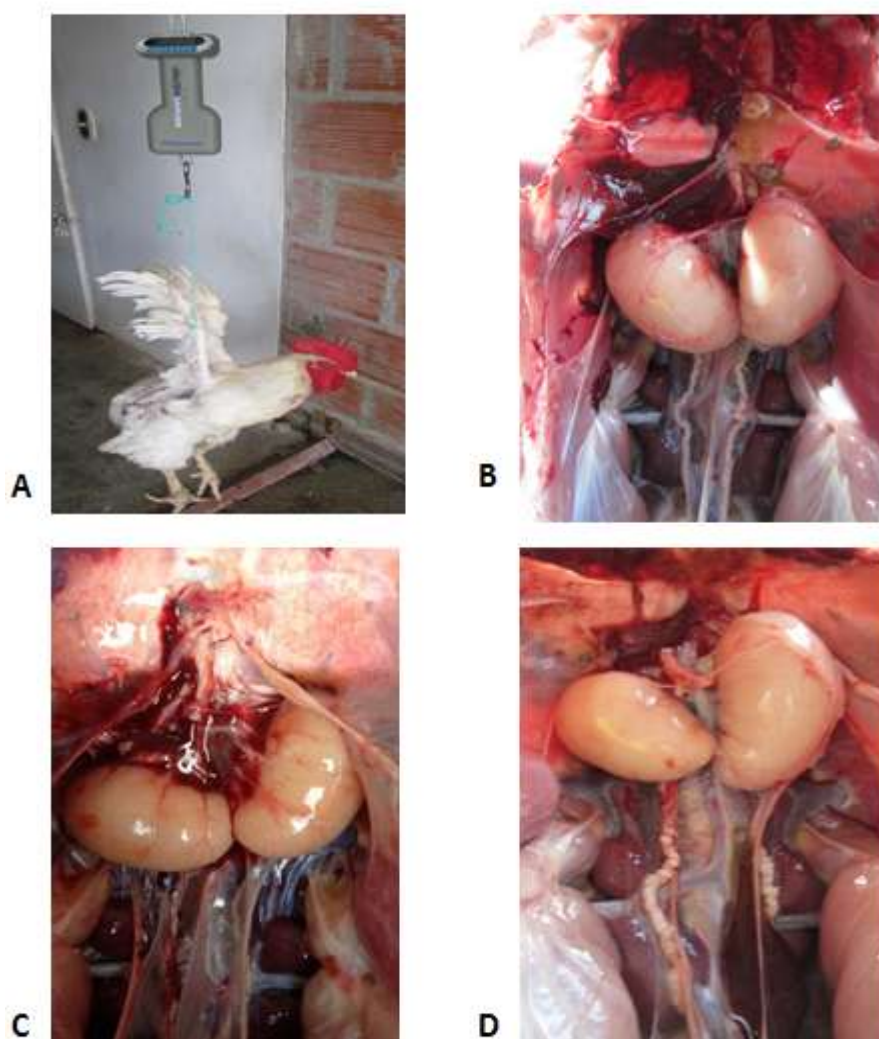


Figura 22. Procedimiento para el pesaje de machos (A) y la extracción de los testículos a la necropsia (B, C y D).

Una vez se registró el peso testicular se procedió a medir el largo y ancho de cada uno (mm) para luego ser registrados en la correspondiente tabla (Figura 23).

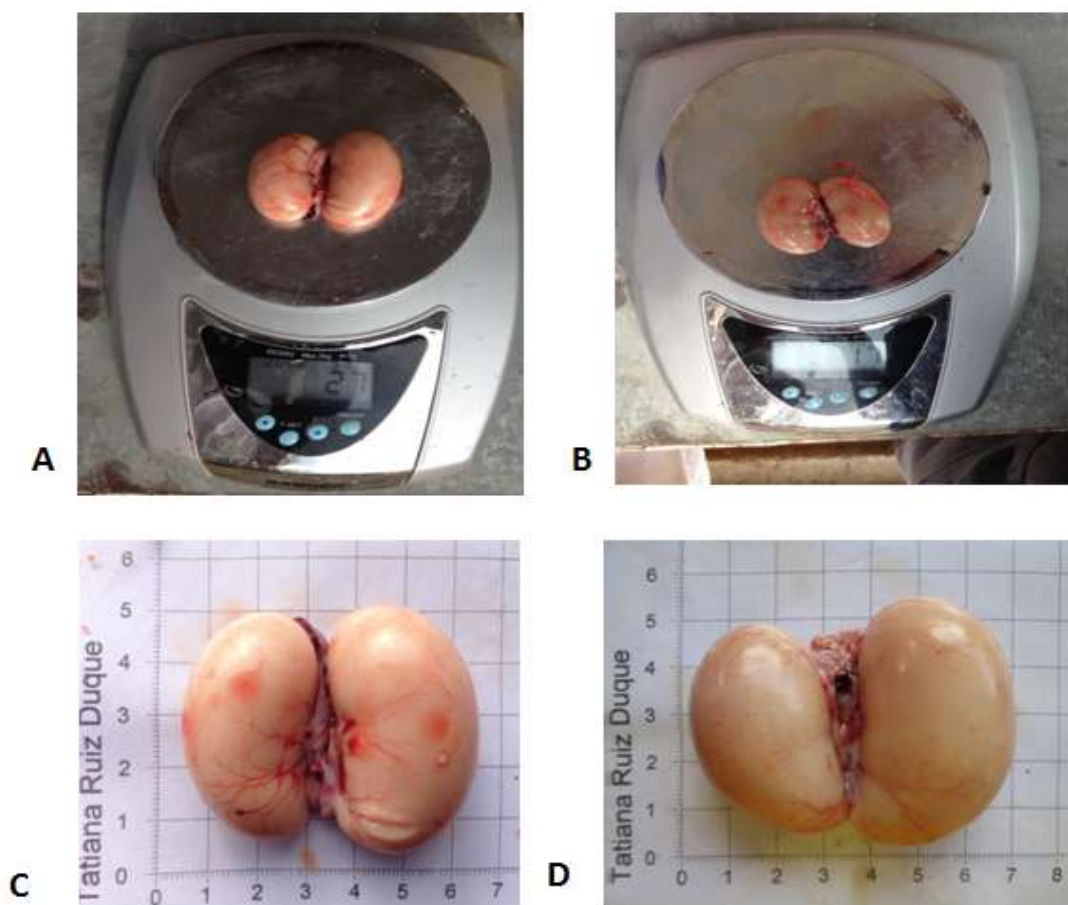


Figura 23. Pesaje del testículo (A y B) y medición testicular (C y D).

Análisis de imágenes

El testículo fue conservado en formalina bufferada al 10% (Figura 24) y se realizaron cortes para ser teñidos con hematoxilina y eosina. En cada uno de los cortes se describen las alteraciones histológicas y se midió el diámetro y grosor de los túbulos seminíferos usando el software de análisis de imágenes ZEN 2012 Blue edition®. Posteriormente se asociaron los resultados obtenidos en el análisis histológico con las variables productivas del lote de cada uno de los reproductores empleados en el presente estudio. Cada frasco se marcó con el número del

animal, el lote y la semana de edad para luego ser enviados al laboratorio para su posterior estudio con el fin de obtener cada una de las láminas histológicas.

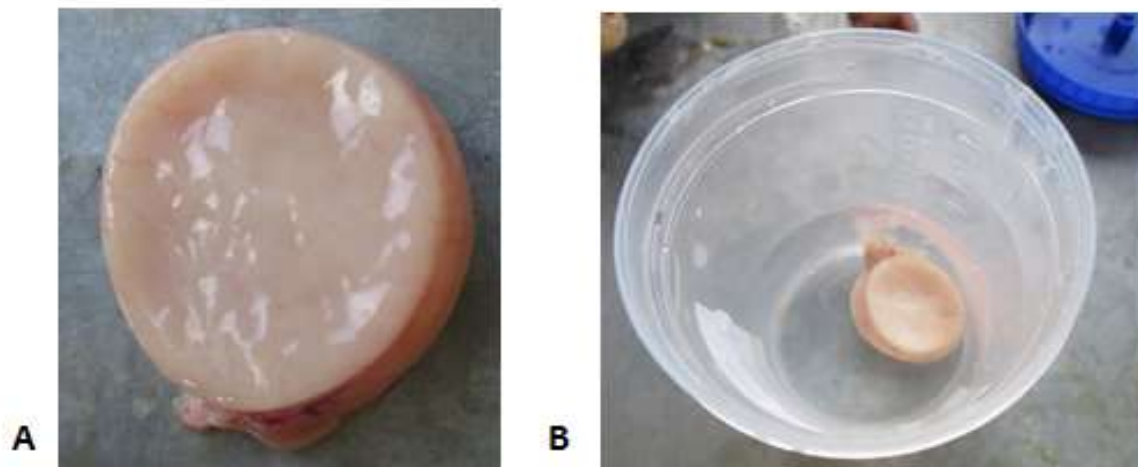


Figura 24. Toma de muestras, corte (A y B) y envío de muestra al laboratorio.

Comportamiento productivo

En cada una de las semanas de estudio se evaluaron los siguientes parámetros productivos: peso corporal, peso testicular, índice de peso testicular vs. Peso corporal, largo y ancho de cada uno de los testículos y peso según la guía de manejo (Ross 308), así mismo se evaluó peso promedio del lote, porcentaje de mortalidad acumulado, consumo acumulado (Kg/ave), nacimiento real y nacimiento según la guía Ross.

Análisis estadístico

Para el análisis de la morfometría de los túbulos seminíferos se utilizó un diseño completamente al azar, a los datos de las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza, y para

detectar diferencia entre las medias se utilizó la prueba de Tukey empleando el paquete estadístico GraphPad InStat.

Resultados

Comportamiento productivo del lote

Los machos evaluados en la semana 30 presentaron un peso promedio de 4.396 g vs 4.150 g reportados en la guía Ross (uniformidad del 94.1%). Los porcentajes de producción de huevo de éstas aves se ubicaron entre el 90.7% y 92%, mientras que el consumo de alimento encontraba sobre los 164 g para las hembras y 129 g para los machos. Por otra parte el porcentaje de nacimientos fue del 90.3% vs al 86% reportado en la tabla guía (Figura 26) y la tasa de mortalidad para esta semana fue del 0.3% como se relaciona en la Figura 27.

Los machos evaluados en la semana 50 según los datos obtenidos en granja, presentaron un peso promedio de 4.943 g (Figura 25) y la uniformidad fue del 87% en todo el lote. El porcentaje de producción fue del 79.2% y el consumo de alimento se estableció en 160.4 g en las hembras y 132.9 g para los machos. La mortalidad en ésta semana fue del 0.12%. En cuanto a los nacimientos el porcentaje promedio fue de 87.48% vs 85% de la tabla guía, es decir se encuentra 2.48% por encima. Avanzando a la semana 70 los datos obtenidos mostraron un peso promedio de 5.724 g, lo que se traduce en un 7% por encima de la información de la tabla guía (Figura 26 y 27).

Para finalizar en la semana 90 se observó un peso promedio de 4.727 g vs los 5.950 g reportados en la guía Ross, dando como resultado un -20.6% con respecto a los datos guía y con una uniformidad del 100% en los animales evaluados (Figura 25 y 27).

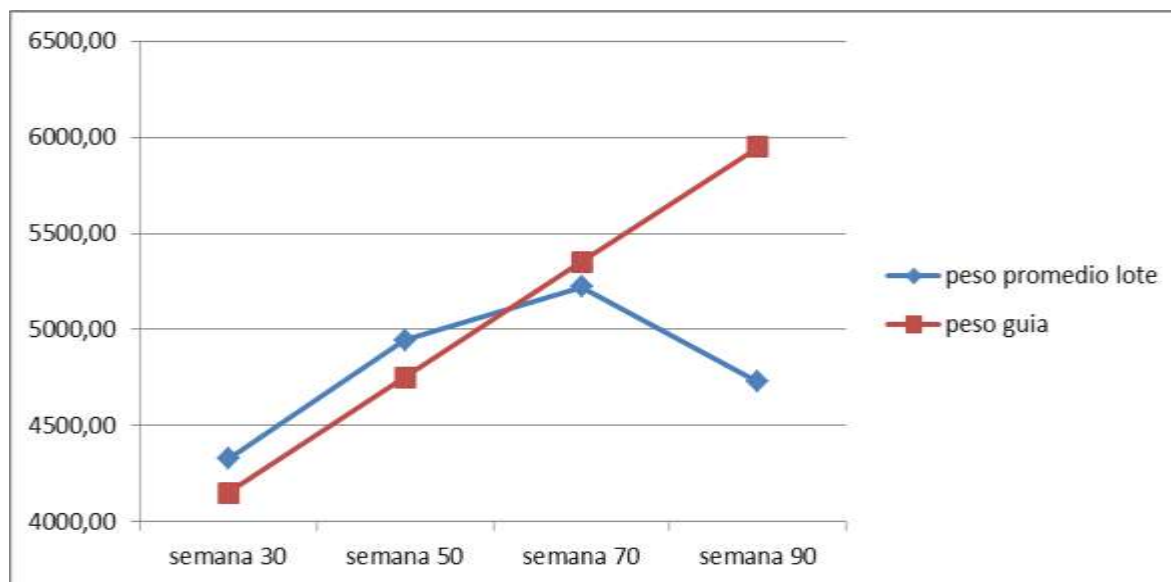


Figura 25. Peso promedio del lote estudiado Vs el peso guía Ross 308.

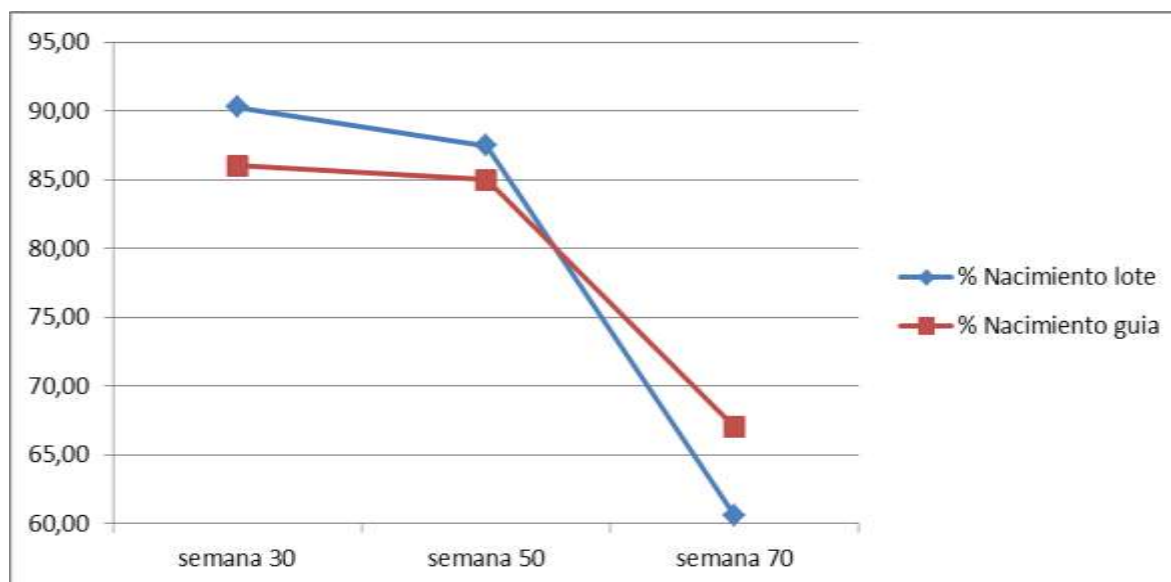


Figura 26. Porcentaje de nacimientos del lote estudiado Vs el porcentaje de nacimientos de la guía Ross 308.

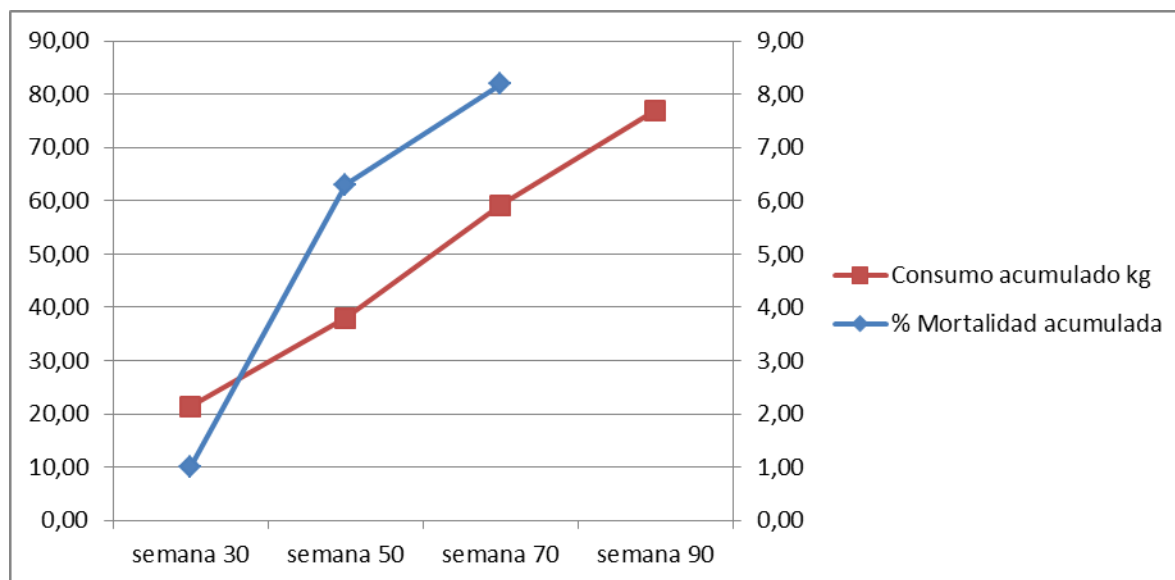


Figura 27. Consumo acumulado del lote. Porcentaje de mortalidad en cada una de las semanas de estudio.

Durante el desarrollo de esta investigación se determinó el peso vivo de los reproductores para ser comparado con su desarrollo testicular e interpretar la desviación estándar de los datos con relación al promedio y la comparación entre las medias de los grupos experimentales obtenidos (Tabla 2).

El lote de los machos evaluados en la semana 30 presentó un peso corporal de 4.383 g en promedio y el peso testicular obtenido en esta semana fue de 34.9 g. Después de los análisis estadísticos se obtuvieron diferencias significativas entre la semana 30 y 50; 30 y 70; y 30 y 90 ($P < 0,001$). Dentro del análisis también se determinó el largo del testículo que para ésta semana fue de 54.2 mm y el ancho de 31.6 mm (Tabla 2). Los machos evaluados en la semana 50 de acuerdo al comportamiento productivo del lote, obtuvieron un promedio de peso corporal de 5.158 g. y peso testicular de 29.6 g. Al comparar la media de los grupos experimentales no se evidenciaron diferencias significativas entre la semana 50 y 90 ($P > 0.05$), mientras entre la

semana 50 y 90 se presentó una diferencia estadística significativa ($P < 0.001$). Los resultados para el largo testicular fue de 45.7 mm y una desviación estándar de 2.0 y el ancho con 31.0 mm y 1.3 de desviación (Tabla 2).

La evaluación a los machos de la semana 70 arrojó como resultado u peso corporal de 5.724 g con desviación de 169.7; el peso del testículo fue de 24.9 g con una desviación estándar de 2.6. Al realizar la comparación de las medias de los grupos estudiados se evidencian diferencias estadísticas significativas entre las semanas 70 y 90 ($P < 0,01$). El largo del testículo para esta semana fue de 45.2 mm con desviación de 1.7 y el ancho testicular fue de 28.3 mm con 1.8 de desviación estándar (Tabla 2).

Finalmente en la semana 90 los machos presentaron un peso corporal promedio de 4.727 con desviación estándar de 176.5, mientras el peso testicular de esta semana fue de 11.3 g con 2.9 de desviación. Al realizar la comparación de las medias de los grupos se evidencian diferencias con los machos de la semana 30 y 50 de vida. El largo testicular para estos machos fue de 35.6 mm, el ancho del testículo fue de 22.2 mm.

Tabla 2

Comportamiento productivo del lote estudiado.

Semana de vida	Peso corporal (g)	Peso testicular (g)	Índice peso testicular vs. Peso corporal (%)	Largo del testículo (mm)	Ancho del testículo (mm)
30	4383.0 ± 147.6	34.9 ± 10.1	0.84 ± 0.24 ^a	54.2 ± 6.7	31.6 ± 4.3
50	5158.0 ± 198.8	29.6 ± 3.5	0.62 ± 0.07 ^b	45.7 ± 2.0	31.0 ± 1.3
70	5724 ± 169.7	24.9 ± 2.6	0.47 ± 0.05 ^b	45.2 ± 1.7	28.3 ± 1.8
90	4727 ± 176.5	11.3 ± 2.9	0.19 ± 0.05 ^c	35.6 ± 2.2	22.2 ± 2.4

Las medias marcadas con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente. Los datos se muestran como las medias ± desviaciones estándar.

Morfometría de los tubos seminíferos

Al realizar las mediciones de los diámetros se encontró que los rangos se mantuvieron entre 209.00 y 675.80 para la semana 30, entre 189.00 y 571.40 en la semana 50, 237.40 – 481.60 para la semana 70 y 141.80 y 435.50 para la semana 90. Después de los análisis estadísticos, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las semanas 30 y 50 ($P < 0,001$), 30 y 70 ($P < 0,01$), 30 y 90 ($P < 0,001$), 50 y 90 ($P < 0,001$) y entre la semana 70 y 90 ($P < 0,001$). La comparación de las medias obtenidas en los diámetros entre la semana 50 y 70 no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$).

Por otro lado los grosores para la semana 30 se ubicaron entre 84.40 – 200.20, en la semana 50 entre 61.50 – 189.40, en la semana 70 entre 0.00 – 170.20 y 0.00 – 172.10 para la semana 90. Al efectuar el análisis estadístico de las mediciones de cada grupo se obtuvieron diferencias significativas entre las semanas 30 y 50 ($P < 0,001$), entre 30 y 70 ($P < 0,001$), entre 30 y 90 ($P < 0,001$), entre 50 y 70 ($P < 0,001$) y entre la 50 y 90 ($P < 0,05$), mientras que la comparación entre la semana 70 y 90 no presentó una diferencia estadística significativa ($P > 0,05$).

En cuanto al índice, expresado como la relación entre el diámetro y el grosor del túbulo seminífero, se encontró que en la semana 30 los valores se ubicaron en un rango de 19.10 a 60.10, en la semana 50 entre 16.90 y 66.00, en la semana 70 los rangos fueron de 0.00 a 47.90 y en la semana 90 entre 0.00 y 51.30. Al comparar la media de los grupos experimentales, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las semanas 30 y 70 ($P < 0,001$), 50 y 70 ($P < 0,001$) y entre la semana 70 y 90 ($P < 0,01$). Entre las semanas 30 y 50, 30 y 90 y entre las 50 y 90 no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$).

Finalmente el área de los túbulos seminíferos varió en cada una de las semanas, encontrando que en la semana 30 los rangos estuvieron entre 48461 - 248618, la semana 50 entre 23274 – 234740, la semana 70 entre 44074 - 166615 y la semana 90 entre 31807 - 166590. La comparación de las medias estadísticas arrojó como resultado diferencias entre las semanas 30 y 50, 30 y 70 y entre las 30 y 90 ($P < 0.001$). Entre las semanas 50 y 70, 50 y 90 y las 70 y 90 no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

Tabla 3

Medidas del diámetro, grosor, índice y área de los tubos seminíferos en gallos de producción en las semanas 30, 50, 70 y 90.

Parámetro	Semana 30	Semana 50	Semana 70	Semana 90
Diámetro (µm)	348.27 ± 74.03 ^a	320.24 ± 65.37 ^b	319.54 ± 52.34 ^b	290.64 ± 64.74 ^c
Grosor (µm)	132.75 ± 23.48 ^a	113.45 ± 23.54 ^b	44.2 ± 57.13 ^c	97.03 ± 32.76 ^c
Índice (relación diámetro vs. grosor)	36.72 ± 7.19 ^a	36.06 ± 7.07 ^a	13.69 ± 17.61 ^b	33.60 ± 8.25 ^a
Área (µm²)	107813.95 ± 39599 ^a	82051.95 ± 34683 ^b	81073.30 ± 25558 ^b	70667.74 ± 30656 ^b

Las medias marcadas con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente. Los datos se muestran como las medias ± desviaciones estándar.

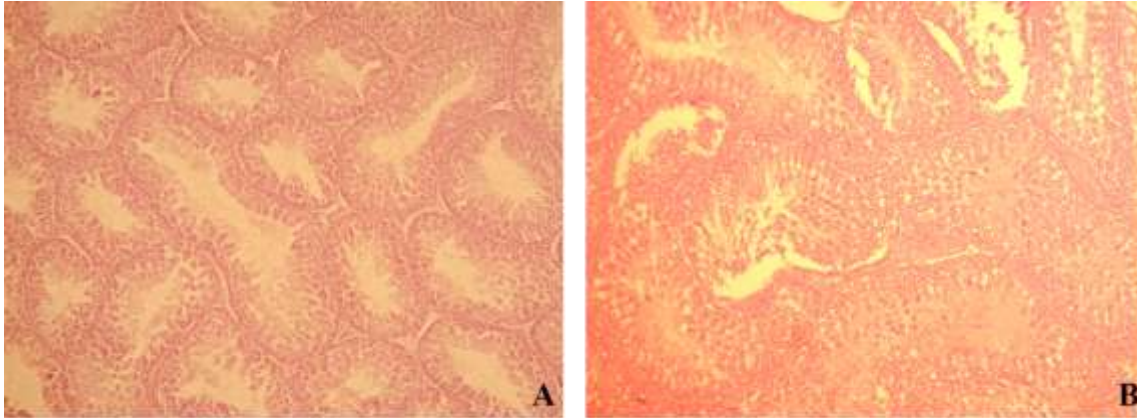


Figura 28. Capturas de túbulos seminíferos de gallos en diferentes semana de vida con el software analizador de imágenes digital ZEN 2012 Blue edition®. Cortes de testículos de gallos a la semana 30 (A) donde se pueden observar las estructuras completas, con su luz y serie espermática correspondiente, mientras que en la semana 90 (B) se evidencia poca definición del contorno de los túbulos seminíferos y de la serie espermática. H – E; 10 x.

Discusión y conclusiones

Los estudios de los órganos reproductivos de las aves domésticas desde su desarrollo, el tamaño de las gónadas y la madurez sexual ha sido un tópico de interés tanto para productores como para la comunidad científica (Parker et al., 1942, Bennett, 1947 Citado por Bull et al., 2007). Por esta razón al extender estas investigaciones a nivel histológico, no solo permite apreciar el estado e integridad de un tejido, sino obtener mediciones de diferente tipo que dan como resultado una perspectiva cuantitativa importante (Wing y Christensen, 1982).

De las diferentes mediciones realizadas, los diámetros mostraron ciertas variaciones entre los tiempos en los que se recolectaron las muestras, partiendo con una media de 348.27 μm en la semana 30 que fue disminuyendo al paso de las mismas. Sin embargo, al no existir una diferencia estadística significativa entre las semanas 50 y 70, se podría deducir que los machos entran en un estado donde mantienen su serie espermática constante, la cual comienza a disminuir hacia la semana 90, sirviendo como argumento a lo anterior el promedio resultante de las mediciones. Algunos estudios como el realizado por Danacu et al. (2012) a las 25 semanas de vida aproximadamente en gallos sanos de la estirpe Leghorn arrojaron un diámetro promedio de 363,89 μm que se aproxima a los de las unidades experimentales del presente estudio, o como el de Maciel et al. (2007) donde se tomaron los diámetros de los túbulos seminíferos de 48 gallos de linaje Lohmann sometidos a diferentes fotoperiodos, en donde a los 203 días se observó una media de 271,3 μm para el diámetro. Es importante aclarar que se exponen estas medidas como referencia, ya que las condiciones de los animales y los objetivos de los estudios mencionados son diferentes.

Los grosores por otra parte muestran una notable disminución a través de la línea del tiempo, donde el promedio para un gallo de 30 semanas es de 132.2 μm hasta llegar a 97,0 μm

en la semana 90. Estos resultados pueden ser consecuencia de múltiples factores como lo son la senilidad de los últimos, los cortes y las variaciones en la fijación de los mismos a la lámina, los cuales pueden ser un sesgo para esta investigación. Por otra parte la literatura reporta que el número y grado de evolución de las células germinales varía considerablemente de un corte de túbulos seminíferos a otro en un mismo testículo, lo que indica que la actividad espermatogénica del testículo no se inicia al mismo tiempo en todos los túbulos seminíferos aunque el porqué de este fenómeno aún se desconoce (Reviere, 1991), puede ser otra de las razones de esta variación.

El índice que se expresa como la relación entre el diámetro y el grosor del túbulo, no presentó diferencias estadísticas significativas para las comparaciones entre la semana 30 con las semanas restantes, mientras que todas las realizadas con la semana 70 arrojaron diferencias estadísticas. El fenómeno del índice a la semana 70 sea tan inferior puede estar relacionado con el número de túbulos que se tomaron por campo y la disposición de los mismos en la lámina y las variaciones en la calidad de la misma, ya que al momento de su observación al microscopio eran muy pocos los completos, esto sumado a las condiciones propias de los túbulos a esta semana de producción.

El área más grande fue encontrada a la semana 30, siendo la única que presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las demás semanas, con un promedio de $107813.95 \mu\text{m}^2$ y que mostró una disminución tras el paso del tiempo de muestreo. Sin embargo, a partir de la semana 50 las comparaciones entre los grupos no arrojaron diferencias estadísticas significativas. Con base en lo anterior, se podría concluir que el área que ocupa cada túbulo no varía significativamente, mientras si lo hace su serie espermática y la cantidad de células que produce en cada periodo; he aquí la importancia de tomar los grosores y los diámetros para calcular como se encuentra la producción de espermatozoides.

Por otra parte los investigadores han tenido en cuenta estudios y descripciones con relación a la forma, el tamaño testicular, la edad y la madurez sexual (Bull et al., 2007) pues los machos suelen tener desarrollos fisiológicos distintos, el cual estará determinado por la disponibilidad y calidad del alimento, fotoestimulación y el estatus sanitario que tenga el ave, pues el inadecuado desarrollo de los testículos se ve afectado por el bajo porcentaje de uniformidad en el peso de los animales dentro de un lote (Gómez et al., 2012). Según Bolinaga (2011) si no se logra el peso objetivo en los animales desde las primeras etapas de vida se complica el desarrollo de los testículos, ya que hay una relación que compromete la cantidad de células de Sertoli y la fertilidad futura de ese macho reproductor. A las 28 y 30 semanas de edad los testículos alcanzan su mayor desarrollo y producción de semen, en esta etapa es importante que el macho consuma de 20 a 22 g de proteína con el fin de poder asegurar la producción espermática (Bull, et al., 2007). Es común observar en los lotes que la ganancia de peso no varía en este periodo, como consecuencia de la gran actividad sexual (Garay, 2011). De acuerdo al comportamiento productivo del lote del presente estudio, los machos evaluados en la semana 30 se encontraron 5.9% por encima de los valores de referencia reportados por la casa comercial, con una muy buena uniformidad en todo el lote; estos resultados son ideales para la edad en la que se encontraban los machos. Los porcentajes de estos lotes en producción sobrepasaron la guía en 5% y 6.3% respectivamente. Según el histórico de la empresa en esta zona la mortalidad es alta pero en este caso estos lotes presentaron valores de mortalidad bajos, normalmente los valores son más altos por el excesivo calor de la región. En cuanto a los nacimientos el porcentaje promedio estaba por encima de tabla, lo que muestra buenos nacimientos y buena fertilidad de los machos. En general los lotes evaluados para esta semana no presentaron problemas sanitarios. Powley (2009) reportó que posterior a la semana 35 se evidencia una reducción

natural del peso testicular y de igual forma la producción de esperma se ve afectada, generando así un declive en la fertilidad del ave. Por tanto, se debe mantener el peso con el fin de evitar disminuir la fertilidad del lote (Powley, 2008).

Los machos que hicieron parte de la investigación en la semana 50 presentaron un peso promedio de 4% por encima de la tabla guía y uniformidad del 87%; estos datos de peso son ideales, aunque su uniformidad no es excelente, pero aceptable para la edad. El porcentaje de producción se encontraba 12.5% por encima de la tabla guía. Los machos evaluados en la semana 70 presentaron un porcentaje de peso promedio de 7% por encima de tabla, uniformidad del 100% en los animales evaluados, estos datos son excelentes para la edad en la que se encuentran. En la semana 90 presentaron un peso promedio bajo vs la guía Ross, arrojando un resultado de -20.6% por debajo de tabla.

Por tanto según las observaciones macroscópicas y los estudios ya realizados como los de Bull et al. (2007) es importante resaltar que el desarrollo testicular es fundamental para mantener la fertilidad en los lotes de las granjas reproductoras y para ello es importante comprender de forma global los periodos críticos del desarrollo de los testículos (Powley, 2008). Debido a todo esto, existen factores que se presentan en las granjas reproductoras durante las semanas de producción, tales como la reducción de la condición física de los animales con bajo peso, la calidad del semen y la deficiencia en la conformación del sistema muscular y esquelético, (Gómez et al., 2012). Es evidente la relación que existe entre el peso corporal, el peso de los testículos y la fertilidad, por lo cual es importante aplicar buenas técnicas de manejo dentro de las granjas evitando animales con sobrepeso o con niveles de desnutrición (Powley, 2008).

Lista de referencias

Álvarez, P. (2009). Fisiología animal aplicada. Universidad de Antioquia.

Angulo, E. (2009). Efecto del desarrollo testicular en la fertilidad del gallo. En Fisiología aviar. Universidad de LLeida. Pág. 46.

Aviagen (2001). Manual de reproductoras pesadas Ross 308.

Aviagen (2013). Manual de reproductoras pesadas Ross 308.

Avicol. (2012). Boletín Técnico Ross 308. Avícola Colombiana S.A.

Bilcik, B. Estevez, I. Russek-Cohen E. (2005). Reproductive Success of Broiler Breeders in Natural Mating Systems: The Effect of Male-Male Competition, Sperm Quality, and Morphological Characteristics. Poultry Science. Vol 84.

Bilgili,S.F. Hess, J.B. Donald,J.Fancher B. (2011) Consideraciones practicas para reducir el riesgo de pododermatitis. Departamento de ciencias avicolas, departamento de Ingenieria de biosistemas Universidad de Auburn, Auburn, Aviagen. USA

Bolani, B. Bermúdez, C. La peña, G. Forner, L. Carsi. (1990). La Eutanasia en los animales de laboratorio. Research in Surgery. Vol 5.

Briony, C. Keith, B. Vera, B. Eva M, B. Niall, B. Jhon, B. Wolff, E. Paul, F. Neville, G. Hansjoachim, H. Y Clifford, W. (1986). Recomendaciones para la eutanasia de los animales de experimentación.

Bull, M. L., Martins, M. R. F. B., Cesário, M. D., Padovani, C. R., Mendes, A. (2007). Anatomical study on domestical fowl (*Gallus domesticus*) reproductive system. *International Journal of Morphology*, 25(4), 709-716.

Calhim, S. Birkhead, T. (2006). Testes size in birds: quality versus quantity assumptions, errors, and estimates. Advance Access publication. Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield, Sheffield.

Catala, Gregori P. (2004). El manejo nutricional de los reproductores pesados machos. Clave del éxito reproductivo. Área de nutrición animal. Departamento de producción animal, Universidad de Murcia. España.

Dănacu V., Bogdan A.T., Mocanu N., Cornilă N., Danacu V., 2012, Comparative studies on microscopic morphology of the seminiferous tubules in 120-180 days old cocks. *Scientific Works. C Series. Veterinary Medicine*, Vol. LVIII ISSUE 3, PRINT ISSN 1222-5304, 108-117.

Echavarría, V. (2014). Carne de aves. Oficina de estudios y políticas agrarias, ODEPA, Chile.

Emerson, D. (2000). A primary breeder perspective of breeder, hatchery and grow-out issues. Proceedings of the Delmarva Breeder Hatchery and Grow-Out Conference, Delmar, MD. University of Maryland Cooperative Extensión, College Park, MD.

Evans, T. (2012). Tendencias Avícolas Mundiales 2012. Producción de pollo en América superará las 40 millones de toneladas en 2013.

Federación Nacional de Avicultores de Colombia FENAVI (2014).

Federación Nacional de Avicultores de Colombia FENAVI. (V.g.). Manual de compostación. Alternativas para el manejo de residuos orgánicos. Pág. 23, 35, 37, 38,39.

Galindo, S. (2006). Importancia de un buen manejo de la reproducción en avicultura. Revista electrónica de veterinaria, Vol. 2.

Gázquez, A. (2004). Tratado de histología veterinaria. Barcelona España: Masson. S.A.

Glatz,Phil. Alojamiento y manejo de las aves de corral en los países en desarrollo. FAO

Gómez Meza, J. E., Rodríguez Díaz, D. F. y Romero, C. A. (2014). Determinación del desarrollo testicular aviar de los machos reproductores pesados de la línea Ross 308 en relación con la edad y el peso. *Revista Ciencia Animal* (8), 111-120.

Hoffman, G. Volker, H. (1999). Anatomía y Fisiología de las Aves Domésticas. Editorial Acribia. España. Pag 161- 164.

Instituto Colombiano Agropecuario- ICA (2009).

Jaimes, J. y. (2010). Las enfermedades infecciosas y su importancia en el sector. Revista de Medicina Veterinaria N° 20, 49.

Lewis, Peter (2009). Iluminación para las reproductoras pesadas. Aviagen.

Maciel, C. (2007). Desarrollo e histología testicular de gallos ligeros sometidos a diferentes fotoperiodos. Departamentos de Zootecnia y Medicina Veterinaria-Universidad Federal de Lavras.

Martínez, M. (2001). Bioestadística Amigable. Madrid: Días de Santos.

Mayorga, F. Sánchez, E. Fragoso, H. Romero, I. (2012). Sacrificio Humanitario y disposición sanitaria de aves de corral. SENASICA Gobierno Federal de los Estados Unidos de México.

Mojica Amílcar, P. (2005). Características del sector avícola Colombiano y su reciente evolución en el Departamento de Santander.

Moya, A. González, E. (2001). Influencia de la edad de las gallinas en la retención de la capacidad fertilizante del semen en el oviducto. *Ciencia avícola*. Cuba. Pág. 159-163.

Nicholls, T. J, Graham. G, P. (1972). Observations on the ultrastructure and differentiation of Leydig cells in the testis of the Japanese quail. *Biol. Reprod.* Pág. 179-192.

Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura FAO (2014). Departamento de agricultura y protección del consumidor.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE (2013). Manual de perspectivas agrícolas

Powley, Jhon (2008). Desarrollo de los testículos y su fertilidad, Aviagen.

Quintana J. A. (2009). Avitecnia. Editorial: Trillas.3ra ed. Pag.221- 225. México.

Ramírez E., (2011).Colegas y alumnos del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), FMVZ-UNAM (México) .XVII Congreso de la Asociación Mundial de Veterinarios Aviarios (WVPA).Cancún, México.

Reviere, M., (1991) “Factores de variación del desarrollo testicular y de la producción de espermatozoides” Cap. VIII. En: Reproducción de las aves, Ed MundiPrensa, Madrid, España.

Rodríguez, Manuel. (2015). Granja la Ilusión. Pollo Andino S.A

Rohss, M. Silverin, B. (1983). Seasonal variations in the ultra structure of the Leydig cells and plasma levels of luteinizing hormone and steroid hormones in juvenile and adult male greattits. Pág. 202-212.

Rose. (1997). Principios de la ciencia avícola. España: Acribia.

Sarabia, D. Pizarro, M, Abad. JC, Canavoas. P, Rodriguez, A. y Barger,K.(2013) Relationships Between Fertility and Some Parameters in Male Broiler Breeders (Body and Testicular Weight, Histology and Immuno histochemistry of Testes, Spermatogenesis and Hormonal Levels) Reproduce Dom Anim.

Sauveur, B. M, R. (1992). Reproducción de las Aves .Capitulo 7: Aparato Genital Masculino y producción Espermatozoide. Editorial: Mundi prensa. Pág. 192 – 265.

Senasa. (2012). Procedimiento para el sacrificio humanitario de aves que representen riesgo sanitario. Programa de bienestar animal.

Stefanini, M. A., Orsi, A. M., Crocci, A. J, Padovani, C. R., Vicentini, C. A., & Aires, E. D.. (1999). La región epididimaria de la paloma (*Columba livia*): Análisis morfológico y morfométrico. Revista chilena de anatomía, 17(1), 21-25. Recuperado en 14 de diciembre de 2015, de

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071698681999000100003&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0716-98681999000100003.

United States Department of Agriculture, USDA. (2012). Tendencias avícolas Mundiales 2012. Producción de pollo en América, superará las 40 millones de toneladas en 2013.

Vilorio, Pedro. (2010). Evaluando la fertilidad del macho reproductor pesado. Gerencia de sanidad de Proavicola CA de Venezuela.

Vizcarra, J. Bacon, W. y Kirby, J. (2000). Physiological factors affecting the reproductive performance of commercial broiler breeder males. Proceedings 49th National Poultry Breeders Roundtable Center of excellence for poultry science. University of Arkansas.

Watts, Dave. (2008) Arranque del pollito reproductor. Ross Tech Note.

Wing, T.-Y., Christensen, A. K. (1982), Morphometric studies on rat seminiferous tubules. *Am. J. Anat.*, 165: 13–25. doi: 10.1002/aja.1001650103

