



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

Área: Producción y Salud Animal

EFFECTO DE LA EDAD DEL GALLO SOBRE LA CALIDAD DEL SEMEN

TESIS

QUE PRESENTA:
MVZ. SALVADOR JIMÉNEZ AGUILAR

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIRECTOR DE TESIS:
DR. EN CIENCIAS AURELIANO JUÁREZ CARATACHEA

*(Tesis apoyada por el Consejo Estatal de Ciencia,
Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán)*

Tarímbaro, Michoacán, agosto de 2013





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
P R E S E N T E

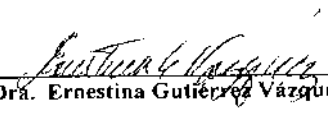
Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "EFECTO DE LA EDAD DEL GALLO SOBRE LA CALIDAD DEL SEMEN" presentado por el MVZ. SALVADOR JIMÉNEZ AGUILAR, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestro en Ciencias.

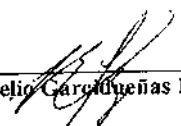
Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

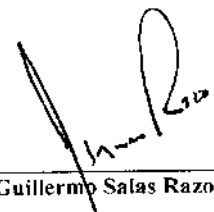
A T E N T A M E N T E
Morelia, Michoacán, a 29 de julio de 2013

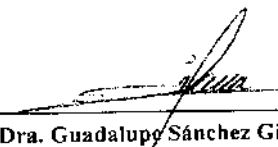
MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA


Dr. Aureliano Juárez Caratachea


Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez


Dr. Rogelio García Cueñas Piña


Dr. Guillermo Salas Razo


Dra. Guadalupe Sánchez Gil

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA POR SU APOYO INCONDICIONAL.

*A MI ASESOR DIRECTO EL DR. AURELIANO JUÁREZ
CARATACHEA, QUE CON SU VALIOSO APOYO HIZO POSIBLE LA
REALIZACIÓN DE DICHO ESTUDIO.*

*GRACIAS A LA UNIDAD DE SERVICIOS INTEGRALES EN
REPRODUCCIÓN ANIMAL, A CARGO DEL DR. JESÚS CONEJO
NAVA Y LAS MVZ. INGRID BRENDA OLIVO ZEPEDA E IRMA
ARCELIA TOSCANO TORRES QUIENES REALIZARON CON
PROFESIONALISMO LA PARTE EXPERIMENTAL EN
LABORATORIO.*

*A LOS MIEMBROS DE LA MESA SINODAL DRA. ERNESTINA
GUTIÉRREZ VÁZQUEZ, DRA. LAURA GUADALUPE SÁNCHEZ GIL,
DR. GUILLERMO SALAS RAZO Y DR. ROGELIO GARCIDUEÑAS
PIÑA, POR SU DEDICADA Y VALIOSA COLABORACIÓN EN LA
REVISIÓN Y APORTACIONES AL PRESENTE TRABAJO.*

*AL CONACYT POR LA BECA OTORGADA DURANTE DOS AÑOS,
PARA REALIZAR MIS ESTUDIOS DE POSGRADO.*

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Aspectos reproductivos del gallo.....	6
1.1.1 Etapa prepúber	8
1.1.2 Etapa púber	8
1.1.3 Etapa adulta.....	9
1.1.4 Actividad esteroidógena de los testículos	10
1.2 Volumen de eyaculado.....	10
1.3 Calidad espermática	10
1.4 Anormalidades espermáticas	12
2 JUSTIFICACIÓN	16
3 HIPÓTESIS	17
4 OBJETIVO GENERAL.....	17
4.1 Objetivos particulares.....	17
5 MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1 Ubicación	18
5.2 Animales	18
5.3 Alojamiento y alimentación	18
5.4 Condiciones ambientales de la caseta.....	19
5.5 Entrenamiento de los gallos para la colección de semen	19
5.6 Técnica de colección de semen	20
5.7 Colección y evaluación de semen fresco	20
5.7.1 Volumen de eyaculado (VOL, ml)	21
5.7.2 Motilidad progresiva (MP, en escala de 0 a 100)	21
5.7.3 Concentración espermática total (CONT, en millones de espermatozoides por eyaculado)	21
5.7.4 Viabilidad (VIA, %) y anormalidades espermáticas (FAN, %).....	22
5.7.5 Peso vivo del gallo (PV, kg)	22
5.7.6 Análisis de la información	22

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
6.1 Volumen de eyaculado.....	23
6.2 Motilidad progresiva	25
6.3 Concentración espermática total.....	27
6.4 Viabilidad espermática	30
6.5 Anormalidades espermáticas	32
6.5.1 Clasificación y frecuencia de anormalidades espermáticas.....	34
6.5.2 Anormalidades espermáticas por región.....	36
6.6 Peso vivo del gallo	38
7 CONCLUSIONES.....	40
8 BIBLIOGRAFÍA	41
9 ANEXOS	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros espermáticos en gallos Plymouth Rock Barred y Rhode Island Red.....	12
Cuadro 2. Frecuencia acumulada de las anormalidades espermáticas por mes, en gallos de la raza Rhode Island Red	36
Cuadro 3. Frecuencia acumulada de las anormalidades espermáticas en relación con la edad de los gallos.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del aparato reproductor del gallo.....	6
Figura 2. Morfología del espermatozoide de gallo.....	13
Figura 3. Anormalidades del acrosoma del espermatozoide de gallo.....	13
Figura 4. Anormalidades de la cabeza del espermatozoide de gallo.....	14
Figura 5. Anormalidades de la pieza media del espermatozoide de gallo.....	15
Figura 6. Anormalidades de la cola del espermatozoide de gallo.....	15
Figura 7. Comportamiento del peso vivo del gallo en relación con la edad.....	25
Figura 8. Representación gráfica del volumen de eyaculado con respecto a la edad del gallo.....	27
Figura 9. Dispersión gráfica del porcentaje de motilidad espermática en relación a la edad de los gallos.....	30
Figura 10. Expresión gráfica de la concentración espermática en gallos, según la edad.....	32
Figura 11. Expresión gráfica de la viabilidad espermática con respecto a la edad de los gallos.....	34
Figura 12. Comportamiento gráfico del porcentaje de anormalidades espermáticas en gallos de diferente edad.....	39
Figura 13. Técnica de colección de semen.....	50
Figura 14. Anormalidades espermáticas más frecuentes en gallos Rhode Island Red de 6 a 13 meses de edad.....	51

RESUMEN

Se determinó el efecto de la edad de los gallos sobre la calidad del semen. Para ello se analizaron 720 datos, generados de 144 eyaculados, obtenidos mensualmente durante 12 meses, de una población de 12 gallos Rhode Island Red, a partir de los seis meses de edad, hasta los 18 en que terminó el muestreo. Los gallos fueron seleccionados de la parvada que mantiene el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), en las instalaciones avícolas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), previa prueba de masaje dorso-abdominal para conocer la respuesta eyaculatoria de cada gallo, éstos se mantuvieron alojados en jaulas individuales, tipo batería, el alimento ofrecido fue de tipo comercial especial para gallinas en postura, tanto el agua como el alimento se ofrecieron a voluntad, las características espermáticas estudiadas fueron: volumen de eyaculado (VOL, ml), motilidad progresiva (MP,%), concentración espermática total (CONT, millones de espermatozoides por eyaculado), viabilidad (VIA, %) y frecuencia de anomalías (FAN, %). Además, se estudiaron factores ambientales tales como la edad (ED, meses de colecta) y peso vivo (PV, kg). Los datos generados como frecuencias se procesaron mediante pruebas estadísticas no paramétricas, en tanto que, los promedios se procesaron con estadística descriptiva con el paquete Statistic 8. Los resultados más sobresalientes indican que: el VOL, MP y CONT resultaron ser los indicadores espermáticos más sensibles a la edad, en tanto que la VIA no mostró efectos de la edad ($r = 0.2913$). La FAN espermáticas creció con la edad, principalmente las de las regiones cefálica y caudal. El PV de los gallos creció exponencialmente conforme se incrementó la edad de muestreo ($r = 0.4291$), el PV y el VOL espermático también mostraron correlación estadística, baja pero negativa ($r = -0.1866$), igual que la CONT y la ED ($r = -0.4117$), así como el VOL y la ED ($r = -0.0615$). Al parecer, la disminución del VOL, capacidad de movimiento (MP) y CONT espermática, aunados al incremento en la FAN y al PV de los gallos, son los responsables de que baje la tasa de fertilidad en los gallos viejos, no obstante que el espermatozoide siga mostrando aptitud o posibilidad para fecundar. Por lo anterior, se puede concluir que son varios los indicadores espermáticos que se afectan con la edad, no todos ocurren al mismo tiempo, sino en diferente momento de la vida del gallo.

Palabras clave:

Fertilidad, espermiograma, eyaculado, espermatozoide, Rhode Island Red

ABSTRACT

The cock's age effect on semen quality was determined. To do so analyze data 720, generated of 144 ejaculates obtained monthly during a 12 month period were analyzed from a population of 12 Rhode Island Red cocks from six months of age, until 18 months when sampling ended. The cocks were selected from the flock maintained by the Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) in the poultry facilities of the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), prior test of back-abdominal massage for ejaculatory response from each cock. They were housed in individual cages and fed a commercial feed special for laying hens, both water and feed were given ad libitum. The sperm characteristics studied were: ejaculate volume (VOL, ml), progressive motility (MP,%), total sperms concentration sperms, (CONT, millions of sperms per ejaculate), viability (VIA, %) and frequency of abnormalities (FAN, %). In addition, environmental factors like age (ED, collection months) and live weight (PV, kg) were studied. Data generated as frequencies were processed using non-parametric statistic tests, while the averages were processed using descriptive statistics with the Statistic 8 package. The results indicate that: VOL, MP and CONT turned out to be the sperm indicators most sensitive to the age, while the VIA showed no effect of the age ($r=0.2913$). The spermatoc FAN increased with the age, mainly the cephalic and caudal regions. The cock's PV increased exponentially as age sample increased ($r=0.4291$), the PV and spermatoc VOL showed a negative statistical correlation ($r= -0.1866$), as well as CONT and the ED ($r = -0.4117$), also VOL and the ED ($r = -0.0615$). Apparently, the decrease in VOL, movement capacity (MP) and spermatoc CONT, coupled with the increase in the cocks' FAN and the PV, are responsible for the decrease of the fertility rate in old cocks, even though the sperm shows aptitude and possibility to fertilize. Therefore, we can conclude that there are several indicators that affect sperm with age, not all happen at the same time, but at a different time of life of the cock.

Key words:

Fertility, spermiogram, ejaculate, sperm, Rhode Island Red

1 INTRODUCCIÓN

La fertilidad de la parvada depende del estado reproductivo de las aves (nivel de producción de huevo y espermatozoides con capacidad fecundante), combinado con el interés y la capacidad de monta de los gallos. De acuerdo con Wilson, (2006) a partir de las 40 semanas de edad, la fertilidad en la parvada comienza a disminuir, las gallinas reproductoras necesitan montas más frecuentes para mantener alta fertilidad y al mismo tiempo los gallos están menos interesados en montar a las hembras.

La fertilidad del gallo debe entenderse como la capacidad para producir y eyacular espermatozoides que son capaces de fertilizar los óvulos, que incluye la realización de todos los pasos del proceso de fertilización: los espermatozoides se mueven a través del aparato reproductor de la gallina y son almacenados en los túbulos seminíferos (Celeghini *et al.*, 2001).

La producción de pollos de engorda depende de la capacidad de la población reproductora de generar un número suficiente de pollitos para una producción sostenible. La producción avícola en todas las escalas de funcionamiento es totalmente dependiente de la fertilidad de la parvada, por tanto, es importante comprender los factores que influyen en la fertilidad (King'ori, 2011).

Sin embargo, en los últimos años se ha observado una reducción progresiva de la tasa de fertilidad, ésta reducción se ha explicado frecuentemente como efecto secundario no deseado, resultado de la intensa selección genética para el aumento de las características productivas del pollo de carne, tales como velocidad de crecimiento y tamaño de pechuga. Ésta intensa selección genética ha podido desencadenar una reducción de la libido de los machos y/o hembras, siendo este al menos uno de los factores que se ha utilizado comúnmente para explicar el declive de fertilidad en reproductores pesados (Pollock, 1999; Emerson, 2000; Bowling, 2003; Inma, 2009).

Alrededor de las 40 semanas de edad, algunos gallos pierden su vida sexual activa por problemas de sobrepeso o podo-dermatitis. El manejo para una óptima fertilidad es un proceso activo que persiste durante la vida productiva de la parvada y, requiere pesar frecuentemente aves de ambos sexos y agregar machos jóvenes (Spiking) para mantener alta fertilidad, los cuales tendrán alta frecuencia de monta, la cual tiende a disminuir en la segunda semana de la adición (Wilson, 2006).

En la avicultura comercial han logrado resolver parcialmente la baja fertilidad sustituyendo entre el 10 y 25% de gallos viejos por gallos jóvenes (práctica conocida como Spiking), lo que tiene un costo extra; pero en ocasiones se justifica cuando se presentan problemas de baja fertilidad dentro de la parvada (Quintana, 2005). Haghbin y Fallah-Khair (2011), mostraron que el Spiking no mejora significativamente la fertilidad ni el rendimiento de los machos, por lo tanto, parece ser absolutamente inútil para mejorar la fertilidad en reproductores pesados.

Según Gumulka y Kapkowska (2005); Bilcik *et al.* (2006), en la práctica del Spiking, los machos compiten por las hembras desempeñando un papel importante en la fertilidad, ya que también compiten los espermatozoides de cada gallo en el oviducto de la gallina. Aunque, en la fertilidad de las aves es más importante la edad del gallo que la de la gallina (López, 2007). Por lo tanto, resulta importante realizar una evaluación de las características del semen del gallo para conocer el potencial reproductivo de los machos reproductores, que marcarán la fertilidad de la parvada (Ajayi *et al.*, 2011).

Se ha demostrado que de 26 a 28 semanas de edad los gallos no tienen problemas con la producción de espermatozoides, sin embargo, a medida que aumenta la edad declina la libido y por lo tanto la frecuencia de apareamiento. Pero se desconoce la edad precisa en la que declina la capacidad reproductiva del gallo, así como los indicadores espermáticos que más se afectan con la edad (Juárez y Conejo, 2004).

McGary *et al.* (2003); Bilcik y Russek (2005), opinan que el mayor peso corporal de los reproductores puede afectar la capacidad de efectuar cópulas efectivas, contribuyendo con ello a una reducción de la tasa de fertilidad. Estos investigadores detectaron que gallos reproductores pesados con alta concentración espermática tienen baja fertilidad. Aunque observaron que estos mismos gallos tienen una alta fertilidad, cuando están alojados en jaulas individuales y sugirieron que la fertilidad del macho es un parámetro relativo, que depende de la calidad reproductiva de otros machos competidores dentro del mismo grupo.

Según Harris *et al.* (1984), existen correlaciones significativas entre las características del semen y la fertilidad de los huevos, dichos autores sostienen que el potencial fecundante del gallo depende de la calidad del semen. Se sabe que, a fin de garantizar la alta tasa de fertilidad del huevo, el espermatozoide debe presentar algunas características físicas y morfológicas.

La industria avícola previamente basó la evaluación de semen usando los parámetros de color y volumen, lo que dio estimaciones de la cantidad de espermatozoides. Es por ello que, han propuesto técnicas objetivas para evaluar semen potencialmente fecundante, tales como, la prueba de penetración de los espermatozoides en la región del blastodisco (Bramwell *et al.*, 1995; Barbarato *et al.*, 1998) y la evaluación de la membrana espermática (Bilgili y Renden, 1984; Chalah y Brillard, 1998).

A pesar de estar altamente correlacionado el semen con la fertilidad del gallo, la prueba de penetración de los espermatozoides es muy laboriosa y difícil de aplicar en las poblaciones de cría de gran tamaño (Bramwell *et al.*, 1995; Barbarato *et al.*, 1998). Además, las membranas desempeñan un papel esencial en el mantenimiento de la capacidad de espermatozoides para fertilizar, por lo que han sido evaluadas por técnicas más objetivas, tales como el uso de sondas fluorescentes (Bilgili y Renden, 1984; Graham *et al.*, 1990; Chalah y Brillard, 1998; Celeghini *et al.*, 2005).

1.1 Aspectos reproductivos del gallo

En las aves, el aparato reproductor del macho está constituido por tres unidades morfofuncionales: los testículos, las vías deferentes y el órgano copulador (Figura 1).

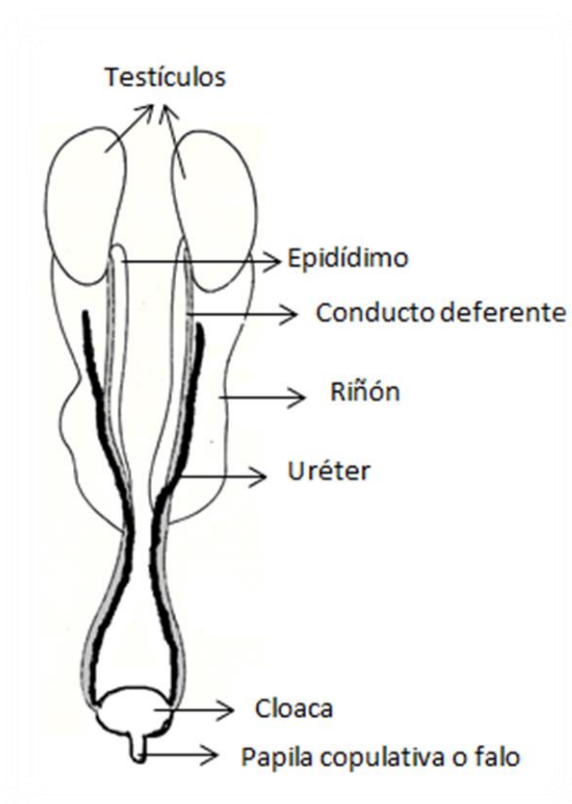


Figura 1. Morfología del aparato reproductor del gallo. (Dibujo elaborado de la imagen presentada por Rose, 1997).

Los testículos son órganos pares, de forma a riñonada, internos, localizados en el centro de la cavidad abdominal, unidos por ligamentos a la superficie dorsal de la cavidad peritoneal, adyacentes a las glándulas adrenales y ventrales a los riñones (Ricaurte, 2006).

Al llegar a la madurez sexual, en promedio a las 26 semanas de edad, el peso de los testículos oscila entre 25 y 35 g (Segura *et al.*, 2007). Cada testículo está rodeado por una capa de tejido conectivo y contiene los túbulos seminíferos y las

células de Leydig, que están dispersas en los espacios entre los túbulos (Etches, 1998).

En la base de las vías deferentes se encuentran los túbulos seminíferos que están dispuestos en una red de conductos interconectados que vacían a la red de testis, comunicados a su vez con el *Urodaeum*, que conecta al órgano copulador. La periferia de los túbulos seminíferos está recubierta de espermatogonias (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

El órgano copulador, abarca el conjunto de los repliegues linfáticos de la cloaca, el falo y los cuerpos vasculares paracloacales. Estos últimos son cuerpos ovoides, incrustados en la pared de la cloaca, que se llenan de linfa en el momento de la erección. El falo, vestigial en el gallo, está bien desarrollado y provisto de un canal de forma espiral. En el momento de la cópula, solamente hay un contacto entre las cloacas del macho y la hembra (Ricaurte, 2006).

Las espermatogonias son células diploides por lo que se dividen mitóticamente para mantener constante la población de células troncales de la espermatogénesis y para poder producir los millones de espermatoцитos que se convertirán en espermatozoides. El paso de espermatogonia a espermatoцитo haploide requiere la participación de las células de Sertoli que están situadas en la periferia de los túbulos (Etches, 1998).

Se puede definir la espermatogénesis como el conjunto de transformaciones sufridas por las células germinales, desde las espermatogonias hasta los espermatozoides, procesos que ocurren en el epitelio seminífero. Estas transformaciones se efectúan en estrecha relación con las células somáticas del epitelio seminífero, las células de Sertoli están bajo control de las hormonas gonadotropas hipofisarias (Ricaurte, 2006).

Las espermatogonias se producen de manera continua por división mitótica, para producir subsiguientes generaciones de espermatogonias y espermatoцитos que entran en primera división meiótica, después de 6 días se completa la segunda división meiótica y las cuatro espermátidas haploides comienzan a elongarse. La

espermatogénesis se completa durante los siguientes 7 a 9 días, cuando se adquiere la morfología de los espermatozoides maduros (Etches, 1998).

El desarrollo testicular y la espermatogénesis se realiza en dos etapas de la vida del gallo: prepúber y púber. Las edades en que tiene lugar una y otra etapa, depende de varios factores: condiciones del medio, como la iluminación o fotoperiodo, origen genético de los gallos, presentándose además variaciones entre uno y otro individuo (Ricaurte, 2006).

1.1.1 Etapa prepúber

En éste periodo tiene lugar una proliferación muy activa de las células de Sertoli, cuyo número total por testículo pasa de 1 a 5 millones, al día de edad, a más de 100 millones, de las ocho a las 10 semanas. Estas cifras ya no varían prácticamente después, hasta que el ave alcanza la edad adulta. Una vez que las células de Sertoli han concluido su diferenciación ya no son capaces de multiplicarse, teniendo en cuenta que estas células definen el territorio colonizable por las células germinales, lo que es evidente es que una parte importante del potencial de producción de espermatozoides del ave adulta se encuentra determinada desde la edad temprana. La proliferación de las células de Sertoli y el aumento de su tamaño dan lugar al desarrollo de los tubos seminíferos que entre 1 día y las 7 semanas de edad pasan de tener algunos milímetros a 20 cm, el peso testicular aumenta de 3 a 100 mg (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

Durante el período prepúber, el acontecimiento más importante es la proliferación activa de las células de Sertoli, y en la línea germinal, divisiones celulares llegan a advertirse sólo espermatoцитos I. Se produce un importante aumento en el peso medio de los testículos. Esta etapa dura unas 8 o 10 semanas (Ricaurte, 2006).

1.1.2 Etapa púber

Comienza con la aparición de la profase meiótica, de los espermatoцитos II y de las espermátidas las cuales finalizan su desarrollo y producen los primeros

espermatozoides en el momento en que el peso testicular alcanza 1g. Sin embargo, este proceso no ocurre en todas las secciones de tubos seminíferos de un mismo testículo, de manera que algunas se encuentran aún en estadio juvenil. Además, muchas secciones de tubos seminíferos presentan formas degenerativas, sean espermátocitos I en el estadio cigoteno, sean espermátidas al principio de la elongación, consecuencia de esto es que la espermatogenesis no alcanza inicialmente su valor óptimo, y sólo sucede cuando el peso testicular es aproximadamente la mitad de su valor adulto (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

En este período, aparecen el resto de las células de la línea germinal, pudiendo advertirse espermatozoides. También se produce gran aumento en el peso testicular, esta etapa dura en promedio unas 10 semanas. Paralelamente a la calidad de los espermatozoides producidos también evolucionan en: la capacidad de fecundación, la motilidad y la duración de la supervivencia *in vitro* de los espermatozoides, siendo deficiente durante la pubertad y poco después de ella, esta etapa corresponde aproximadamente a las 20 semanas de vida del gallo (Ricaurte, 2006).

1.1.3 Etapa adulta

Durante este periodo el tamaño de los testículos se mantiene en 30 g hasta las 30 semanas y a partir de las 40 semanas de edad disminuye su tamaño a 15 g, llegando a disminuir hasta 10 g a las 60 semanas de edad. Este fenómeno se presenta en los gallos de raza de carne y se manifiesta por el descenso en la producción de espermatozoides, a partir de las 40 semanas de edad, sin embargo, no se generaliza a todos los gallos, habiéndose reportado gallos de más de 55 semanas de edad con producción alta de espermatozoides. Siendo el número de recogidas por día, otro factor limitante en la producción de espermatozoides con capacidad fecundante (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

Los procesos de envejecimiento de los espermatozoides se desarrollan en los conductos deferentes antes de la eyaculación, siendo un factor que determina anomalías espermáticas (Breque *et al.*, 2003).

1.1.4 Actividad esteroidógena de los testículos

La importante variación del contenido plasmático en LH que caracteriza la fase pre-puber coincide con la proliferación de las células de Sertoli, no se traduce en ninguna variación de la testosterona que permanece a un nivel muy bajo hasta la 11 semana de edad. Donde el contenido plasmático de androstenediona (precursor de la testosterona) es alto y disminuye con rapidez, es por ello que los niveles de testosterona se incrementan a partir de la 11 semana. Las células de Leydig son capaces de responder a la presencia de LH claramente antes de la pubertad. Generalmente la testosterona ejerce, vía hipotálamo, una retroacción negativa sobre la secreción de LH. La sensibilidad del hipotálamo decrece entre la eclosión y el periodo púber. Por lo que la detección del crecimiento testicular no es atribuible únicamente al equilibrio entre hormonas gonadotropas y hormonas testiculares, siendo otra razón que a edad adulta las células de Sertoli no pueden responder con un aumento de su número a una estimulación hipofisaria (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

1.2 Volumen de eyaculado

Los gallos domésticos producen de 0.5 a 1.0 ml de semen por eyaculado, puede presentar de 3000 a 7000 millones de espermatozoides por eyaculado, aunque puede variar considerablemente en función de la estirpe, el individuo, estado fisiológico y las condiciones de recogida del semen (Hafez y Hafez, 2002). De acuerdo con Ricaurte (2006), el volumen del eyaculado de la estirpe ligera puede oscilar entre 0.2 y 0.8 ml, comparado con 0.3 y 1.5 ml por eyaculado en gallos de la estirpe pesada, siendo el peso, edad, condición física, estado fisiológico y raza o estirpe las variables que afectan la calidad del semen.

1.3 Calidad espermática

Para obtener buenos resultados en la inseminación artificial de las aves, la calidad del semen debe ser garantizada (Tabatabaei *et al.*, 2009). La importancia de la evaluación del semen en la cría de aves de corral, para la selección de machos

reproductores o para monitorear su desempeño reproductivo son bien conocidos (Cheng *et al.*, 2002).

Moya (2003), demostró que, para tener un índice confiable y práctico de discriminación espermática se requiere, conjugar los cinco indicadores evaluables en la práctica del laboratorio (color, volumen, motilidad, concentración y anomalías espermáticas), para obtener con ellos la concentración espermática viable (CEV) que permite en su conjunto estimar la calidad espermática de los reproductores.

El porcentaje de movilidad progresiva, la concentración y anormalidades de los espermatozoides son usados para evaluar la fertilidad del gallo (Maeda, 2002). En relación con lo anterior Bramwell (2002), afirma que, por arriba de 75% de movilidad progresiva, disminuyen los problemas de baja fertilidad en la parvada. Por su parte Juárez y Conejo (2004), indican que el volumen espermático, así como la motilidad y la concentración espermática varían de un gallo a otro, inclusive, que un mismo gallo puede variar de un muestreo a otro.

Datos similares reportados por Parker y McDaniel, (2004), indican que existe una relación muy estrecha entre la concentración espermática/ml, concentración total de espermatozoides y movilidad progresiva. Estas variables determinan la fertilidad del gallo, siendo la movilidad progresiva una característica determinante, para que los espermatozoides lleguen al sitio de la fertilización.

Un hecho bien conocido en la reproducción avícola es que, el semen colectado de un gallo puede ser usado para inseminar de 20 a 30 gallinas, contra un gallo para 8 a 10 gallinas en esquemas de monta natural (Islam *et al.*, 2002). Aunque la inseminación artificial de aves es más usada con fines de investigación, excepto en pavos doble pechuga en las que su uso es indispensable para la reproducción.

Cuadro 1. Parámetros espermáticos en gallos Plymouth Rock Barred y Rhode Island Red

Autor	Volumen eyaculado	Motilidad Espermática	Concentración Espermática	Anormalidades Espermáticas	Viabilidad
(Cuicas y Reyes, 2003)	0.7 ml	86.7%	7.3×10^9	10.9%	96%
(Valdés, 2006)	0.5 ml	88.3%	1.8×10^9	-	-
(López y Juárez, 2007)	0.6 ml en jóvenes y 0.37ml en viejos	89.8% en jóvenes y 84% en viejos	4.3×10^9 en jóvenes y 4.0×10^9 en viejos	11.5% en jóvenes y 10% en viejos	89% en jóvenes y 84% en viejos
(Ortiz <i>et al.</i> , 2009)	0.4 ml	84%	1.2×10^9	18.2%	-
(Hernández <i>et al.</i> , 2005)	0.2 ml	71.2%	1.9×10^9	-	90%
(Juárez y Conejo, 2004)	1 ml	87%	7.3×10^9	11%	96%

1.4 Anormalidades espermáticas

Los espermatozoide de las gallináceas tienen núcleos filiformes ($0.5 \times 12.5 \mu\text{m}$), reducido tamaño del acrosoma (diámetro $0.5 \mu\text{m}$; longitud $2.5 \mu\text{m}$), una estructura simplificada de la pieza intermedia y del flagelo (con una longitud de 4 a $5 \mu\text{m}$) con un promedio de 30 mitocondrias, al igual que un flagelo de gran longitud ($90 \mu\text{m}$), como se indica en la Figura. 2 (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

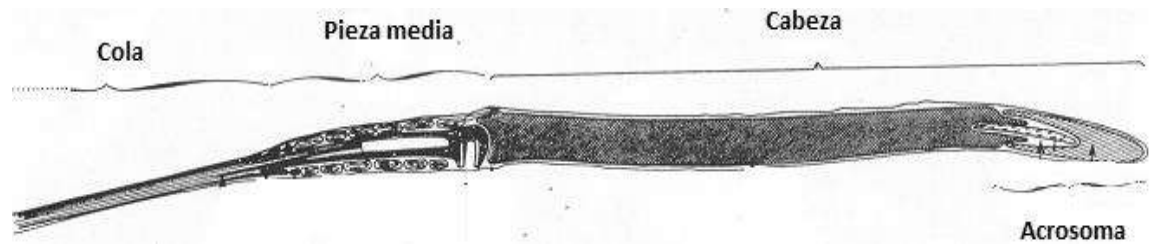


Figura 2. Morfología del espermatozoide de gallo. (Tomado de Sauveur y Reviers, 1992).

De acuerdo con Alkan *et al.* (2002), las anomalías espermáticas de las aves domésticas se clasifican en cuatro grupos:

1. Anormalidades del acrosoma.- El acrosoma es un saco membranoso de doble capa ubicado sobre el núcleo, forma parte de la cabeza del espermatozoide y que se establece durante las últimas etapas de formación del espermatozoide, esta estructura con forma de casquete, participa en el proceso de fecundación, siendo esta estructura la que se fusiona con la membrana del oocisto (Hafez y Hafez, 2002). En esta clasificación de anomalías aparece el desprendimiento del acrosoma, la hinchazón del acrosoma y acrosoma en forma de coma, (Figura 3) (Alkan *et al.*, 2002).



Figura 3. Anormalidades del acrosoma del espermatozoide del gallo. (Tomada de Alkan *et al.*, 2002) a) desprendimiento del acrosoma, b) hinchazón del acrosoma, c) forma de coma

2. Anormalidades de la cabeza.- La cabeza es el núcleo del espermatozoide, que contiene el ADN y proteínas básicas (Hafez y Hafez, 2002). Siendo cabeza anudada, cabeza pequeña o grande, cabeza doblada, cabeza hinchada o con nudos y cabezas desprendidas las anormalidades indicadas por Alkan *et al.* (2002), (Figura 4).

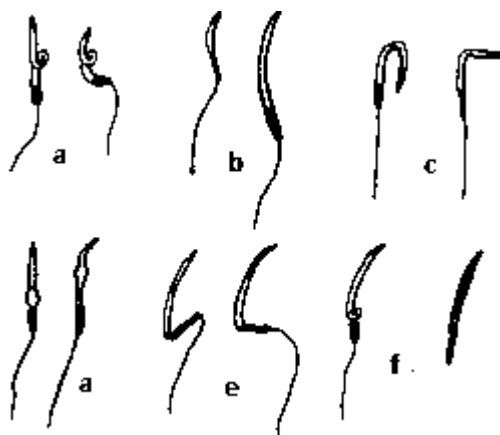


Figura 4. Anormalidades de la cabeza del espermatozoide del gallo. (Tomada de Alkan *et al.*, 2002) a) cabeza anudada, b) cabeza pequeña o grande, c) cabeza doblada a 90° o 180°, d) cabeza hinchada, e) cabeza con nudos ,f) cabeza desprendida

3. Anormalidades de la pieza media.- la pieza media es clasificada como el cuello del espermatozoide y donde están situadas las mitocondrias (Hafez y Hafez, 2002). Siendo la inflamación, la flexión, desprendimiento parcial o total y engrosamiento de la pieza media del espermatozoide las anormalidades más comunes de esta estructura espermática (Alkan *et al.*, 2002), (Figura 5).

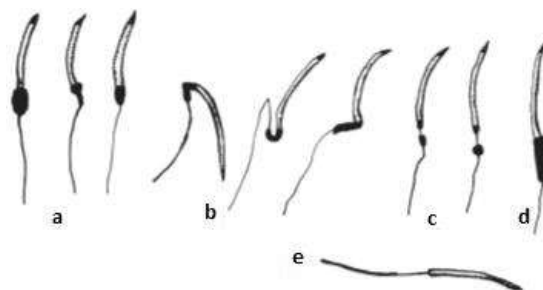


Figura 5. Anormalidades de la pieza media del espermatozoide del gallo. (Tomada de Alkan *et al.*, 2002) a) Inflamación del cuello, b) Flexión de la pieza media, C) Desprendimiento parcial de la pieza media, d) Engrosamiento de la pieza media, e) Desprendimiento de piezas

4. Anormalidades de la cola.- La cola espermática está formada por el cuello y los segmentos medios y caudales del espermatozoide, siendo la responsable del movimiento (Hafez y Hafez, 2002). El desprendimiento de la cola, colas dobladas, enrolladas y con nudos son los defectos indicados para esta clasificación (Figura 6) (Alkan *et al.*, 2002)

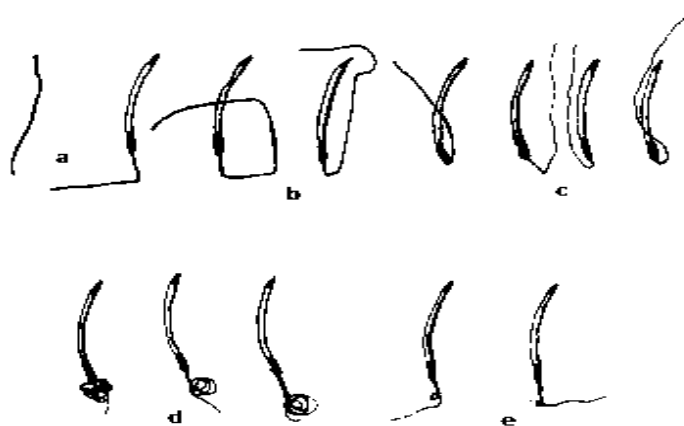


Figura 6. Anormalidades de la cola del espermatozoide del gallo. (Tomada de Alkan *et al.*, 2002) a) Desprendimiento de la cola, b) colas doblas a 90°, c) colas dobladas a 180°, d) Cola enrollada, e) Cola anudada.

2 JUSTIFICACIÓN

Se ha observado que al cruzar gallinas jóvenes con gallos jóvenes se obtienen elevados niveles de fertilidad, igual que cuando se cruzan gallos jóvenes con gallinas viejas, contrario a la baja fertilidad que se presenta cuando se cruzan gallinas viejas con gallos viejos o gallinas jóvenes con gallos viejos (López *et al.*, 2007), por lo que, quizá el responsable de la baja fertilidad sea el gallo.

De acuerdo con Gumulka y Kapkowska (2005), la edad tiene efectos adversos sobre el éxito reproductivo de las aves. Sin embargo, los factores que influyen en la disminución de la fertilidad, relacionados con la edad en la reproducción aviar son aún poco conocidos.

La avicultura comercial reporta bajos niveles de fertilidad en parvadas con más de 45 semanas de edad. Sin embargo, se desconoce la causa principal de la baja fertilidad y edad exacta en la que baja la calidad del semen del gallo, así como los indicadores espermáticos que más se afecten con la edad.

El estudio de estas variables resulta de interés para granjas de reproductoras e incubadoras especializadas en la producción de pollos para engorda, gallinas de postura y aves de combate, así como para escuelas de veterinaria y agropecuarias, quienes son los beneficiarios de este tipo de estudio. Además la fertilidad es uno de los aspectos más importantes en la producción avícola comercial (Celeghini *et al.*, 2001).

La práctica zootécnica que realizan en la parvada reproductora conocida como Spiking (sustitución de gallos viejos por jóvenes) no ha podido resolver el problema de baja fertilidad en su totalidad, por lo que resulta necesario vigilar frecuentemente el peso vivo de los gallos y realizar la evaluación espermática a diferentes edades, con la intención de contribuir en el despeje de esta incógnita (Bilcik *et al.*, 2006; Haghbin y Fallah-Khair, 2011).

3 HIPÓTESIS

Con base a los antecedentes ya señalados, en los que destaca la importancia de la evaluación espermática, es factible que la edad del gallo afecte la fertilidad, por lo que, a medida que aumenta la edad del gallo disminuye la calidad del semen.

4 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la edad del gallo sobre la calidad del semen

4.1 Objetivos particulares

- ❖ Analizar la calidad de los diferentes indicadores del semen a medida que avanza la edad del gallo.
- ❖ Identificar los principales indicadores espermáticos que más se afectan con la edad de los gallos.
- ❖ Determinar la edad del gallo en la que declinan marcadamente los indicadores espermáticos.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

El presente trabajo se inició en diciembre de 2011 y concluyó en enero 2013, en las instalaciones del sector avícola y de la Unidad de Servicios Integrales en Reproducción Animal (USIRA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), que se localiza en el kilómetro 9.5 carretera Morelia- Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Michoacán.

El municipio de Tarímbaro se localiza al norte del estado, entre las coordenadas 19°48' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste, a una altura de 1,860 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2011). Limita al norte con Copándaro y Cuitzeo, al este con Álvaro Obregón, al sur con Morelia y Charo, y al oeste con Chucándiro. Su distancia a la capital del estado es de 12 kilómetros. Su superficie es de 258.57 km² y representa el 0.43% del total del Estado. Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 609.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 2.5 a 25.1 °C (Enciclopedia, 2010).

5.2 Animales

Para el trabajo experimental se usaron 12 gallos Rhode Island Red de 6 meses de edad, clínicamente sanos, inmunizados contra enfermedad de Newcastle, tifoidea y cólera aviar, los cuales se tomaron de la parvada que mantiene el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales en las instalaciones del sector avícola de la Posta Zootécnica, de la FMVZ de la UMSNH.

5.3 Alojamiento y alimentación

Los gallos se alojaron en jaulas individuales tipo batería con dimensiones 40X40X45 cm (largo, ancho y alto respectivamente), el alimento proporcionado fue de tipo comercial especial para gallinas en postura, con los siguientes valores nutricionales: 16% de proteína, 2860kcal de EM/kg de alimento, 3.5% de calcio y

0.45% de fósforo disponible, tal como lo recomiendan Ávila, (1997) y Firas *et al.* (2009). Tanto el agua como el alimento se ofrecieron a voluntad.

5.4 Condiciones ambientales de la caseta

Durante el periodo experimental se ofreció un calendario de iluminación de 16 horas luz, temperatura promedio de 24.5 °C y humedad relativa de 65%, estas mediciones se hicieron con un termómetro-higrómetro de reloj, una vez por mes. Según Bilcik *et al.* (2006) y Liu *et al.* (2008), estas condiciones climáticas proporcionan un estado de confort en las aves. Los gallos estuvieron en reposo reproductivo, debido a que se les realizó una evaluación espermática por mes durante el periodo experimental de 13 meses. Las mediciones se iniciaron cuando los gallos tenían seis meses y se concluyó al cumplir un año siete meses de edad, debido a que el muestreo número nueve correspondiente al mes 14 de edad de los gallos, no se realizó por motivos administrativos.

5.5 Entrenamiento de los gallos para la colección de semen

Se utilizaron 15 gallos los cuales fueron sometidos a un proceso de entrenamiento, mismo que consistió en adaptarlos al manejo por parte del operador que realizó la colecta. La técnica consistió en realizar un masaje dorso-abdominal con la intención de identificar cuales respondían al estímulo eyaculatorio o para seleccionarlos y cuáles no para discriminarlos, esta actividad se realizó 3 veces por semana durante 3 semanas continuas, los tres gallos que no respondieron al estímulo fueron descartados, como lo recomiendan Sauveur y Reviers (1992) y Rose, (1997).

Al grupo de 12 gallos que respondió al estímulo se les realizó el desplume en la zona del abdomen y alrededor de la cloaca, con la intención de facilitar la recolección del semen y evitar su contaminación, posteriormente los gallos fueron pesados e identificados con una placa metálica enumerada progresivamente, colocada en el pliegue del ala, para su registro individual, según lo indicado por Etches (1998).

5.6 Técnica de colección de semen

Los métodos aplicados para estimular la eyaculación son similares en todas las especies de aves domésticas. Se masajea suavemente el dorso del gallo, aplicando ligera presión con los dedos alrededor de la base de la cola. El falo aparece pronto erecto en el interior de la cloaca. Entonces se realiza una presión suave y persistente alrededor de la cloaca del gallo, provocando que el falo sobresalga y entonces el semen es liberado del conducto deferente de forma casi inmediata, para ser recolectado en tubos de ensayo de boca ancha (Burrows y Quinn 1937), o bien en tubos de plástico graduados, de 3cm de diámetro por 5cm de altura, con fondo cóncavo (Moya *et al.*, 1998), evitando la contaminación con heces o sangre (Segura *et al.*, 1995).

5.7 Colección y evaluación de semen fresco

El semen se obtuvo individualmente de cada gallo, mediante el método de masaje dorso abdominal no invasivo, como lo indican Burrows y Quinn (1937); Etches (1998), la recolección del semen se realizó dentro de la caseta del sector de aves, de ahí fue llevado inmediatamente al laboratorio (USIRA) con un tiempo promedio de 40 segundos entre colecta y traslado al laboratorio, posteriormente fue evaluado según el procedimiento de clasificación espermática descrito por Moya (2003), las variables espermáticas bajo control fueron:

1. Volumen eyaculado
2. Motilidad progresiva
3. Concentración total espermática
4. Viabilidad
5. Porcentaje de anomalías

Adicionalmente también se tuvieron bajo control las variables ambientales, peso vivo y edad de los gallos.

5.7.1 Volumen de eyaculado (VOL, ml)

El volumen espermático se midió en ml de acuerdo con la graduación del tubo recolector, como lo sugieren Hernández *et al.* (2005). El eyaculado fue evaluado macroscópicamente para descartar semen contaminado con heces y/o sangre. Durante el periodo de muestreo no se descartó ningún eyaculado por contaminación, debido a que los gallos fueron dietados desde la tarde del día anterior a la recolección, para garantizar vaciamiento de los intestinos.

5.7.2 Motilidad progresiva (MP, en escala de 0 a 100)

Se determinó inmediatamente después de la colecta del semen, se evaluó de forma individual y para ello se utilizó una pipeta de Pasteur y un microscopio compuesto con objetivos de 10x y 40x. Con la pipeta de Pasteur se tomó una gota de semen sin diluir, después se colocó entre un porta y un cubre objetos, se observó en microscopio con objetivos de 10X y 40X se determinó el porcentaje de los espermatozoides con movimiento progresivo o de avance en el mismo sentido de acuerdo a la percepción visual del técnico y se midió en porcentaje (Conejo, 1991; Hernández *et al.*, 2005).

5.7.3 Concentración espermática total (CONT, en millones de espermatozoides por eyaculado)

Se determinó con una cámara de Neubauer, para ello se realizó una dilución de una parte de semen por dos de agua, posteriormente con una pipeta de toma se recolecta la dilución y se coloca una gota en la cuadrícula de la cámara de Neubauer, se observa con el objetivo de 40x y se inicia el conteo en los cuatro cuadrantes, el resultado de este conteo resulta en N° promedio. Para obtener la concentración total de espermatozoides se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula para calcular la concentración espermática según Siudzińska y Lukaszewicz (2008): Concentración total de espermatozoides vivos= (N° Promedio) (10,000) (1000) (volumen eyaculado) (movilidad progresiva);

Dónde:

(10,000) y (1000) son valores constantes

La concentración espermática es un indicador importante para la fertilidad, una vez que se conoce en número de espermatozoides totales en el eyaculado, se determina la dosis para inseminar artificialmente y ofrecer un margen de seguridad para la fertilidad del huevo (Sauveur y Reviers, 1992; Rose, 1997).

5.7.4 Viabilidad (VIA, %) y anormalidades espermáticas (FAN, %)

Se obtuvieron mediante un frotis, para ello se colocó una gota de semen sobre un portaobjetos, se mezcló con una gota de la tinción eosina-nigrosina y se realizó la extensión sobre porta objetos, dejándola secar durante 10 minutos. Posteriormente la muestra fue observada con el objetivo de 40X y se contaron 200 espermatozoides al azar en forma lineal, de los cuales se observaron y contaron los espermatozoides vivos (se muestran transparentes, no absorben tinción), muertos (absorben y se tiñen con el colorante) y los que presentaban algún grado de anormalidad, obteniendo así el porcentaje de viabilidad y anormalidades (Conejo, 1991; Hernández *et al.*, 2005; Tabatabaei *et al.*, 2009).

5.7.5 Peso vivo del gallo (PV, kg)

Se realizó con una báscula digital con capacidad de 40kg con una precisión de 5 g, después de realizar la colecta de los gallos.

5.7.6 Análisis de la información

Los resultados se procesaron con el paquete estadístico Statistic 8 mediante modelos de regresión, donde se eligió el mejor modelo para cada variable, los resultados fueron condensados en gráficas para apreciar el comportamiento de las variables, conforme avanzó la edad del gallo y la tendencia de los valores y, así probar si existe o no efecto de la edad de los gallos sobre la calidad del semen.

Para el caso de la variable anormalidad espermática, se elaboró una tabla de frecuencias, para identificar los diferentes tipos de anormalidades más frecuentes, en los diferentes meses de edad y de muestreo.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generados en la presente investigación sugieren que el volumen de eyaculado, la motilidad progresiva, la concentración espermática total, el porcentaje de anormalidades espermáticas, la frecuencia de anormalidades cefálicas y caudales, son los indicadores con efecto significativo ($P < 0.05$) de la edad de los gallos, en tanto que la viabilidad no mostró efectos de la edad de los gallos ($P > 0.05$).

Dichos resultados parecen confirmar la hipótesis de trabajo anteriormente planteada, en el sentido de que era factible que la edad del gallo afecte la fertilidad, es decir que, a medida que aumenta la edad de los gallos disminuye la calidad del semen. Sin embargo no todos los indicadores espermáticos se vieron afectados, ni a la misma edad, como se muestran en las Figuras 7, 8, 9, 11.

6.1 Volumen de eyaculado

El volumen de eyaculado disminuyó significativamente ($P = 0.0257$) conforme se incrementó la edad de los gallos, ambas variables (edad y volumen de eyaculado) muestran una asociación negativa del 18% ($r = -0.1866$), aunque se observa variabilidad entre gallos y edad de muestreo, como se observa en la Figura 8. Esta variabilidad quizá se deba a la hipersensibilidad del gallo por efecto de la pelecha al momento de recolectar el semen y la habilidad del técnico que realiza la recolección. Además existen factores conductuales propios de cada ejemplar, que se reflejan en la calidad de los eyaculados (Ferrante *et al.*, 2001), y la frecuencia con la que se recolecta el semen (Noirault y Brillard, 1999).

En relación con lo anterior Cuicas y Reyes (2003), refieren volúmenes de eyaculados superiores en gallos de la misma raza, esto quizá se deba a que ellos

utilizaron gallos de 7 meses de edad, a diferencia de los gallos utilizados en el presente estudio, en el que los ejemplares utilizados llegaron hasta los 18 meses de edad de muestreo. Al respecto Bilcik *et al.* (2005), observaron que gallos comerciales de la estirpe pesada mantienen una tendencia a decrecer en volumen de eyaculado a medida que ganan edad los gallos.

En relación con lo anterior, Crespo y Shivaprasad (2010), observaron que en las parvadas reproductoras para producir pollos de engorda, la fertilidad del huevo disminuye por la atrofia testicular que presentan los gallos viejos, dichos autores sostienen que el volumen testicular cambia de 30 g en gallos jóvenes, de 26 a 28 semanas de edad, a 10 g en gallos viejos, aunque no especifican edad.

Sin embargo, se reportan volúmenes de eyaculado distintos a los observados al presente estudio, atribuibles a las diferencias raciales de gallos comerciales utilizadas. Según Hafez y Hafez (2002) y Ricaurte (2006), la estirpe, el estado fisiológico y las condiciones de recogida del semen son causa de variabilidad en el volumen de eyaculado.

Tuncer *et al.* (2006) y Iaffaldano *et al.* (2007), indican variación en volumen de eyaculado en las distintas razas de gallos comerciales, con marcada tendencia a disminuir. Lo que se puede atribuir a que, a mayor edad menor tamaño de los testículos y por consiguiente menor volumen de eyaculado, tal como lo indican Sauveur y Reviers (1992); Rose (1997); Crespo y Shivaprasad (2010).

Por su parte Valdés (2006), al evaluar gallos de 36 semanas de edad, obtuvo en promedio 0.5 ml de semen, valor que coinciden con los resultados observados en el presente trabajo. Igualmente coinciden con los hallazgos de López (2007), al evaluar gallos semipesados de dos razas distintas de entre 25 y 45 semanas de edad, aunque observó diferencias en el volumen de eyaculado, lo que atribuye a la edad y la raza del gallo.

Abd El Ghany *et al.* (2011) y Modupe *et al.* (2012), notifican valores similares a los calculados en el presente estudio, con promedio de 0.55ml por eyaculado, también con variación en el volumen entre gallos, atribuye al estrés provocado por

los cambios de clima, aumento de peso corporal y aumento en la edad, como los factores que lo afectan (Udeh *et al.*, 2011; Makhafola *et al.*, 2012). De acuerdo con Gebriel *et al.* (2009), existe una estrecha relación entre el peso del gallo y el volumen de eyaculado, siendo ésta otra de las posibles explicaciones de la variabilidad y disminución del volumen de eyaculado entre gallo y durante el periodo.

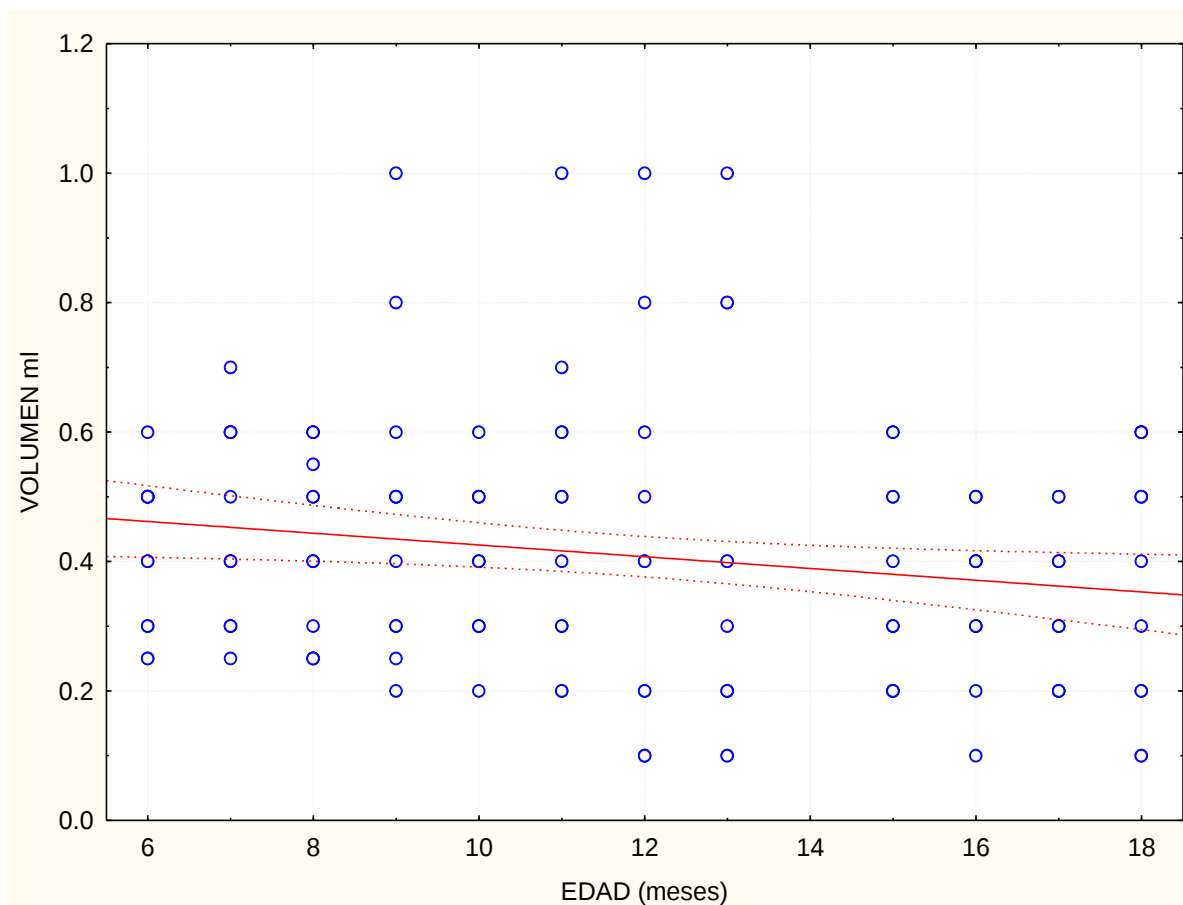


Figura 7. Representación gráfica del volumen de eyaculado con respecto a la edad del gallo.

6.2 Motilidad progresiva

La motilidad espermática disminuyó significativamente ($P= 0.0027$) a medida que aumentó la edad de los gallos, tanto la edad como la motilidad se encuentran correlacionadas negativamente en 24% ($r= -0.2474$), como se muestra en la Figura 8.

Esta disminución en la motilidad espermática parece estar asociada tanto con el volumen de eyaculado como con la edad, así lo señalan Mauldin (2000); Parker y McDaniel (2004) y Iaffaldano *et al.* (2007).

En relación con la variación que se observa en la medición de la motilidad a lo largo del periodo (de seis a 18 meses de edad), debe destacarse que la motilidad espermática es una medición que se realiza visualmente por parte del personal técnico del laboratorio, por lo que puede ser altamente subjetiva. Sin embargo, los valores estadísticos de este indicador sugieren que se encuentra dentro del rango que mencionan North y Bell (1993).

Al respecto, Tuncer *et al.* (2006) y Selvan (2007), encontraron tendencias similares a las del presente estudio, 55 a 75% de motilidad espermática en gallos Denizli de 11 a 13 meses de edad, con decremento manifiesto conforme se incrementó la edad. Parker y Mc Daniel, (2004) sostienen que, la edad del gallo es el principal factor que afecta la motilidad progresiva del espermatozoide, además, que existe una relación estrecha entre volumen de eyaculado con la motilidad.

Los resultados del presente estudio también coinciden con los hallazgos de López (2007), en gallos semipesados de 28 y 45 semanas de edad, igual que con lo encontrado por Long *et al.* (2010), en gallos comerciales, en sus resultados estos investigadores informan que, la mayor movilidad espermática se encontró en gallos de seis meses de edad y que esta disminuyó en gallos de 12 meses, como se observó en esta investigación, es posible que dicha similitud se deba a que los gallos utilizados sean de similar composición genética.

Tabatabaei *et al.* (2010), concluyen que la motilidad progresiva desciende hasta un 10% en un periodo de muestreo de 20 semanas de edad. Similar tendencia observaron Froman *et al.* (2002) y Modupe *et al.* (2012), quienes refieren una motilidad progresiva, permanentemente a la baja a medida que avanza la edad en gallos comerciales de estirpes pesadas. Según Rose (1997), los gallos alcanzan el pico de calidad espermática a las 26 semanas de edad, por lo que es posible que, en adelante, la mayoría de los indicadores espermáticos tiendan a descender, entre

ellos la motilidad, como ha quedado demostrado en este y en otros trabajos similares.

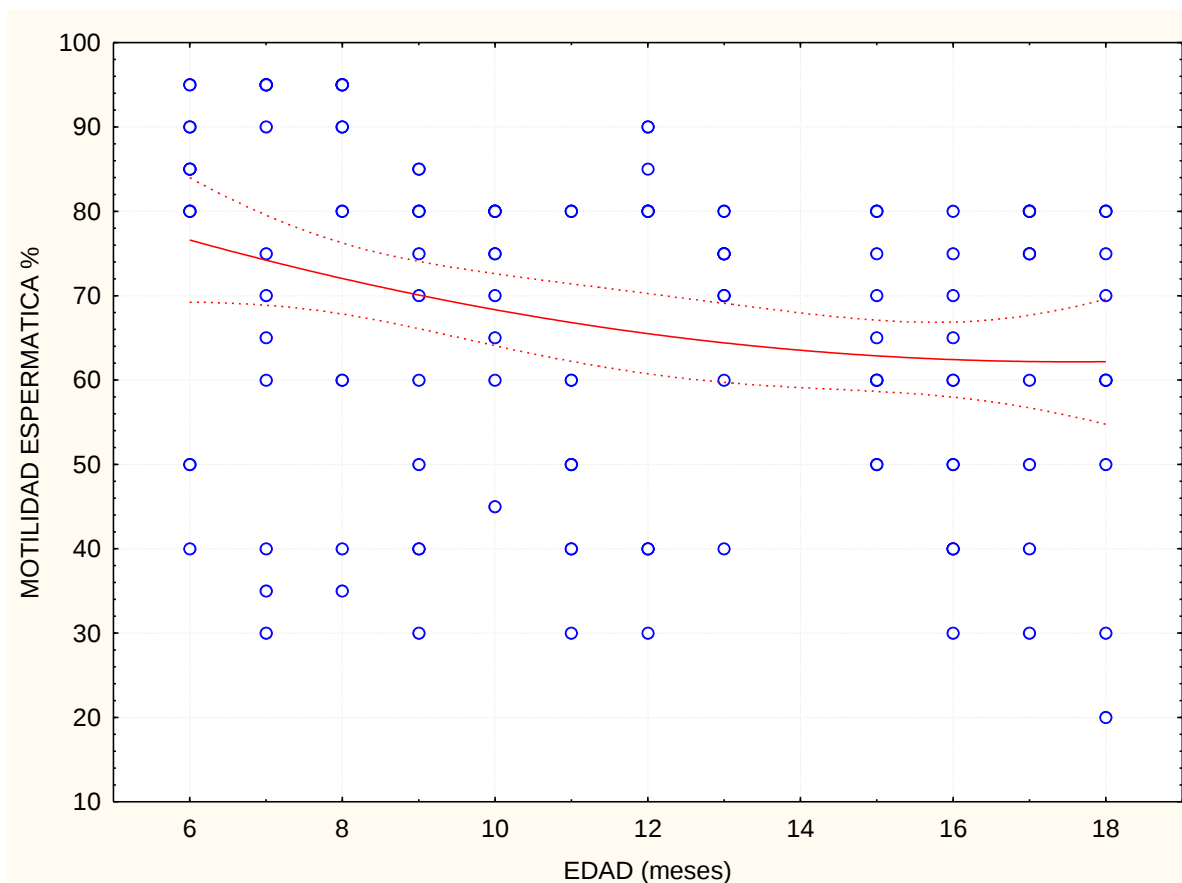


Figura 8. Dispersión gráfica del porcentaje de motilidad espermática en relación a la edad de los gallos.

6.3 Concentración espermática total

La concentración espermática total se refiere a los millones de espermatozoides por eyaculado, valor que tiende a disminuir significativamente ($P=0.0000$), conforme ganaron edad los gallos, tanto la ED como la CONT, se asocian negativamente en 41% ($r = -0.4117$), como se aprecia en la Figura 9. En párrafos anteriores ya se había argumentado que, el tamaño testicular es de 30 g en gallos jóvenes (26 a 28 semanas de edad) y que dicha masa desciende hasta a 10g en gallos viejos (Crespo y Shivaprasad, 2010), por lo que, tal vez a esto se deba la merma espermática por eyaculado. Sauveur y Reviers, (1992); Rose, (1997) y

Ricaurte, (2006) sostienen argumento similar, relacionado con la atrofia testicular en gallos viejos.

Además, la concentración espermática total, según Bah *et al.* (2001), puede variar por efecto de la época del año, Kim y Yang (2001), argumentan que edad del gallo, la raza y la época del año son factores que, solos o en combinación actúan sobre la conducta reproductiva del gallo para mermar los eyaculados en millones de espermatozoides.

Los valores obtenidos en la presente investigación (3,000 – 1,500 millones de espermatozoides) difieren de los datos de otros autores, por ejemplo, Tuncer *et al.* (2006) obtuvieron una concentración espermática de 2,380 millones de espermatozoides/ml en gallos Denizli de 11 y 13 meses de edad, aunque con tendencia a decrecer con la edad. Melero y Jiménez (1990) trabajaron con gallos tipo Broiler los cuales promediaron 5,000 millones/ml y con gallos de estirpe ligera como los Leghorn, cuya concentración espermática fue de 3,347 millones/ml por lo que dichos autores concluyen que la variabilidad en la concentración espermática se debe a la raza.

En relación con este mismo indicador espermático, Valdés (2006) encontró un promedio de 2,467 millones de espermatozoides por eyaculado, valor similar al obtenido en el presente estudio con marcada tendencia a decrecer con la edad, cuya mayor depresión se observó a los 14 meses de edad de los gallos. De igual manera los hallazgos de Cuicas y Reyes (2003); McDaniel *et al.* (2004); Parker y McDaniel (2006), López (2007); Siudzińska y Lukaszewicz (2008), coinciden con lo encontrado en este estudio: los gallos evaluados a temprana edad presentan mejor concentración espermática que los gallos de mayor edad. Al menos los gallos trabajados por Cuicas y Reyes (2003) y López (2007) son de similar estirpe a los del presente estudio, por lo que quizá a eso se deba la coincidencia en valores, como lo menciona Long *et al.* (2010).

Una evidencia más sobre el efecto de la edad en la concentración espermática se encuentra en el trabajo de Long *et al.* (2010), quienes indican que los gallos

jóvenes promediaron 8,000 millones de espermatozoides/ml a los seis meses, en tanto que a los 12 meses el promedio fue de 5,000, lo que representa una disminución de 3,000 millones y, consecuentemente merma en la fertilidad en gallos. Estos valores de concentración espermática resultan superiores a los del presente estudio, sin embargo, al final muestran la misma tendencia, quizá la diferencia esté relacionada con las estirpes de gallos utilizados en uno y otro estudio: ligera en el trabajo de Long *et al.* (2010) y semi-pesada en esta investigación.

Dos antecedentes más que sostienen que, la edad afecta la calidad espermática, concretamente la concentración de espermatozoide, como se evidencia en los trabajos de Tabatabaei *et al.* (2010) y Modupe *et al.* (2012), ellos observaron también que el valor de este indicador decrece conforme el gallo avanza en edad: 3,410 millones de espermatozoides/ml a las 26 semanas, 3,280 millones a las 34 y 2,170 millones de espermatozoides/ml al cumplir 45 semanas de edad en gallos indígenas.

Quizá, de los indicadores espermáticos evaluados, precisamente la concentración espermática total (millones de espermatozoides por eyaculado) como la concentración espermática por unidad de eyaculado (millones de espermatozoides por ml de eyaculado), resulte ser la más afectada por la edad del gallo, como quedó demostrado con varios antecedentes al respecto, como se señaló también párrafos arriba que, en los gallos viejos es frecuente la atrofia testicular, lo que afecta el volumen y consecuentemente la fertilidad del huevo en las plantas incubadoras. En este trabajo, la más baja concentración se presentó a los 14 meses de edad del gallo.

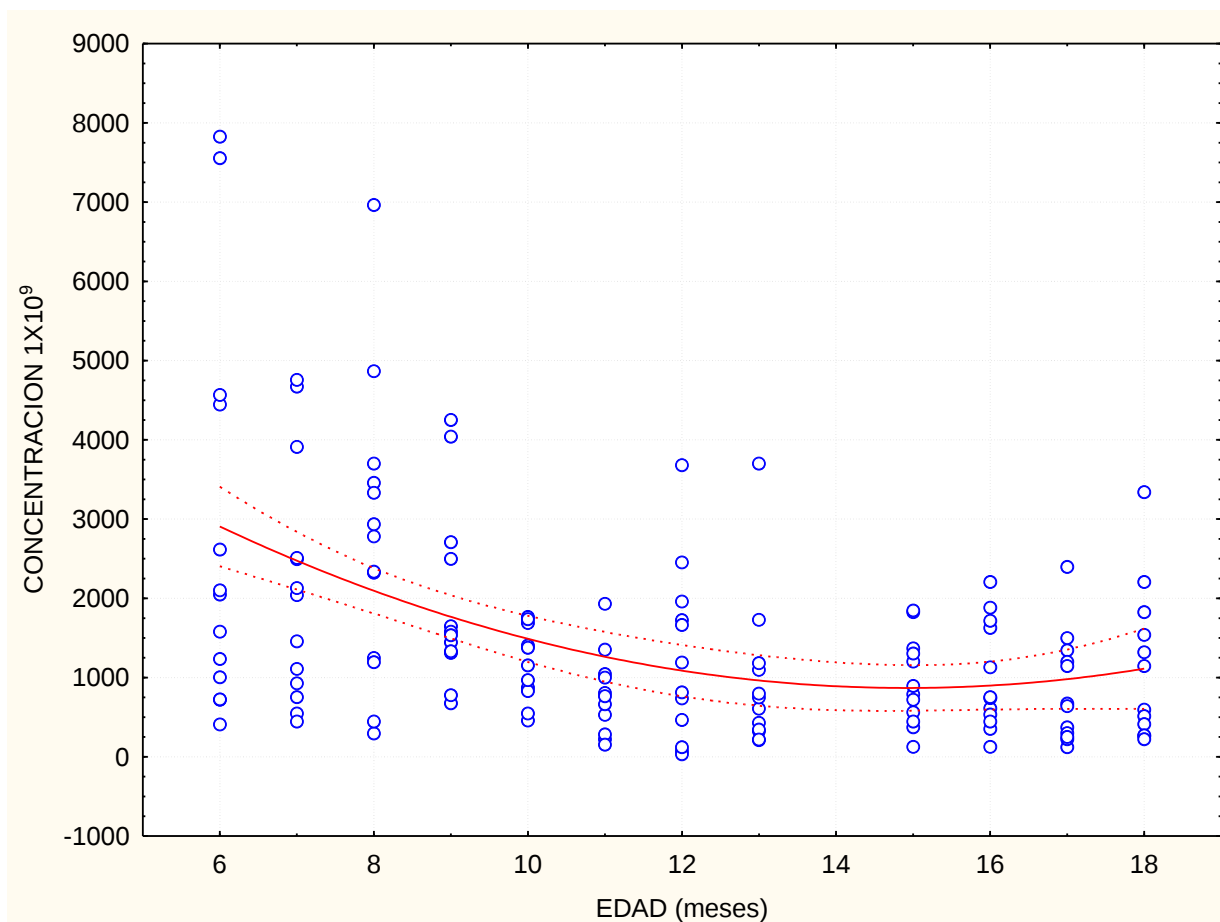


Figura 9. Expresión gráfica de la concentración espermática en gallos, según la edad.

6.4 Viabilidad espermática

La viabilidad espermática y la edad de los gallos presentan una correlación negativa baja de 6% ($r = -0.0615$), lo que significaría que, conforme aumenta la edad de los gallos disminuye la viabilidad espermática, sin embargo, dicha asociación no es significativa ($P = 0.4622$), por lo que prácticamente se mantuvo igual durante el periodo de muestreo, como muestra en la Figura 10, lo que si se aprecia es una alta variabilidad en las mediciones, como ha ocurrido en el resto de las determinaciones.

Párrafos anteriores ya se indicó que, el volumen espermático disminuye significativamente por efecto de la edad, que la motilidad progresiva también se afecta conforme el gallo se hace viejo, e igualmente, que la concentración total de espermatozoides se ve mermada en gallos viejos, en cambio la viabilidad parece no

ser sensible al envejecimiento del gallo, Sin embargo, la disminución de los espermatozoides normales, el aumento de las formas anormales (como se verá más adelante), la pérdida de motilidad progresiva y la reducción de la utilidad del esperma deterioran progresivamente la calidad del semen, a medida que aumenta la edad del gallo. Por lo que quizá, la permanente viabilidad del semen se deba a que, los que continúan viables conservan la capacidad de fecundante.

Quizá también, la viabilidad espermática aparentemente insensible a la edad, observada en este estudio, se deba a la técnica utilizada para determinar viabilidad, la cual se basa en el conteo de espermatozoides no teñidos con eosina-nigrosina, sin descartar los que presenten algún grado de anormalidad pero que están vivos, ya que son contados al azar, lo que puede elevar el porcentaje de este indicador espermático. Aunque, investigadores como Birkhead y Fletcher (1995); Froman *et al.* (1999); Froman y Feltman (2000) y Denk *et al.* (2005); refieren que la viabilidad en gallos semi-pesados se mantiene alta en toda su etapa reproductiva.

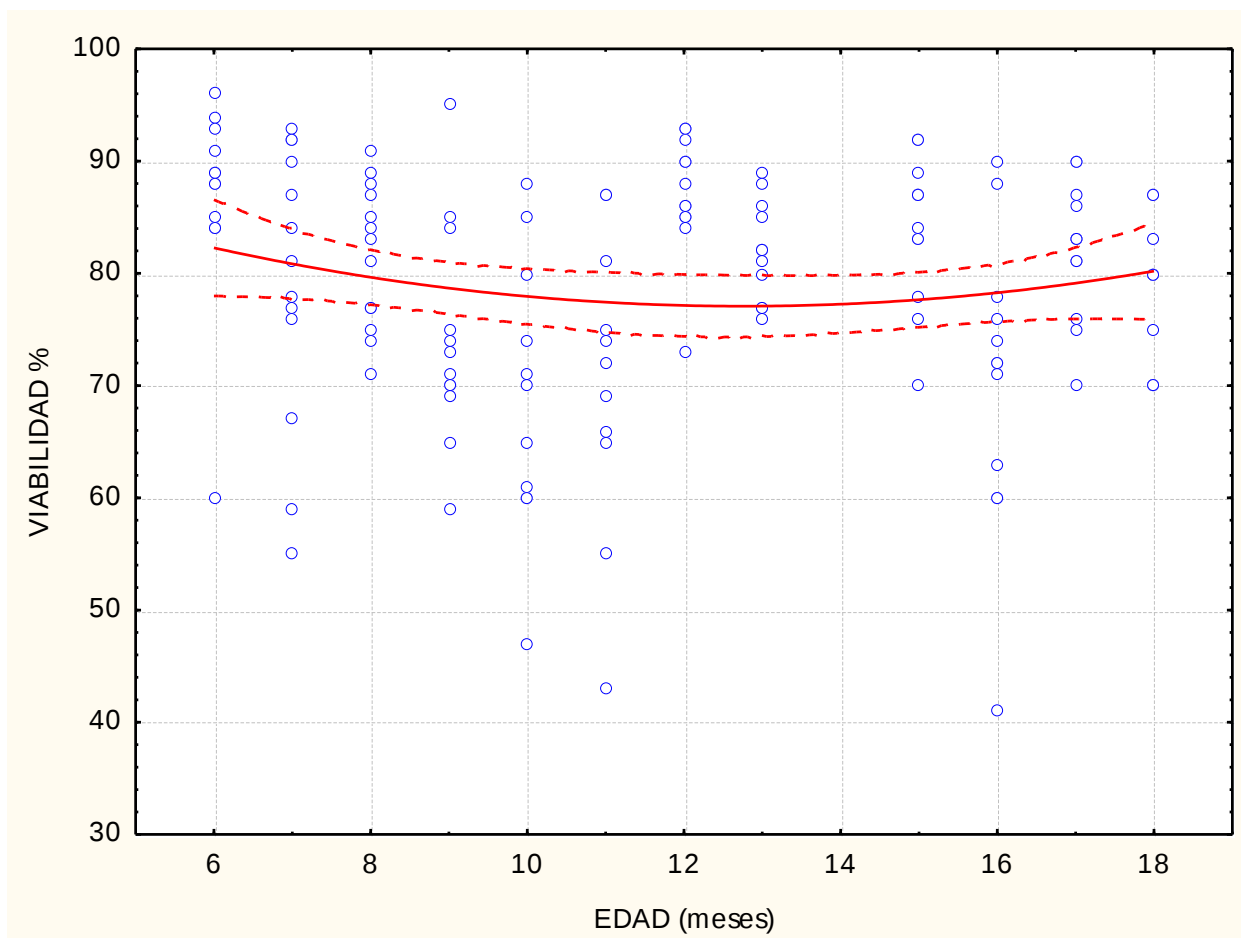


Figura 10. Expresión gráfica de la viabilidad espermática con respecto a la edad de los gallos.

6.5 Anormalidades espermáticas

El porcentaje de anormalidades incrementó significativamente ($P= 0.0004$) conforme avanzó la edad de los gallos; ambos indicadores espermáticos mostraron una correlación positiva de 29% ($r= 0.2913$), con alta variabilidad entre gallo y muestreo, como se observa en la Figura 11. La frecuencia de anormalidades del presente estudio son similares a los calculados por Cortes, (2009) y Ortiz *et al.* (2009), quienes concluyen que la frecuencia de anormalidades espermáticas incrementa con la edad del gallo aunque pueden participar varios factores. Según Ajayi *et al.* (2011) y Tabatabaei *et al.* (2011); gallos con $\leq$ al 10% de anormalidades son considerados excelentes reproductores.

La época de pelecha o muda puede ser un factor que predispone a las anomalías espermáticas, se trata de fenómeno natural que consiste en el cambio de plumas viejas por plumas nuevas, para proteger al ave del clima, primero cambian las plumas de la cabeza, luego las del cuello y así sucesivamente durante dos o tres meses, hasta terminar de mudar completamente (Tuncer *et al.*, 2006). Durante el periodo de muda el animal experimenta una serie de cambios fisiológicos, uno de ellos es la hipersensibilidad manifiesta, el animal se resiste a la manipulación, aun así se le practicó el masaje eyaculatorio durante los dos meses en que se presentó la muda (julio y agosto), periodo durante el cual se incrementó la frecuencia de anomalías espermáticas a más de 20%.

En relación con lo anterior, Iaffaldano *et al* (2007) mencionan que, las anomalías espermáticas están relacionadas con la estación calurosa del año, la temperatura afecta la espermatogénesis, principalmente en las aves por la ubicación interna de los testículos, el fotoperiodo, la edad y la raza del gallo. Además de la frecuencia de la colecta y los daños técnicos que se puedan causar durante el manejo en el laboratorio durante el procesamiento de las muestras.

De acuerdo con Donoghue (2000), los defectos morfológicos de los espermatozoides tienen un efecto importante sobre la fertilidad, por lo que este criterio de evaluación puede ser considerado como uno de los de mayor importancia en la calidad del semen. Según Garner (1991), el semen de gallo debe tener 90% de espermatozoides normales para poder ser usado en la inseminación artificial, Hafez (1995), por su parte sugiere que el gallo es fértil con 80% de espermatozoides normales. Los valores del presente estudio son similares a los establecidos por dichos autores. Quizá lo más significativo es la tendencia a incrementarse con la edad.

Tuncer *et al.* (2006); Siudzińska y Lukaszewicz (2008); obtienen anomalías espermáticas de 6 a 7.33% en gallos Denizli entre 11 y 13 meses de edad y de 23,3% en gallos Leghorn de la misma edad. Tabatabaei *et al.* (2010), trabajaron con gallos indios y obtuvieron anomalías espermáticas de 7.12% a las

26 semanas de edad, lo cual se incrementó a 10.54% en las siguientes 8 semanas hasta llegar a 15.10% de anomalías al cumplir los gallos 45 semanas de edad. Estos antecedentes sugieren una vez más que, la edad y la raza parecen tener importancia en la presentación de anomalías espermáticas en los gallos.

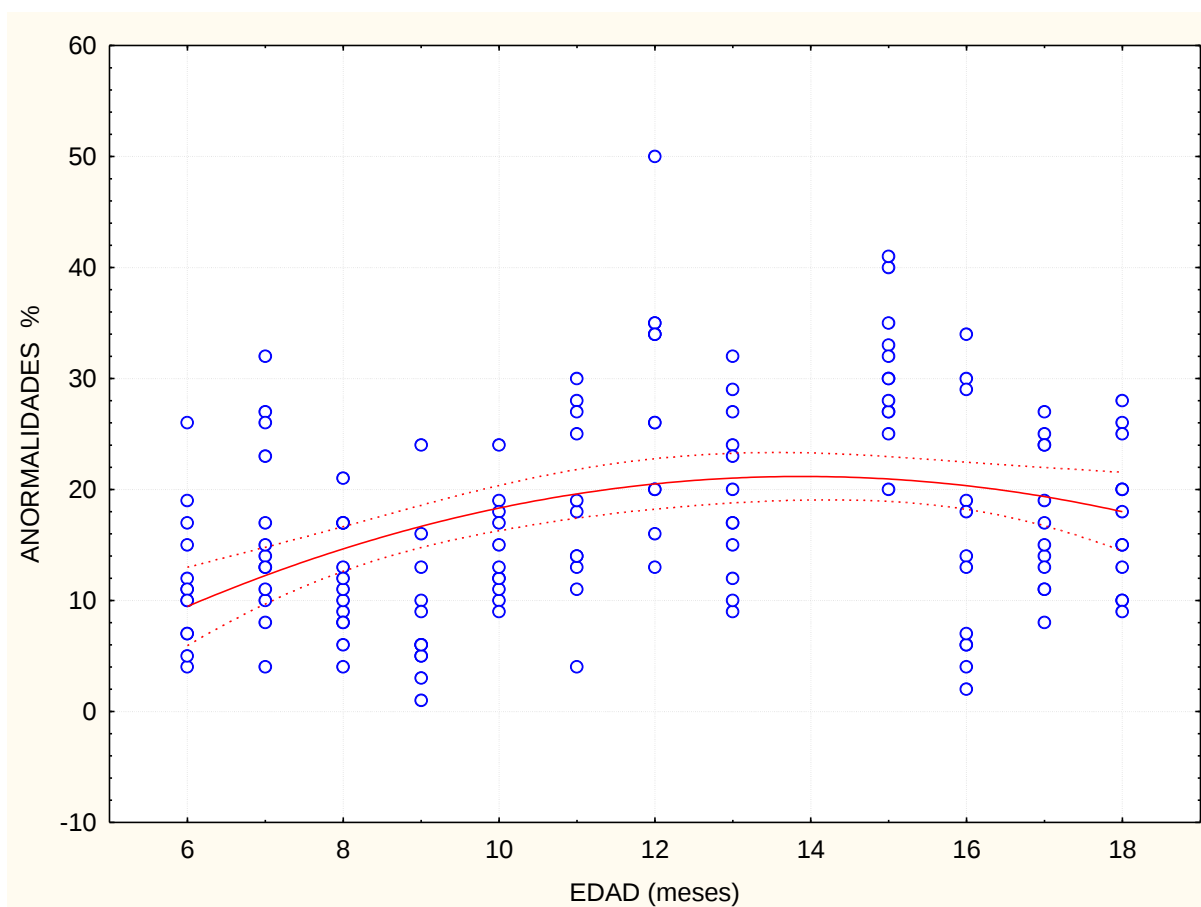


Figura 11. Comportamiento gráfico del porcentaje de anomalías espermáticas en gallos de diferente edad.

6.5.1 Clasificación y frecuencia de anomalías espermáticas

Del total de anomalías espermáticas encontradas en el presente estudio, las cabezas amorfas o en forma de sacacorchos, las cabezas dobladas y las cabezas hinchadas son las más abundantes. La aparente frecuencia de estas en meses específicos del periodo de muestreo, como se aprecia en el Cuadro 2, más bien pudieran estar relacionadas con la manipulación de las muestras de semen en el

laboratorio, así como por el nivel de habilitación de cada técnico que participó en la evaluación, también por el fenómeno de la pelecha como ya se indicó, al origen genético de los gallos, a la época del año asociada al fotoperiodo y clima, así como y a la edad de los animales.

Tabatabaei *et al.* (2009) indican que, este tipo de daños se presentan en la última fase de desarrollo del espermatozoide, Ricaurte (2006), lo atribuye al fotoperiodo y Tabatabaei *et al.* (2010), lo asocia a la edad del gallo, Ajayi *et al.* (2011) asocian las malformaciones con el momento del frotis, para Alkan *et al.* (2002), el aumento en las formas anormales se relaciona con los largos intervalos entre colectas y Tabatabaei *et al.* (2011) lo relaciona con los niveles de vitamina A y selenio. Como se puede apreciar, según diferentes autores, la disminución de las formas normales de espermatozoides tiene un origen multifactorial.

Otras formas de alteración espermática corresponde a las cabeza dobladas a 90° y 180°, de acuerdo con Tabatabaei *et al.* (2009), la anatomía longitudinal de la cabeza del espermatozoide y la manipulación del técnico inducen el dobles de la zona cefálica del espermatozoide. La flexión de la pieza media del espermatozoide es una alteración más (Cuadro 2), la cual puede deberse a la madurez del gallo, siendo factor de maduración del espermatozoide (Alkan *et al.*, 2002). Tabatabaei *et al.* (2009), sugieren que la frecuencia de éstas se asocia con la manipulación del semen al realizar el frotis. Este daño espermático es de baja frecuencia en el presente estudio.

En relación al número de espermatozoides con cola enrollada, según Agal (2007), el porcentaje de espermatozoides con este tipo de alteración va de 3% a 5%, los cuales dependen de la genética de las aves, por lo que varía de una raza a otra. Para Tabatabaei *et al.* (2010), la frecuencia de los espermatozoides con cola enrollada aumenta con la edad del gallo y son frecuentes en las distintas razas. El número de espermatozoides con colas doblas a 90° y 180° y dobles colas (Cuadro 2), igualmente se asocian con la manipulación del semen al realizar el frotis (Tabatabaei *et al.*, 2009 y Ajayi *et al.*, 2011). Al respecto Alkan *et al.* (2002) refiere

que, las colas dobladas guardan relación con los intervalos de colecta y algunas alteraciones de los testículos, en alguno de los gallos.

Cuadro 2. Frecuencia acumulada de las anomalías espermáticas por mes, en gallos de la raza Rhode Island Red

Edad (Meses)	Anormalidades espermáticas										
	Cabeza			pieza media			Cola				
	Ca1	Ca2	Ca3	Ca4	Ca5	Ca6	Sa	Fpm	Co1	Co2	Co3
	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi	Fi
6	6	11	1	3	21	46	0	21	17	8	0
7	31	24	12	1	45	30	0	19	15	13	0
8	33	20	1	5	5	33	0	11	18	1	0
9	9	12	0	3	0	33	0	0	8	28	0
10	11	27	0	0	0	42	0	0	2	46	0
11	1	15	0	27	0	30	0	0	0	73	0
12	85	41	0	2	0	77	0	0	9	123	0
13	22	22	0	1	3	85	1	0	11	51	18
15	74	43	4	7	4	70	84	0	21	59	0
16	6	3	0	4	0	121	0	0	0	48	0
17	16	6	0	5	0	55	0	0	0	123	0
18	7	6	0	8	0	64	0	0	0	120	0

Fi= frecuencia acumulada; Ca1= cabeza amorfa o saca corcho; Ca2= cabeza hinchada; Ca3= cabeza pequeña; Ca4= cabeza desprendida; Ca5= cabeza anudada; Ca6= cabeza doblada 90° y 180°; Sa= separación del acrosoma; Fpm= flexión de la pieza media; Co1= cola enrollada; Co2= cola doblada a 90° y 180°; Co3= doble cola

6.5.2 Anormalidades espermáticas por región

Mención especial merecen las anomalías de las regiones cefálica y caudal, en el Cuadro 3 se muestra que ambas malformaciones tienden a incrementarse conforme avanza la edad del gallo, al analizar los valores acumulados se muestra que éstas se presentan desde el comienzo de la actividad reproductiva del gallo. Tabatabaei *et al.* (2010), observaron que la frecuencia de anomalías en

la pieza craneal se incrementó en gallos indígenas de Turquía, al avanzar la edad de los gallos.

De acuerdo con Ajayi *et al.* (2011), el daño en la cabeza del espermatozoide se ve influenciado por los antecedentes genéticos del gallo. Al respecto Douard *et al.* (2003), observaron que el aumento en el número de espermatozoides anormales se incrementa durante la segunda parte de la época reproductiva, de manera diferente según la raza del gallo.

La frecuencia de anomalías presentes en la región media del espermatozoide es baja, lo que coincide con el $2.47 \pm 0.05\%$ observado por Tuncer *et al.* (2006) en gallos de raza Denizli. También Ajayi *et al.* (2011), obtuvieron bajos porcentajes ($3.71 \pm 0.60\%$) de espermatozoides con anomalía de la pieza media, en gallos indígenas con cuello desnudo entre 50 y 86 semanas de edad.

En el presente estudio la frecuencia de espermatozoides que presentan algún tipo de anomalía de la región caudal se incrementa con la edad, como se observa en el Cuadro 3, resultados con tendencia similar a lo encontrado por Tuncer *et al.* (2006), quienes han observado que las anomalías de la cola del espermatozoide marcan una tendencia a incrementar con la edad del gallo Denizli.

El mayor porcentaje de defecto de la cola espermática fueron encontrados por Tabatabaei *et al.* (2009), en la exótica híbrido Ross-308 y gallos indígenas en Irán: $41.04 \pm 10.19\%$ y $44.1 \pm 0.26\%$, respectivamente, en ambos grupos genéticos se responsabiliza del alto porcentaje de anomalías de la zona caudal, al manejo inadecuado de los eyaculados durante el procesamiento para microscopía. Estos resultados coinciden con los referidos por Ajayi *et al.* (2011), solo que ellos atribuyen sus hallazgos a la edad del gallo, además del manejo incorrecto en el laboratorio.

Ortiz (2008) relaciona el almacenamiento prolongado del espermatozoide en los conductos deferentes del gallo y con la frecuencia con la que se recolecta el semen con las anomalías en la cola del espermatozoide. Breque *et al.* (2003) dicen que, los procesos de envejecimiento de los espermatozoides se desarrollan en

los conductos deferentes antes de la eyaculación, siendo un factor que determina anomalías espermáticas caudales.

Cuadro 3. Frecuencia acumulada de las anomalías espermáticas en relación con la edad de los gallos

Edad (Meses)	Anormalidades		
	En cabeza Fi	En pieza media Fi	En cola Fi
6 a 10	387	56	108
11 a 14	492	0	334
15 a 18	588	7	371

Fi= frecuencia acumulada

6.6 Peso vivo del gallo

El peso vivo de los gallos se incrementó significativamente conforme avanzó la edad ($P=0.0000$), ambas variables mostraron una correlación positiva de 42% ($r=0.4291$), como se aprecia en la Figura 12. El incremento permanente de peso en gallos es un resultado que coincide con otros trabajos, por ejemplo, Inma (2009) observó que en gallos de estirpes pesadas, el peso vivo está estrechamente relacionado con la edad de los gallos, Donoghue (2000) señala que, el peso y la edad en los gallos se incrementa paralelamente, incluso se ha observado un efecto análogo entre la edad y la calidad del semen: a mayor edad de los gallos menor concentración espermática.

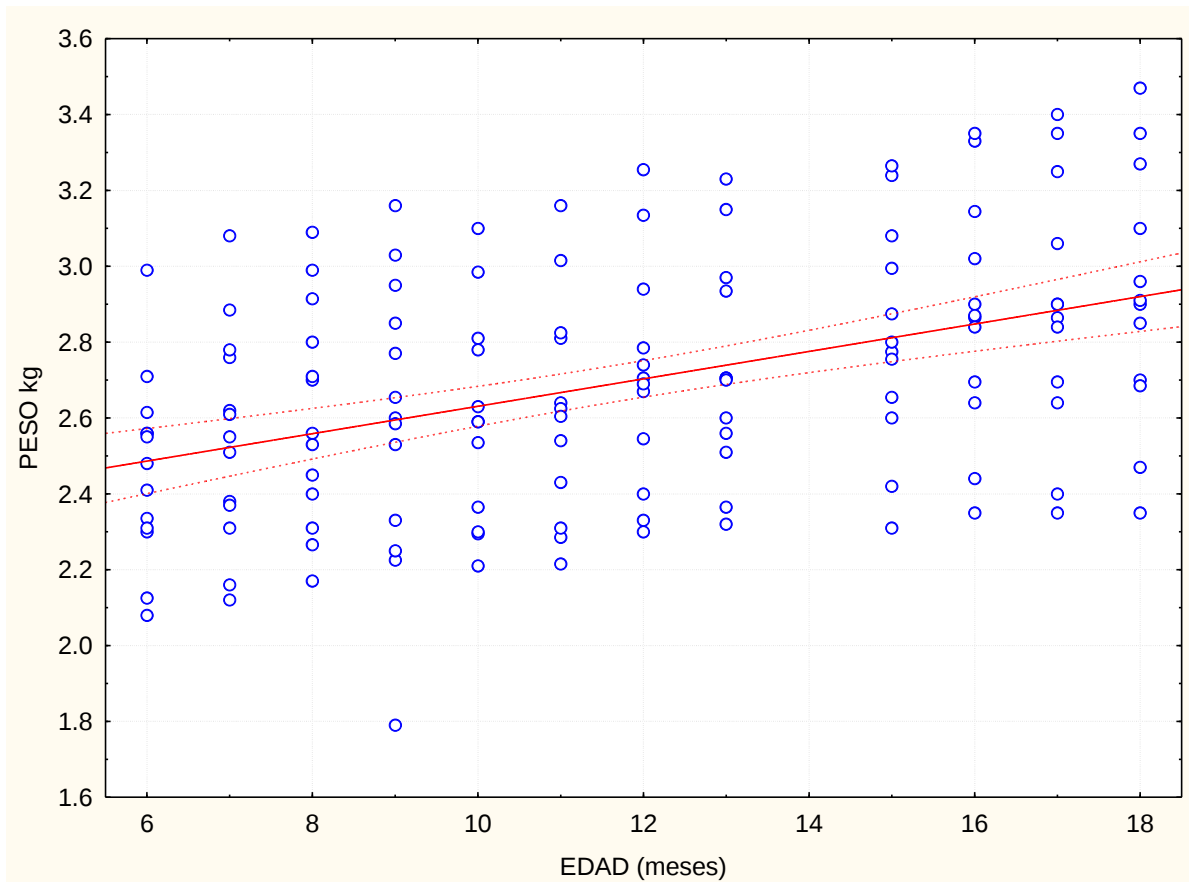


Figura 12. Comportamiento del peso vivo del gallo en relación con la edad.

7 CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- El volumen espermático de los gallos descendió progresivamente conforme se incrementó la edad de muestreo ($P = 0.0257$), de 0.445 ml a los seis meses a 0.385 ml a los 18 meses de edad.
- 2.- La motilidad progresiva se modificó significativamente por efecto de la edad ($P = 0.0027$), bajó de 78 % a los seis meses a 61 % a los 18 meses.
- 3.- La concentración espermática total disminuyó significativamente por efecto de la edad de los gallos ($P = 0.0000$), el mayor descenso se observó entre los 14 y 16 meses de edad.
- 4.- La viabilidad espermática parece no ser tan sensible al efecto de la edad ($P = 0.4622$).
- 5.- La frecuencia de anomalías espermáticas se incrementó significativamente con la edad de los gallos ($P = 0.0004$), principalmente las formas anormales de la cabeza y de la cola.
- 6.- El peso vivo del gallo aumentó exponencialmente conforme la edad también se incrementó ($P=0.000$), pasó de 2.450 kg a los seis meses de edad a 2.900 kg a los 18 meses.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Abd El Ghany, F. A., Alm El Dein, A. K., Soliman, M. M., Rezza, A. M. y El-Sodany, S. M. 2011. Relationship between some body measurements and fertility in males of two local strains of chickens. *Egyptian Poult. Sci.* 32(II): 331-349.
2. Agal, A. 2007. Predicting semen attributes of naked neck and normally feathered male chickens from live performance traits. *Int. J. Poult. Sci.* 6(1):36-42.
3. Ajayi, F.O., Agaviezor, B.O. y Ajuagu, P.K. 2011. Semen characteristics of three strains of local cocks in the humid tropical environment of Nigeria. *Int. J. of Anim. Vet. Adv.* 3(3): 125-127
4. Alkan, S., Baran, A., Özdas, Ö. B. y Evecen, M. 2002. Morphological defects in turkey semen. *J. Vet. Anim. Sci.* 26:1087-1092
5. Ávila, G.E. 1997. Alimentación de las aves. 2ª ed. Ed. Trillas, México. Pp. 64, 76.
6. Bah, A.S., Chandhari, S.U.R. y Al-Amin, J.D. 2001. Semen characteristics of local Breeder cocks in the Sahel Region of Nigeria. *Revue Elev. Med. Vet. Pays. Trop.* 54(2): 153-158.
7. Barbarato, G.F., Cramer, P.G. y Hammstedt, R.H. 1998. A practical *in vitro* sperm-egg binding assay which detects subfertile men. *Biol. of Rep. de.* 58:686-699.
8. Bilcik, B., Estevez, I. y Russek-Cohen, E. 2006. Application of the sperm mobility assay to primary Broiler breeder stock. *J. Appl. Poult. Res.* 15:280–286.
9. Bilcik, B. I. y Russek, E. C. 2005. Reproductive success of broiler breeders in natural mating systems: The effect of male-male competition, sperm quality, and morphological characteristics. *Int. J. Poult. Sci.* 84(9):1453 - 1454.
10. Bilgili, S.F. y Renden, J.A. 1984. Fluorimetric determination of avian sperm viability and concentration. *Poult. Sci.* 63 (11):2275-77.
11. Birkhead, T.R. y Fletcher, F. 1995. Male phenotype and ejaculate quality in the zebra finch *Taeniopygia guttata*. *Proc R. Soc. Lond. B.* 262:329–334.

12. Bowling, E. R., Froman, D. P., Davis A. J. y Wilson J. L. 2003. Attributes of broiler breeder males characterized by low and high sperm mobility. *Poult. Sci.* 82:1796–1801.
13. Bramwell, R. K. 2002. Fertility and embryonic mortality in breeders. *Avi. Adv.* 4 (2):1-3.
14. Bramwell, R.K., Marks, H.L. y Howarth, B. 1995. Quantitative determination of sperm penetration layer female's egg perivitelline as evaluated in eggs laid. *Poult. Sci.*; 74 (11):1875-1883.
15. Breque, C.P., Surai, Y. y Brillard. J.P. 2003. Roles de los antioxidantes en el almacenamiento prolongado de los espermatozoides aviar *in vivo e in vitro*. *Mol. Reprod. Prog.* 66:314-323.
16. Burrows, W.H y Quinn, J.P. 1937. The collection of spermatozoa from domestic fowl and turkey. *Poult. Sci.* 16: 19-24.
17. Celeghini E.C.C., Albuquerque, R.R.P., Arruda, Lima, C.G. 2001. Evaluation seminal characteristics broiler breeder males selected by the development comb for reproduction. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 38 (4):177-183.
18. Celeghini E.C.C., Nascimento, J. Andrade, A.F.C., Rafael, C.F., Souza, L.W.O. y Arruda, R.P. 2005. El uso de CMXRos y JC 1-a evaluación de la función mitocondrial, asociada a las sondas fluorescentes a plasmático y evaluación membranas acrosomal en espermatozoides bovinos. *Acta Sci. Vet.* 33:321.
19. Chalah, T. y Brillard, J.P. 1998. Comparación de la evaluación de la viabilidad de los espermatozoides de aves eosina-nigrosin y de doble fluorescencia (SYBR-14/PI). *Theriogenology*; 50:487-493.
20. Cheng, F.P, Guo, T.J, Wu, J.T, Lin, T.E, Ursem, P.J.F. Colenbrander, B. y Fung, H.P. 2002. Annual variation in semen characteristics of pigeons (Colombia Livia). *Poult. Sci.* 81: 1050-1056.
21. Conejo, N.J.J. 1991. Manual de inseminación artificial del ganado porcino, con semen diluido. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp. 18,23-25.

22. Cortes, M.R.K. 2009. Características seminales de las razas de gallos Plymouth Rock Barred y Rhode Island Red a diferente edad (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.
23. Crespo, R. y Shivaprasad, H.L. 2010. Decrease of fertility in a broiler breeder flock due to testicular atrophy. *J Avian Dis.* 54(1):142-145.
24. Cuicas, H. R. y Reyes, S. P. 2003. Evaluación *in vitro* e *in vivo* de la capacidad reproductiva de gallos híbridos de las razas Plymouth Rock Barred y Rhode Island Red. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México
25. Denk, G.A., Holzmann, A., Peters, A. Vermeirssen, I.M.E. y Kempenaers, B. 2005. Paternity in mallards: effects of sperm quality and female sperm selection for inbreeding avoidance. *Adv. Acc.* 16(5):825-833.
26. Donoghue, A.M. y Wishart, G.J. 2000. Storage of poultry semen. *Anim Reprod. Sci.* 62: 213-232.
27. Douard, V., Hermier, D., Magistrini, M. y Blesbois, E. 2003. Reproductive period affects lipid composition and quality of fresh and stored spermatozoa turkey. *Theriogenology*, 59:753-764.
28. Emerson, D. 2000. A primary breeder perspective of breeder, hatchery and grow-out issues. Pages 10–14 in Proceedings of the delmarva breeder hatchery and grow-out conference, Delmar, MD. University of Maryland Cooperative Extension, College Park, MD.
29. Enciclopedia de los Municipios de Michoacán, México ©. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo. [En línea] http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_michoacan. [Consulta: 7 de febrero, 2012].
30. Etches, R.J. 1998. Reproduction in poultry. Ed. Cab International. Ontario, Canadá. Pp. 252.

31. Ferrante, V., Verga, M., Mangiagalli, M. y Carenzi, C. 2001. Behavioural reactions, semen quality and testosterone levels cock: Genetic implications. *Anim. Welf.* 10:269-279.
32. Firas, R., Samarai, A.I., Thamer, K. Ganabi, A.I., Ahmed, M. Nedawi, A.I., Kalid, A. y Soudi, A.I. 2009. Genetic evaluation of roosters for fertility and hatchability according to semen index and individual semen traits. *J. Agri. Biol. Sci.* 4(4):18-22.
33. Froman, D.P. Pizzari, T. Feltmann, A.J., Castillo-Juarez, H. y Birkhead, T.R. 2002. Sperm mobility: mechanisms of fertilizing efficiency, genetic variation and phenotypic relationship with male status in the domestic fowl, *Gallus domesticus*. *Psroc. R. Soc. Lond. B.* 269:607–612.
34. Froman, D.P. y Feltman, A.J. 2000. Sperm mobility: phenotype in roosters (*Gallus domesticus*) determined by concentration of motile sperm and straight line velocity. *Biol. Reprod* 62:303-309.
35. Froman, D.P., Feltmann, A.J., Rhoads, M.L. y Kirby, J.D. 1999. Sperm mobility: a primary determinant of fertility in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Biol Reprod.* 61:400-405.
36. Garner, D.L. 1991. Artificial insemination reproduction in domestic animals (fourth ed). Edited by: Cupps P.T. Academic Press pp. 251-278.
37. Gebriel, G. M., Kalamah, M., El-Fiky, A. y Ali, A. F. A. 2009. Some factors affecting semen quality trait in Norfa cocks. *Egyptian Poult. Sci.*, 29(11):677-693.
38. Graham, J.K., Kunze, E. y Hammerstedt, R.H. 1990. Análisis de la viabilidad de las células de esperma, integridad acrosomal, y la función mitocondrial usando citometría de flujo. *Biol. Reprod.* 43:55-64.
39. Gumulka, M. y Kapkowska, E. 2005. Age effect of broiler breeders on fertility and sperm penetration of the perivitelline layer of the ovum. *Anim. Reprod. Sci.* 90:135-148.
40. Hafez, E.S.E. y Hafez, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. Ed. McGraw-Hill. Séptima Edición México DF. p. 99.

41. Hafez, E.S.E. 1995. Reproducción e inseminación artificial en animales. Nueva Editorial Interamericana S.A de C.V., México, DF. Pp. 404-424.
42. Haghbin N.H. y Fallah-Khair, A. 2011. Effect of spiking of young males in different percentage on economic performance of broiler breeder flock. J. Agri. 9(3):564-269.
43. Harris, J.G.C., Benson, J.A. y Sellers, R.S. 1984. The influence of day length, body weight, and age on reproductive capacity of heavy breeding cocks. Poult. Sci. 63 (9):1705-1710.
44. Hernández, P.J.E., Fernández, R.F y Rodríguez, S.J.L. 2005. Obtención y congelación de semen de gallo domestico usando un diluyente con glutamato de sodio. Rev. Anim. 27 (2):124-128.
45. Iaffaldano, N., Manchisi, A. y Rosato, M.P. 2007. The preservality of turkey semen quality during liquid storage in relation to strain and age of males. Anim. Reprod. Sci. (in press) DOI: 101-116.
46. Inma, E. 2009. Manejo de aves reproductoras para optimizar la fertilidad. J. Poult. Sci. pp. 45-55.
47. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. 2011. [En línea] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=16> [consulta: 21 de junio, 2011]
48. Islam, M.S., Howlider, M.A.R., Kabir, F. y Alam, J. 2002. Comparative assessment of fertility and hatchability of Barred Plymouth Rock, White Leghorn, Rhode Island Red and White Rock Hen. Int. J. Poult. Sci. 1(4):85-90.
49. Juárez, C. A. y Conejo, N.J. 2004. Capacitación reproductiva de la parvada. Los Avicultores y su Entorno. 7(39):40-44.
50. Kim, I.S. y Yang, H.H. 2001. Seasonal changes of testicular weight, sperm production, serum testosterone, and in vitro testosterone release in Korean ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus karpowii*). J Vet. Med. Sci. 63: 151-156.
51. King'ori, A.M. 2011. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. Int. J. Poult. Sci. 10(6):483-492.

52. Liu, G.Q., Zhu, J.J., Wang, Z.Y., Jiang, X.P. y Dafalla, M.M. 2008. Analysis of sperm storage ability using duration of fertility in hens. *British Poult. Sci.* 49(6):770-775.
53. Long, J. A., Bongalhardo, D. C., Pelaéz J., Saxena, S., Settar, P., Sullivan, N. P. O. y Fulton, J. E. 2010. Rooster semen cryopreservation: Effect of pedigree line and male age on post thaw sperm function. *Poult. Sci.* (89) :966–973
54. López, S.F. 2007. Influencia de la edad de los progenitores sobre calidad espermática y tasa de fertilidad en aves Rhode Island red (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.
55. López, S.F. y Juárez, C.A. 2007. Efecto de la edad de los gallos sobre los valores espermáticos y posible efecto sobre la tasa de eclosión. *Los Avicultores y su Entorno.* 10(55):29-32.
56. López, S.F., Garcidueñas, P.R. y Juárez, C.A. 2007. Influencia de la edad de las aves domésticas sobre la tasa de fertilidad del huevo. *Los Avicultores y su Entorno.* 10(59):48-54.
57. Maeda, T. 2002. Motility of japanese quail (*Coturnix japonica*) sperm diluted with chicken seminal fluid. *J. Poult. Sci.* 39 (3):185-187
58. Makhafola, M. B., Umesiobi, D. O., Mphaphathi, M. L., Masenya, M. B. y Nedambale, T. L. 2012. Characterization of sperm cell motility rate of Southern African indigenous cockerel semen following analysis by sperm class analyzer. *J. Anim. Sci. Adv.* 2(4):416-424.
59. Mauldin, M.J. 2000. Fertilización del embrión aviar. *Rev. Industrial avícola.* 47 (12) 8-12.
60. McDaniel, C.D., J.E. Hood and H.M. Parker, 2004. An attempt at alleviating heat stress infertility in male broiler breeder chickens with dietary ascorbic acid. *Int. J. Poult. Sci.* 3: 593-602.
61. McGary, S., Estevez, I. y Bakst, M. R. 2003. Potential relationships between physical traits and male broiler breeder fertility. *Poult. Sci.* 82:328–337.
62. Melero, V. y Jiménez, D. 1990. Etiology, incidence and distribution of cotton seedling dampingoff in souther Spain. *Plant Dis.* 74:597-600

63. Modupe, O., Chidiebere, A.L. y Bartholomew, I.N. 2012. Semen Quality Characteristics and Effect of Mating Ratio on Reproductive Performance of Hubbard Broiler Breeders. *J. Agri. Sci.* 5(1):154-159.
64. Moya, A. 2003. Introducción de la inseminación artificial en el desarrollo de la cría de los pavos. *Rev. Cub. de Cien. Avi.* 27(2): 129 -133.
65. Moya, A., María, E., Aguilar y Milanes, C. 1998. Procedimiento para la evaluación y clasificación espermática de patos destinados a la reproducción. *Rev. Cub. de Cien. Avi.* (25):159-163.0
66. Noirault, J. y Brillard, J.P. 1999. Effects of frequency of semen collection on quantitative and qualitative characteristics of semen in turkey breeder males. *Poult Sci.* 78:1034-1039
67. North, O. M. y Bell, D.D. 1993. Manual de producción avícola. Ed. Manual moderno, México, DF. Pp. 337-339.
68. Ortiz, M.A. 2008. Manual de inseminación artificial en pavos. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.
69. Ortiz, R.R., Cortes, M.R.K. y Juárez, C.A. 2009. Características seminales de gallos a 40,50 y 60 semanas de edad. *Los Avicultores y su Entorno.* 12(71):138-140.
70. Parker, H.M. y McDaniel, C. D. 2004. The optimum semen dilution for the sperm quality index that is most predictive of broiler breeder fertility. *Int. J. Poult. Sci.* 3(9): 588-592.
71. Parker, H.M. y McDaniel, C.D. 2006. The immediate impact of semen diluent and rate of dilution on the sperm quality index, ATP utilization, Gas exchange and Ionic balance of broiler breeder sperm. *Poult. Sci.* 85: 106-116.
72. Pollock, D. L. 1999. A geneticist's perspective from within a broiler primary breeder company. *Poult. Sci.* 78:414–418.
73. Quintana, J.A. 2005. Aves: mejoramiento genético. 2° Edición. México DF p.121
74. Ricaurte, S.L. 2006. Importancia de un buen manejo de la reproducción en la avicultura. *Red. Electrón. Vet.* 7(04):1-16.

75. Rose, S.P. 1997. Principios de la ciencia avícola. 1° ed. Ed. Acribia. Zaragoza, España. P: 47-49; 82-90; 95-98.
76. Sauveur, B. y Reviers, M. 1992. Reproducción de las aves. Ed. Mundi-prensa, Madrid España. pp. 191-255
77. Segura, C.J. y Aguayo, A.A.M. 1995. Edad a la pubertad y características seminales de gallos Rhode Island Red y criollos cuello desnudo bajo condiciones tropicales. Vet. Mex. 26(4):375-379.
78. Segura, C.J.C., Jerez, S.M.P., Sarmiento, F.L. y Santos, R.R. 2007. Egg production traits of creole hens in the Tropics of Mexico. Arch. Zoot. 56 (215): 309-317.
79. Selvan, S.T. 2007. Influence of dietary protein, calcium and vitamin-E on the semen quality in broiler breeder males. Tamilnadu J. Vet. Anim. Sci., 3: 60-64.
80. Siudzińska, A. y Lukaszewicz, E. 2008. The effect of breed on freezability of semen of fancy fowl. Anim. Sci. Papers and Rep. 26 (4):331-340.
81. Tabatabaei, S., Batavani, R., Ayen, E. 2011. Effects of vitamin E addition to chicken semen on sperm quality during in vitro storage of semen. Vet. Rese. 2(2):103-111.
82. Tabatabaei, S., Batavani, R.A. y Talebi, A.R. 2009. Comparison of semen quality in indigenous and Ross broiler breeder roosters. J. Anim. Vet. Adv. 8(1):90-93.
83. Tabatabaei, S., Chaji, M. y Mohammadabadi, T. 2010. Correlation between age of rooster and semen quality in Iranian indigenous broiler breeder chickens. J. Anim. Vet. Adv. 9 (1):195-198
84. Tuncer, P.B., Kinet, H., Özdoğan, N. y Demiral, Ö.O. 2006. Denizli horozlarında bazı spermatolojik özelliklerin değerlendirilmesi. Erciyes Üniv Vet Fak Derg 3(1) 37-42.
85. Udeh, I., Ugwu, S. O. C. y Ogagifo, N. L. 2011. Predicting semen traits of local and exotic cocks using linear body measurements. Asian J. Anim. Sci. 5(4):268-276.
86. Valdés, G. L. 2006. Efecto de la frecuencia de inseminación artificial sobre la tasa de fertilidad de las gallinas. (Tesis de licenciatura). Universidad

Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

87. Wilson, J.L. 2006. Factors that influence Broiler breeder flock fertility. <http://www.poultryworkshop.com/Presentations/Dr.%20Jeanna%20Wilson/The%20Male%20Breeder-Higher%20Performance.pdf>. The University of Georgia Athens. pp. 1-3.

9 ANEXOS

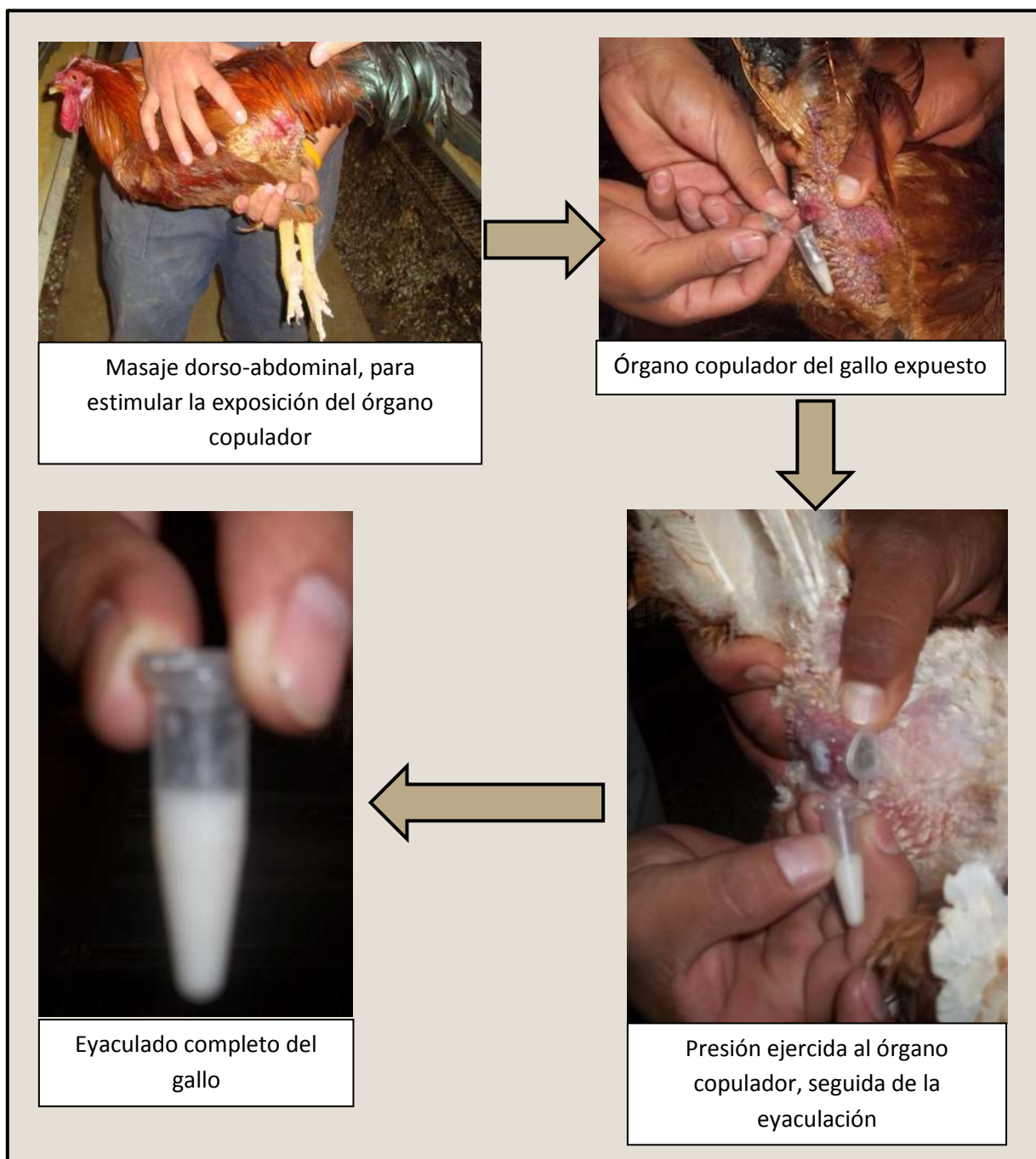


Figura 13. Técnica de colección de semen. La técnica se realiza por medio del masaje dorso-abdominal, descrito por Burrows y Quinn (1937); que consiste en un masaje longitudinal sobre el dorso hasta llegar a la cavidad abdominal, para que el órgano copulador sea expuesto, para después realizar una presión consistente para que el gallo eyacule.

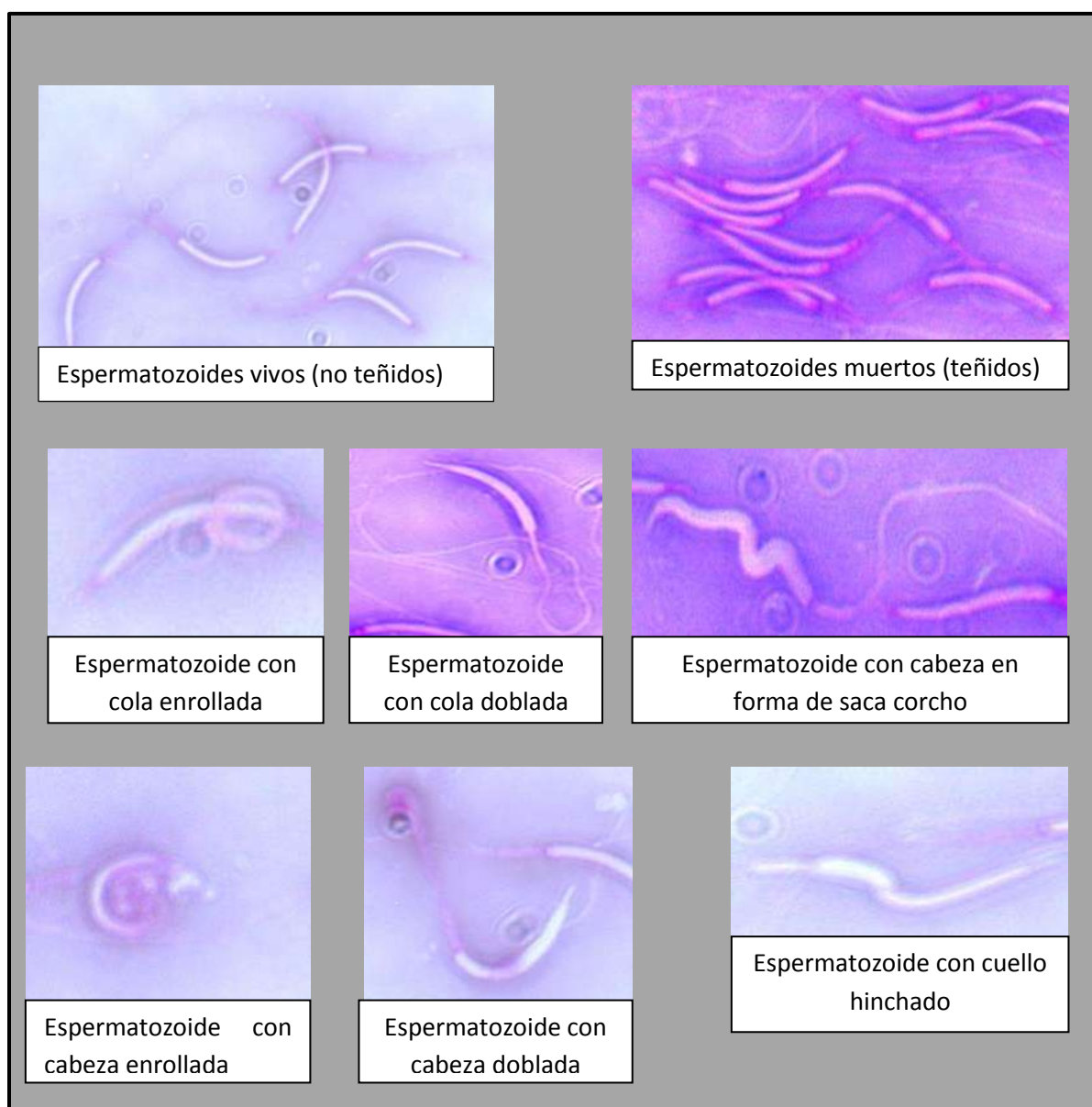


Figura 14. Anormalidades espermáticas más frecuentes en gallos Rhode Island Red de 6 a 13 meses de edad.