

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

CALIDAD DE SEMEN DE GALLOS CRIOLLOS EN DOS ESTACIONES DEL AÑO

ROSALÍA ORDAZ CONTRERAS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRA EN CIENCIAS


MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

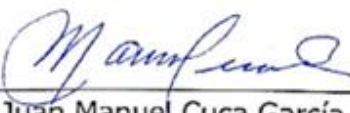
2021


La presente tesis titulada: **Calidad de semen de gallos criollos en dos estaciones del año**, realizada por la alumna: **Rosalía Ordaz Contreras**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A) 
Dr. Arturo Pro Martínez

ASESOR (A) 
Dr. Juan Manuel Cuca García

ASESOR (A) 
Dr. Jaime Gallegos Sánchez

ASESOR (A) 
Dr. Fernando González Cerón



Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2021

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SEMINALES DE GALLOS CRIOLLOS DE
MÉXICO EN VERANO Y OTOÑO, A UNA LATITUD NORTE 19° CON
FOTOPERIODO CONSTANTE**

**Rosalía Ordaz Contreras, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la estación (verano y otoño), sobre el peso vivo, la condición corporal, la movilidad masal, el porcentaje de espermatozoides vivos y la concentración de células espermáticas de gallos criollos (*Gallus gallus domesticus*) de México. El semen de gallos criollos de 35 semanas de edad se recogió semanalmente durante 10 semanas en verano y otoño, mediante la técnica del masaje dorso-abdominal. Los gallos se mantuvieron individualmente en jaulas dentro de una caseta de ambiente natural con un fotoperiodo constante (16 horas de luz:8 horas de oscuridad). El peso vivo promedio fue un 4,5% mayor ($p<0,05$) en otoño (2,78 kg) que en verano (2,66 kg), por lo que aumentó con la edad ($r=0,85$, $p<0,05$). La categoría 2 de la condición corporal, se presentó ($p<0,05$) con mayor probabilidad que las otras categorías (0, 1 y 3) y también fue un 0,2% mayor ($p<0,05$) en otoño (99,96) que en verano (99,81). En promedio (y en las semanas 1 y 3-10), el porcentaje de espermatozoides vivos fue mayor en verano que en otoño. En consecuencia, el porcentaje de espermatozoides vivos disminuyó con la edad ($r=-0,82$, $p<0,05$). En conclusión, los gallos criollos mexicanos mostraron un mayor porcentaje de espermatozoides vivos en verano que en otoño. Por lo tanto, es aconsejable seleccionar estos animales no muy pesados, no muy viejos y criarlos en verano.

Palabras clave: Gallos Criollos de México, espermatozoides, estación, características seminales.

**PHYSICAL AND SEMEN CHARACTERISTICS OF MEXICAN CREOLE
ROOSTERS IN SUMMER AND AUTUMN, AT 19° NORTH LATITUDE WITH A
CONSTANT PHOTOPERIOD**

**Rosalía Ordaz Contreras, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of season (summer and autumn), on live weight, body condition, mass motility, percentage of live spermatozoa and sperm-cell concentration of Creole roosters (*Gallus gallus domesticus*) from Mexico. Semen from 35 -week-old Creole roosters was collected weekly during 10 weeks in summer and autumn, by the dorso-abdominal massage technique. Roosters were individually kept in cages inside a natural environment house with a constant photoperiod (16 hours light:8 hours dark). The average live weight was 4.5% higher ($p<0.05$) in autumn (2.78 kg) than in summer (2.66 kg), therefore increased with age ($r=0.85$, $p<0.05$). Category 2 of body condition, occurred ($p<0.05$) with higher probability than the other categories (0, 1 and 3) and it was also 0.2% higher ($p<0.05$) in autumn (99.96) than in summer (99.81). On average (and in weeks 1 and 3-10), the live spermatozoa percentage was higher in summer than in autumn. Accordingly, live spermatozoa percentage decreased with age ($r=-0.82$, $p<0.05$). In conclusion, Mexican Creole roosters showed higher live spermatozoa percentage in summer than in autumn. Therefore, it is advisable to select these animals not very heavy, not very old and breed them in the summer.

Key words: Mexican Creole roosters, spermatozoa, season, semen characteristics.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme fortaleza en los momentos difíciles, por darme unos padres maravillosos.

A mis padres

Teresa y Emiliano, por su apoyo incondicional y amor, que me impulsaron cada día para culminar este proyecto y es dedicado a ellos con cariño. Los Amo.

A mis hermanas

Irma y Yasmin, por su apoyo incondicional, motivación y paciencia. Con amor.

A mis sobrinos

Uri e Irina, por ser dos ángeles maravillosos que trajeron más amor y alegría a mi vida. Los quiero mucho.

A mis primos

Diego Zarate Contreras y Juan Contreras Villavicencio, por su apoyo para la culminación de esta etapa más en mi vida profesional.

Familiares

Familia Contreras (en especial a mi tía Florencia, Pedro, Santiago), por formar parte de mi educación personal, por las palabras de ánimo, y el apoyo brindado en los momentos difíciles.

A mis amigos

Kenny, Paho, Belén, Marcia, Saúl, Rosalinda, por su valiosa amistad, apoyo e hicieron mi estadía más agradable en el postgrado.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de postgrado.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Monecillo**, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias y su noble labor de enseñanza e investigación.

Al **Dr. Arturo Pro Martínez**, por su apoyo, dedicación, y tiempo para la culminación de este trabajo. Por compartir sus conocimientos y experiencia.

Al **Dr. Fernando González Cerón**, por sus valiosas observaciones y tiempo para la realización de este proyecto. Por formar parte de su equipo de trabajo.

Al **Dr. Juan Manuel Cuca García**, por su colaboración, sus conocimientos brindados en esta importante etapa para mi formación académica.

Al **Dr. Jaime Gallegos Sánchez**, por su valioso tiempo y observaciones que nos guiaron para mejorar este trabajo de investigación.

Al **Dr. Said Cadena Villegas**, por su colaboración, tiempo y disposición en este proyecto.

Al **Dr. Josafhat Salina Ruiz**, por su apoyo, en el análisis de los datos de este trabajo de investigación.

Al **Dr. Eliseo Sosa Montes**, por su disposición y valiosas aportaciones en este trabajo de investigación.

Al **Dr. Omar Hernández Mendo**, por su aceptación como sinodal.

Al **Dr. José Isidro Alejos de la Fuente**, por su amistad, apoyo y consejos en mi formación personal durante mi estadía en el Colegio de Postgraduados.

A todos y a cada uno de los **profesores del Colegio de Postgraduados** con quienes me formé académicamente.

Al personal académico y administrativo del programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados.

A quienes contribuyeron en mi trabajo de investigación, Ema, Rodrigo, Fátima, Diego, Belén, Marcia.

A todos ustedes “gracias”

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	2
Anatomía y fisiología del aparato Reproductor del gallo	2
Características del semen en gallos criollos de México	3
Volumen de semen	3
La movilidad masal	4
Viabilidad espermática	4
Morfología espermática	5
Concentración espermática	6
Factores que afectan la reproducción	6
Edad	6
Alimentación	7
Ambiente y fotoperiodo	7
Genética	8
Literatura citada	8
CAPITULO 1. PHYSICAL AND SEMEN CHARACTERISTICS OF MEXICAN CREOLE ROOSTERS IN SUMMER AND AUTUMN, AT 19° NORTH LATITUDE WITH A CONSTANT PHOTOPERIOD.....	14
1.1 ABSTRACT	14
1.2 RESUMEN.....	15
1.3 INTRODUCTION	16
1.4 MATERIALS AND METHODS.....	17
1.4.1 Location.....	17
1.4.2 Experimental birds.....	17
1.4.3 Temperature and relative humidity	17
1.4.4 Physical characteristics of Creole roosters and semen collection.....	18

1.4.4.1. Live weight	18
1.4.4.2 Body condition	18
1.4.4.3 Semen collection.....	18
1.4.5 Semen characteristics of Creole roosters	18
1.4.5.1 Mass motility	19
1.4.5.2 Live, dead and abnormal spermatozoa percentages	19
1.4.5.3 Sperm-cell concentration	19
1.4.6 Statistical analysis	19
1.4 RESULTS	20
1.5.1 Temperature and relative humidity	20
1.5.2 Physical characteristics of Creole roosters.....	22
1.5.2.1 Live weight	22
1.5.2.2 Body Condition.....	23
1.5.3 Semen characteristics of Creole roosters.....	24
1.5.3.1 Ejaculation time	24
1.5.3.2 Semen volume	25
1.5.3.3 Mass motility.....	26
1.5.3.4 Percentage of live, dead and abnormal spermatozoa	27
1.5.3.5 Sperm-cell concentration.....	28
1.5.4 Pairwise correlation of physical and semen characteristics.....	28
1.6 DISCUSSION	29
1.6.1 Live weight	29
1.6.2 Body condition	29
1.6.3 Ejaculation time.....	29
1.6.4 Semen volume	30
1.6.5 Mass motility	30
1.6.6 Percentage of live, dead and abnormal spermatozoa.....	30
1.6.7 Sperm-cell concentration	31
1.6.8 Pairwise correlation of physical and semen characteristics	31
1.7 CONCLUSIONS	32
1.8 REFERENCES	32
CONCLUSIÓN GENERAL	37

LIST OF TABLES

Table 1. Enviromental data during summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	21
---	----

LISTA OF FIGURES

Figure 1. Mean \pm standard error of average and weekly live weight of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	22
Figure 2. Body condition of Creole roosters during the summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	23
Figure 3. Mean \pm standard error of average and weekly ejaculation time of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	24
Figure 4. Mean \pm standard error of average and weekly semen volume of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	25
Figure 5. Mass motility of Creole roosters during the summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	26
Figure 6. Mean \pm standard error of average and weekly live spermatozoa from Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	27
Figure 7. Mean \pm standard error of average and weekly sperm concentration ($\times 10^6$ spermatozoa cm^{-3}) during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.....	28

INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción avícola de traspatio es practicada por cerca del 90% de las familias rurales en México, se estima que representa el 10% de la producción avícola nacional (Segura-Correa, 1998; Camacho *et al.*, 2006). En México se conoce muy poco de este sistema de producción, debido a que es difícil de cuantificar y solamente está caracterizada como una actividad de apoyo en la economía familiar, que ocupa la fuerza de trabajo de las amas de casa y los niños (Hernández-Pérez y Jaimes-Piñón, 2003).

Las aves criollas son consideradas un recurso genético, resultado de cientos de años de adaptación en regiones con características ambientales peculiares y de manejo limitado (Hall y Bradley, 1995). En México, la población avícola no está clasificada en razas, pero existe una expansión del pollo criollo (*Gallus gallus domesticus*), proveniente de pollos europeos traídos a México por los conquistadores españoles durante el siglo XVI, que se originaron a partir de cruces indefinidos entre diferentes razas durante casi 500 años. Por eso, las aves criollas incluyen una amplia gama de características morfológicas y se caracterizan por una baja tasa de crecimiento, alta conversión alimenticia, baja producción de huevos y tamaño de huevo pequeño en condiciones semi-intensivas (Segura-Correa *et al.*, 2004,2005).

Sin embargo, la información relativa al desempeño reproductivo de gallos Criollos de México es escasa, y para este genotipo de aves, los estudios se han enfocado en características fenotípicas como color del plumaje, peso vivo, tipo de cresta y de producción de huevo (Segura-Correa *et al.*, 2007; Zaragoza *et al.*, 2013) así como la caracterización de la avicultura de traspatio en diferentes regiones en México (Cuca-García *et al.*, 2015). Sólo las investigaciones de Rodríguez-Ortega *et al.* (2018; 2019), han abordado esta temática en México, principalmente en la progenie de gallos Criollos de cuello desnudo y con diferente tipo de cresta; por lo tanto, la información es limitada en términos de estudios que describan el desempeño reproductivo de variables relacionadas con la calidad del semen de gallos Criollos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la temperatura y humedad relativa durante verano y otoño en gallos criollos de México, para determinar en qué estación se presentan las mejores características físicas y seminales.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura y humedad relativa durante verano y otoño en las características físicas (peso vivo y condición corporal) de los gallos criollos.
- Evaluar el efecto de la temperatura y humedad relativa durante verano y otoño en las características seminales: volumen, tiempo de eyaculado, movilidad masal, porcentaje de espermatozoides vivos-muertos y anormales, y concentración espermática.
- Determinar la mejor estación del año cuando los machos presentan las mejores características físicas y seminales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Anatomía y fisiología del aparato Reproductor del gallo

El aparato reproductor de las aves presenta características únicas en su estructura. Las aves no tienen órganos reproductivos internos como la glándula prostática, la glándula bulbouretral o la vesícula seminal, por lo que el plasma seminal se deriva de los conductos eferentes y los túbulos seminíferos. Por consiguiente, su aparato reproductor está compuesto por un par de testículos, conductos eferentes y deferente, epidídimo, surco eyaculatorio y el falo (pene) (Lake, 1981). Los testículos del gallo a diferencia de los mamíferos, se encuentran dentro de la cavidad corporal, ventral y hacia el borde cefálico de los riñones (Jhonson, 1986), aunque están próximos a los

sacos aéreos, su temperatura es la misma que la temperatura corporal del gallo (41-43°C) (Sauveur y Reviers, 1992), además uno de los dos testículos puede ser más grande, dependiendo de la especie (Lake, 1981), pero ambos son funcionales. Cada testículo está unido a la pared del cuerpo por el mesorquio y está encapsulado por una capa interna fibrosa, la túnica albugínea, y una capa externa delgada, la túnica vaginal (Lake, 1981). El peso de los testículos en los gallos constituye aproximadamente 1% del peso corporal total, o aproximadamente 9-30 g por testículo en la madurez sexual (Sturkie y Opel, 1976). En cuanto al mecanismo de regulación de la temperatura en las aves, este es menos complejo que el que se encuentra en los mamíferos, esto se debe a que las aves no tienen plexo pampiniforme, ya que este en los mamíferos es un mecanismo para mantener la temperatura de los testículos por debajo de la temperatura corporal (Lake, 1981). En cuanto al falo del gallo y de muchas otras aves: es pequeño, es una modificación de la cloaca y la erección de este ocurre cuando los pliegues dentro de la cloaca se llenan de linfa (Nishiyama, 1955) y al momento de la cópula, el semen se transfiere solamente por contacto entre la cloaca del macho y de la hembra. Además, la duración de la espermatogénesis en gallos es de 20-21 días, mucho más rápida que en mamíferos (ovinos 49 días) (Sauveur y Reviers, 1992).

Características del semen en gallos criollos de México

Es importante evaluar las características del semen de gallos criollos como indicador de su desempeño reproductivo (Ajayi *et al.*, 2011) en la selección de machos en programas de reproducción.

Volumen de semen

El volumen de semen promedio de gallos tanto de razas comerciales como criollos puede oscilar entre 0.2 a 0.5 mL (Shanmugan *et al.*, 2014; Adamu *et al.*, 2019), además existe diferencia en el volumen entre diferentes genotipos de razas locales (Ajayi *et al.*, 2011; Shanmugan *et al.*, 2012; Adamu *et al.*, 2019), y se ha observado que el volumen de semen en gallos de pluma erizada es mayor que aquellos con pluma normal y cuello desnudo (Adamu *et al.*, 2019), también se ha documentado la

relación que hay entre los días con más horas luz con el mayor volumen de semen obtenido (Santiago-Moreno *et al.*, 2009a).

La movilidad masal

La movilidad de los espermatozoides indica el movimiento de una población de espermatozoides contra la resistencia a la temperatura corporal y se encuentra relacionada con la fertilidad (Froman y Feltmann, 1998). La movilidad de los espermatozoides se ve afectada por factores fisiológicos, nutricionales y ambientales. Por ejemplo, el estrés oxidativo afecta el desempeño reproductivo (Rui *et al.*, 2017), al momento de la eyaculación la temperatura ambiental puede influir en la movilidad de los espermatozoides (Santiago-Moreno *et al.*, 2011). Además, un rasgo característico de las aves, es que los espermatozoides de las aves a diferencia de los espermatozoides de los mamíferos, adquieren su movilidad y parte de su capacidad de fertilización tan pronto como salen de los testículos (Howarth, 1983). Por lo que es importante conocer las particularidades de las características del semen de gallos criollos para un manejo adecuado.

Durante el proceso de conservación de semen de gallos, la movilidad de los espermatozoides se reduce de 30 a 60% después del proceso de congelación-descongelación (Long 2006). Esto debido a que el contenido de ATP (Adenosin Trifosfato) de los espermatozoides disminuye considerablemente después del proceso de descongelación (Madeddu *et al.*, 2010). Además, en estudios previos se ha reportado la influencia de la estación del año en la movilidad de los espermatozoides de gallos durante el proceso de conservación de semen, obteniéndose mejores resultados durante la estación de primavera, la cual coincide con los días con más horas luz y lo cual parece conferir alguna protección a los espermatozoides criopreservados (Santiago-Moreno *et al.*, 2011).

Viabilidad espermática

Existe más de un criterio para la evaluación de la calidad del semen, uno de los más importantes es el porcentaje de espermatozoides vivos y con estructura morfológica normal, para lograr el mayor potencial de fertilización (Lukaszewicz *et al.*, 2020). Esta

evaluación se realiza con la técnica de tinción eosina-nigrosina la cual permite el análisis de la estructura del espermatozoide y es una de las técnicas más conocidas y utilizadas (Lake, 1978). Esta técnica permite observar el porcentaje de espermatozoides vivos, muertos y con morfología normal. Los espermatozoides vivos y normales se caracterizan por poseer una membrana plasmática intacta que los protege de la penetración de la eosina, estos espermatozoides se observan de color blanco, mientras que los espermatozoides muertos y dañados tienen una membrana plasmática permeable, que permite la penetración de la eosina en la célula para teñir de rosa los orgánulos internos (Bakst y Cecil, 1997). En cuanto a la morfología de estos, se clasifican en morfológicamente normales o con defectos en el acrosoma (torcido o suelto), cabeza (bulbo, pequeño, agrandado, enrollado), cuello (roto en un ángulo diferente en relación con la cabeza), pieza intermedia y cola (hinchada, ondulada, parcial o totalmente ausente) (Alkan *et al.*, 2002).

Morfología espermática

En cuanto a la morfología de los espermatozoides esta puede ser considerada como un indicador para predecir su capacidad de fertilización(Lukaszewicz, 1988), selección de machos y para la crioconservación con fines de inseminación artificial (Donoghue y Wishart, 2000). Las características seminales de gallos reproductores se ven comprometidas con el envejecimiento, por lo que la edad es un factor que influye en el porcentaje de anormalidades (Elagib *et al.*, 2012; Shanmugan *et al.*, 2014; Juárez *et al.*, 2018), independientemente del genotipo (Shanmugan *et al.*, 2012). En cuanto a razas locales se ha observado que las anormalidades más comunes se encuentran en la cabeza y cola, además de que son valores más altos a los encontrados en gallos reproductores Ross-308 (Tabatabaei *et al.*, 2009). Además, Santiago-Moreno *et al.* (2009a), reportaron que no hay efecto de las estaciones en el porcentaje de anormalidades de los espermatozoides en gallos locales de España, mantenido bajo condiciones de fotoperiodo y ambiente natural. Fattah *et al.* (2017) mencionan que el porcentaje de anormalidades máximo en el semen de gallos no debe ser mayor a 10%.

Concentración espermática

De acuerdo a Tabatabaei (2012), la evaluación de la movilidad, viabilidad, morfología y concentración espermática, son parámetros importantes a considerar en la evaluación de la calidad seminal. La concentración espermática se expresa como el número de espermatozoides por mililitro de semen. En la literatura revisada se ha encontrado que la concentración espermática en gallos de diferentes razas locales se encuentra en un rango de $1000 \times 10^6/\text{mL}$ a $4730 \times 10^6/\text{mL}$ (Santiago-Moreno *et al.*, 2009b; Adamu *et al.*, 2019), en comparación con otras aves, como en el caso del guajolote (*Meleagris gallopavo*), se ha observado que su concentración espermática es de alrededor 4260×10^6 a 7020×10^6 millones de espermatozoides (Kotlowska *et al.*, 2005; Biwas *et al.*, 2014), mientras que en la codorniz (*Cyrtonyx Japonoica*) su concentración espermática es de alrededor de 592×10^6 (Biswas *et al.*, 2007).

Factores que afectan la reproducción.

Edad

Los gallos reproductores de líneas comerciales alcanzan su pico máximo de fertilidad a las 32 semanas de edad, pero disminuye aproximadamente después de las 45 semanas (Avital-Cohen *et al.*, 2013; Lagares *et al.*, 2017). Por lo que, la edad influye directamente en su desempeño reproductivo, durante el primer año de edad se observa una marcada disminución de la fertilidad e incubabilidad (Akhlaghi *et al.*, 2014a; Ordas *et al.*, 2015), así como del porcentaje de espermatozoides vivos, concentración espermática (Akhlaghi *et al.*, 2014a), y de la concentración de testosterona en sangre (Sarabia-Fragoso *et al.*, 2013), esto último se debe a que hay un aumento de la aromatasa y de las concentraciones plasmática e intratesticulares de estradiol (Weil *et al.*, 1999), lo que cual conlleva a mayores concentraciones de estradiol en relación a menores concentraciones de testosterona conduciendo a la alteración de la espermatogénesis (Dabaja y Schlegel, 2014). Por lo anterior, el semen destinado para la inseminación artificial debe ser de muy buena calidad para garantizar el éxito de la técnica de inseminación. Además, se ha documentado, el efecto de la edad en algunas características seminales como lo es en el porcentaje de espermatozoides vivos en aves comerciales como White Leghorn, Cobb 500 y

Ross 308 (Elagib *et al.*, 2012; Akhlaghi *et al.*, 2014a), mientras que en razas locales, no se ha observado efecto de la edad en el porcentaje de espermatozoides vivos (Shanmugam *et al.*, 2012).

Alimentación

Otro factor que puede influir en la calidad del esperma es la alimentación (Santiago-Moreno *et al.*, 2018). La membrana de los espermatozoides de las aves se caracteriza por tener una mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que los espermatozoides de los mamíferos y, por lo tanto, son más susceptibles a la peroxidación lipídica (LPO) por especies reactivas de oxígeno (ROS) (Borghei-Rad *et al.*, 2017). Por lo que, para mejorar la calidad del semen y la capacidad antioxidante del plasma seminal, se han realizado estudios en diferentes alimentos alternativos como, jengibre, orujo de manzana, hojas de romero (Akhlaghi *et al.*, 2014a; Akhlaghi *et al.*, 2014b; Borghei-Rad *et al.*, 2017), esto debido a que muestran tener un efecto contra el estrés oxidativo que ocurre en los espermatozoides.

Ambiente y fotoperiodo

Los cambios en las condiciones ambientales como: el fotoperiodo, la temperatura y la humedad, pueden tener un gran impacto en la condición reproductiva de las aves (Marshall, 1961). Se han documentado el efecto de la estación en la calidad del semen en aves domésticas (Santiago-Moreno *et al.*, 2009a; Adamu *et al.*, 2019). En aves de la selva roja de la India (*Gallus gallus murghi*) en climas templados se ha registrado que la producción de esperma se detiene totalmente durante algunos meses en el otoño-invierno y alcanza su máximo durante la primavera (Rakha *et al.*, 2017). Santiago-Moreno *et al.* (2011), mencionaron que durante la primavera cuando los días son más largos los espermatozoides son menos susceptibles a los daños por congelación, por lo que el fotoperiodo largo actúa como una señal ambiental, estimulando la secreción de FSH, LH y testosterona, que desempeñan un papel importante en la espermatogénesis y la producción de semen (Thurston y Korn 2000). Además se ha observado que características como la movilidad, la viabilidad y el potencial de fertilización del esperma en gallos se ven afectadas en ambientes con temperatura mayor a 31 °C (McDaniel *et al.*, 1996). El estrés térmico en las aves

comienza cuando la temperatura del ambiente supera los 26 °C, por lo que el rango óptimo de temperatura en las aves es de 18 °C a 22 °C (Lin *et al.*, 2006). Sin embargo en razas locales de Tailandia se observó que el rango de temperatura de 20.6 °C a 31.2°C no influyó sobre la calidad del semen (Sonseeda *et al.*, 2013).

Genética

Durante las últimas décadas se ha logrado una mejora genética en cuanto a los rasgos de crecimiento en pollos de engorda, generando enormes beneficios económicos para la industria avícola. Desafortunadamente, esto se encuentra relacionado con una disminución constante en la eficiencia reproductiva de los gallos reproductores (Hu *et al.*, 2013). Además, se ha observado que gallos reproductores Ross-308 presentan mayor concentración espermática que gallos locales de Irán, sin embargo en cuanto al porcentaje de espermatozoides vivos y morfología, los gallos locales de Irán presentan mejores resultados (Tabatabaei *et al.*, 2009).

Literatura citada

- Adamu, J., Dada, A. and Abbaya, H.Y. 2019. Effect of genotype and seasons on semen characteristics of three indigenous cock types in the semi arid zone of Nigeria. *Int J Avian & Wildlife Biol.* 4 (3): 90-94.
- Ajayi, F.O., Agaviezor, B.O. and Ajuogu, P.K. 2011. Semen characteristics of three strains of local cocks in the humid tropical environment of Nigeria. *J. Anim. Vet. Adv.* 3 (3): 125-127.
- Akhlaghi, A., Ahangari, Y.J., Navidshad, B., Pirsaraei, Z.A. , Zhandi, M., Deldar, H., Rezvani, M.R., Dadpasand, M., Hashemi, S. R, Poureslami, R. and Peebles, E.D. 2014a. Improvements in semen quality, sperm fatty acids, and reproductive performance in aged Cobb 500 breeder roosters fed diets containing dried ginger rhizomes (*Zingiber officinale*). *Poult Sci.* 93:1236-1244.
- Akhlaghi, A., Ahangari, Y.J., Zhandi, M. and Peebles, E. 2014b. Reproductive performance, semen quality, and fatty acid profile of spermatozoa in senescent broiler breeder roosters as enhanced by the long-term feeding of dried apple pomace. *Anim. Reprod Sci.* 147: 64-73.
- Alkan, S., Baran, A.O., Ozdas, B. and Vecen, M. 2002. Morphological defects in turkey semen. *Turkey J Vet Anim Sci.* 26: 1087-1092.
- Avital-Cohen, N., Heiblum, R., Argov-Argaman, N., Rosenstrauch, A., Chaiseha, Y., Mobarkey, N. and Rozenboim, I. 2013. Age-related changes in gonadal and serotonergic axes of broiler breeder roosters. *Domest Anim Endocrinol.* 44 (3): 145-150.

- Bakst, M.R. and Cecil, H.C., 1997. Techniques for semen evaluation, semen storage, and fertility determination. 3. Sperm viability. I. Nigrosin/ eosin stain for determining live/dead and abnormal sperm counts. The Poultry Science Association, Inc., Savoy, Illinois. pp. 29-34.
- Biswas, A., Mohan, J., Sastry, K.V.H. and Tyagi, J.S. 2007. Effect of dietary Vitamin E on the cloacal gland, foam and semen characteristics of male Japanese quail. *Theriogenology*. 67 (2): 259-263.
- Biswas, A., Divya, S., Mandal, A.B., Majumdar, S. and Singh, R. 2014. Effects of dietary supplementation of organic chromium (picolinate) on physical and biochemical characteristics of semen and carcass traits of male turkeys. *Anim Reprod Sci*. 151 (3-4): 237-243.
- Borghei-Rad, S. M., Zeinoaldini, S., Zhandi, M., Moravej, H. and Ansari, M. 2017. Feeding rosemary leaves powder ameliorates rooster age-related subfertility. *Theriogenology*. 101: 35-43.
- Camacho-Escobar, M.A., Lira-Torres, I., Ramirez-Cancino, L., López-Pozos, R. and Arcos-García, J.L. 2006. La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. 10 (28): 3-11.
- Cuca-García, J.M., Gutiérrez-Arenas, D.A. and López-Pérez, E. La avicultura de traspatio en México, Historia y caracterización. *Agroproductividad*. 2018. 8(4): 30-36.
- Dabaja, A.A. and Schlegel, P.N. 2014. Medical treatment of male infertility. *Transl. Androl. Urol*. 3: 9-16.
- Donoghue, A.M. and Wishart, G.J. 2000. Storage of poultry semen. *Anim Reprod Sci*. 62: 213-232.
- Elagib, H.A.A., Musharaf, N.A., Makawi, S.A. and Mohamed, H.E. 2012. The effects of age season on semen characteristics of white leghorn cocks under Sudan Conditions. *Int J Poult Sci*. 11: 47-49.
- Fattah, A., Sharafi, M., Masoudi, R., Shahverdi, A., Esmaeili, V. and Najafi, A. 2017. L-Carnitine in rooster semen cryopreservation: Flow cytometric biochemical motion findings for frozen-thawed sperm. *Cryobiology*. 74: 148-153.
- Froman, D.P. and Feltmann, A.J. 1998. Sperm mobility: a quantitative trait of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Biol Reprod*. 58: 379-384.
- Hall, S. J. and D. G. Bradley. 1995. Conserving livestock breed biodiversity. *Trends. Ecol. Evol*. 10:267–270.
- Hernández-Pérez, J.O. y Jaimes-Piñón, P.X. 2003. La participación de las mujeres en el manejo integral del traspatio. Gobierno del estado de Chiapas. Instituto de la Mujer. Chiapas. 50 pp.
- Howarth, B., Jr. 1983. Fertilizing ability of cock spermatozoa from the testis epididymis and vas deferens following intramaginal insemination. *Biol Reprod*. 28: 586-590.

- Hu, J., Chen, J. L., Wen, J., Zhao, G. P., Zheng, M. Q., Liu, R. R., Liu, W. P., Zhao, L. H., Liu, G. F. and Wang, Z. W. 2013. Estimation of the genetic parameters of semen quality in Beijing-You chickens. *Poult Sci.* 92 (10): 2606-2612.
- Jhonson A.L. 1986. Reproduction of male. En P. D. Sturki. Springer, New York, NY. *Avian physiology.* pp: 432-451.
- Juárez, C.A., Jiménez, A.S., Gutiérrez, V.E. y Segura, C.J.C. 2018. Efecto de la edad sobre la calidad del semen en gallos Rhode Island Rojos. *AICA.* 11:11-18.
- Kotlowska, M., Kowalski, R., Glogowski, J., Jankowski, J. and Ciereszko, A. 2005. Gelatinases and serine proteinase inhibitors of seminal plasma and the reproductive tract of turkey (*Meleagris gallopavo*). *Theriogenology.* 63:1667-1681.
- Lagares, M.A., Ecco, R., Martins, N., Lara, L., Rocha, J. and Vilela, D. 2017. Detecting reproductive system abnormalities of broiler breeder roosters at different ages. *Reprod Domest Anim.* 52: 67-75.
- Lake, P.E., 1978. The principles and practice of semen collection and preservation in birds. In: Symposium of Zoological Society, London, p. 43.
- Lake, P.E. 1981. Male genital organs. In "Form and Function in Birds," Vol. 2 (A.S. King and J. McLelland, Eds.) London and New York: Academic Press, Chapter 1.
- Lin, H., Jiao, H.C., Buyse, J. and Decuypere, E. 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poult Sci J.* 62: 71-86.
- Long, J.A., Bongalhardo, D.C., Pelaez, J., Saxena, S., Settar, P., O'Sullivan, N.P. and Fulton, J.E. 2010. Rooster semen cryopreservation: effect of pedigree line and male age on postthaw sperm function. *Poult Sci.* 89: 966-973.
- Lukaszewicz, E., 1988. Study of diluents for cock's semen storage in the light of laboratory estimation and fertility rates. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Zootechnika XXX 168, 43–59* (in Polish).
- Lukaszewicz, E., Jerysz, A. and Kowalczyk, A. 2020. Effect of semen extenders on viability of ISA Brown and Hubbard Flex roosters' sperm stored for 24h. *Poult Sci.* 99 (5): 2766-2774.
- Madeddu, M., Berlinguer, F., Pasciu, V., Succu, S., Satta, V., Leoni, G.G., Zinellu, A., Muzzeddu, M., Carru, C. and Naitana, S. 2010. Differences in semen freezability and intracellular ATP content between the rooster (*Gallus gallus domesticus*) and the Barbary partridge (*Alectoris Barbara*). *Theriogenology.* 74: 1010-1018.
- Marshall, A.J. 1961. Breeding seasons and migration. In *Biology and Comparative Physiology of Birds*, Vol. II. Ed. Marshall, A.J. Academic Press. NY. p. 307.
- McDaniel, C.D., Bramwell, R.K. and Howarth, Jr. B. 1996. The male contribution to broiler breeder heatinduced infertility as determined by sperm-egg penetration and sperm storage within the hen's oviduct. *Poultry Sci.* 75 (12): 1546-1554.

- Nishiyama, H. 1955. Studies on the accessory reproductive organs in the cock. J. Fac. Agric. Kyushu Univ. 10:277-305.
- Ordas, B., Vahedi, S., Seidavi, A., Rahati, M., Laudadio, V. and Tufarelli, V. 2015. Effect of Testosterone Administration and Spiking on Reproductive Success of Broiler Breeder Flocks. *Reproduction in Domestic Animals*. 50 (5): 820-825.
- Rakha, B.A., Ansari, M.S., Akhter, S. and Blesbois, E. 2017. Effect of season and age on Indian red jungle fowl (*Gallus gallus murghi*) semen characteristics: A 4-year retrospective study. *Theriogenology*, 99: 105-110.
- Rodríguez-Ortega, L.T., Rodríguez-Ortega, A., Vargas-Galicia, A.J., Nieto-Aquino, R., Pérez-Pérez, R.J., Pérez-Aguilar, A.K., Pro-Martínez, A. y González-Cerón, F. 2018. Evaluación de la progenie de gallos Criollos (*Gallus gallus domesticus* L.) con cresta de rosa. *Agroproductividad*.11 (6): 105-109.
- Rodríguez-Ortega, L.T., Vargas-Galicia, A.J., Pro-Martínez, A., Nieto-Aquino, R., Vargas-Monter, J., Felix-Gutiérrez, L. y Rodríguez-Ortega, A. 2019. Evaluación de la progenie de gallos Criollos (*Gallus gallus domesticus* L.) con cuello desnudo y cresta rosa. *Agroproductividad*. 12 (2): 55-59.
- Rui, B.R., Shibuya, F.Y., Kawaoku, A.J., Losano, J.D., Angrimani, D.S., Dalmazzo, A., Nichi, M. and Pereira, R.J., 2017. Impact of induced levels of specific free radicals and malondialdehyde on chicken semen quality and fertility. *Theriogenology*. 90: 11-19.
- Santiago-Moreno, J., Castaño, C., Coloma, M. A., Gomez-Brunet, A., Toledano-Díaz, A., Lopez-Sebastian, A. and Campo, J. L. 2009a. Use of the hypo-osmotic swelling test and aniline blue staining to improve the evaluation of seasonal sperm variation in native Spanish free-range. *Poult Sci*. 88: 2661-2669.
- Santiago-Moreno, J., López-Sebastián, A., Castaño, C., Coloma, M. A., Gómez-Brunet, A., Toledano-Díaz, A., Prieto, M. T. and Campo, J. L. 2009b. Sperm variables as predictors of fertility in Black Castellana roosters; use in the selection of sperm donors for genome resource banking purposes. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2009. 7 (3): 555-562.
- Santiago-Moreno, J., Castaño, C., Toledano-Díaz, A., Coloma, M.A., López-Sebastián, A., Prieto, M.T. and Campo, J.L. 2011. Influence of season on the freezability of free-range poultry semen. *Reprod Domest Anim J*. 47 (4): 578-583.
- Santiago-Moreno, J., Gil, M. G., Dávila, S. G, Campo, J. L., Castaño, C., Toledano-Díaz, A., Prieto, M. T. and Blesbois E. 2018. Access to pasture in an outdoor housing system affects welfare indicators and improves rooster sperm quality in two native Mediterranean breeds. *Poult Sci*. 97: 4433-4441.
- Sarabia-Fragoso, J., Pizarro-Díaz, M., Abad-Moreno, J.C., Casanovas-Infesta, P., Rodríguez-Bertos, A. and Barger, K. 2013. Relationships between fertility and some parameters in male broiler breeders (body and testicular weight, histology

- and immunohistochemistry of testes, spermatogenesis and hormonal levels). *Reprod Domest Anim.* 48: 345-352.
- Sauveur, B. and Reviere, M. 1992. Reproducción en Aves. Cap. VII: 192-238. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España.
- Segura-Correa, J.C. Crecimiento y producción de huevo de gallinas Criollas bajo un sistema de manejo intensivo en Yucatán. Memorias de la XXIII Convención Nacional ANECA; 1998 mayo 6-9; Puerto Vallarta (Jalisco) México. México (D.F.), p. 232-234.
- Segura-Correa, J. C., Sarmiento-Franco, L., Magaña-Monforte, J. G. and Santos-Ricalde, R. 2004. Productive performance of Creole chickens and their crosses raised under semi-intensive management conditions in Yucatan, Mexico, *Br. Poult. Sci.* 45: 342-345.
- Segura-Correa, J. C., Juarez-Caratachea, A., Sarmiento-Franco, L. and Santos-Ricalde R. 2005. Growth of Creole chickens raised under tropical conditions of Mexico. *Trop. Anim. Health. Prod.* 37: 327-332.
- Segura-Correa, J.C., Jerez Salas, M.P. y Sarmiento Franco, L. y Santos-Ricalde, R. 2007. Indicadores de producción de huevo de gallinas Criollas en el trópico de México. *Arch. Zootec.* 56 (215): 309-317.
- Shanmugam, M., Rajkumar, U., Reddy, M.R. and Rama Rao, S.V. 2012. Effect of age on semen quality in naked neck and dwarf chicken under tropical climatic conditions. *Anim Prod Sci.* 52: 964-968.
- Shanmugam, M., Vinoth, A., Rajaravindra, K.S. and Rajkumar, U. 2014. Valuation of semen quality in roosters of different age during hot climatic condition. *Anim Reprod Sci.* 145: 81- 85.
- Sonseeda, P., Vongpralub, T. and Laopaiboon, B. 2013. Effects of environmental factors, ages and breeds on semem characteristics in Thai indigenous chickens: A One-year Study. *Thai J Vet Med.* 43 (3): 347-352.
- Sturkie, P.D. and H. Opel. 1976. Reproduction in the male, fertilization, and early embryonic development. In "Avian Physiology" (3d ed.) (P.D. Sturkie, Ed.). New York: Springer-Verlag, Chapter 17.
- Tabatabaei, S., Batavani, R.A. and Talebi, A.R. 2009. Comparison of semen quality in indigenous and Ross broiler breeder roosters. *I J Anim Vet Adv.* 8 (1): 90-93.
- Tabatabaei, S. 2012. Effect of ascorbic acid on chicken semen quality during liquid storage. *Comp Clin Pathol.* 21: 621-626.
- Thurston, R. J. and Korn, N. 2000. Spermiogenesis in commercial poultry species: Anatomy and control. *Poult Sci.* 79: 1650-1668.
- Weil, S., Rozenboim, I., Degen, A.A., Dawson, A., Friedländer, M. and Rosenstrauch, A., 1999. Fertility decline in aging roosters is related to increased testicular and plasma levels of estradiol. *Gen Comp Endocrinol.* 115: 23-28.

Zaragoza, M.L, Rodríguez, H.J.V., Hernández, Z.J.S., Perezgrovas, G.R., Martínez C.B. and Méndez E.J.A. 2013. Characterization of hens Batsi Alak in the highlands of Southeast México. Arch. Zootec. 62 (239): 321-332.

CAPITULO 1. PHYSICAL AND SEMEN CHARACTERISTICS OF MEXICAN CREOLE ROOSTERS IN SUMMER AND AUTUMN, AT 19° NORTH LATITUDE WITH A CONSTANT PHOTOPERIOD

1.1 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of season (summer and autumn), on live weight, body condition, mass motility, percentage of live spermatozoa and sperm-cell concentration of Creole roosters (*Gallus gallus domesticus*) from Mexico. Semen from 35 -week-old Creole roosters was collected weekly during 10 weeks in summer and autumn, by the dorso-abdominal massage technique. Roosters were individually kept in cages inside a natural environment house with a constant photoperiod (16 hours light:8 hours dark). The average live weight was 4.5% higher ($p<0.05$) in autumn (2.78 kg) than in summer (2.66 kg), therefore increased with age ($r=0.85$, $p<0.05$). Category 2 of body condition, occurred ($p<0.05$) with higher probability than the other categories (0, 1 and 3) and it was also 0.2% higher ($p<0.05$) in autumn (99.96) than in summer (99.81). On average (and in weeks 1 and 3-10), the live spermatozoa percentage was higher in summer than in autumn. Accordingly, live spermatozoa percentage decreased with age ($r=-0.82$, $p<0.05$). In conclusion, Mexican Creole roosters showed higher live spermatozoa percentage in summer than in autumn. Therefore, it is advisable to select these animals not very heavy, not very old and breed them in the summer.

Key words: Mexican Creole roosters, spermatozoa, season, semen characteristics.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SEMINALES DE GALLOS CRIOLLOS DE MÉXICO EN VERANO Y OTOÑO, A UNA LATITUD NORTE 19° CON FOTOPERIODO CONSTANTE

1.2 RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la estación (verano y otoño), sobre el peso vivo, la condición corporal, la movilidad masal, el porcentaje de espermatozoides vivos y la concentración de células espermáticas de gallos criollos (*Gallus gallus domesticus*) de México. El semen de gallos criollos de 35 semanas de edad se recogió semanalmente durante 10 semanas en verano y otoño, mediante la técnica del masaje dorso-abdominal. Los gallos se mantuvieron individualmente en jaulas dentro de una caseta de ambiente natural con un fotoperiodo constante (16 horas de luz:8 horas de oscuridad). El peso vivo promedio fue un 4,5% mayor ($p<0,05$) en otoño (2,78 kg) que en verano (2,66 kg), por lo que aumentó con la edad ($r=0,85$, $p<0,05$). La categoría 2 de la condición corporal, se presentó ($p<0,05$) con mayor probabilidad que las otras categorías (0, 1 y 3) y también fue un 0,2% mayor ($p<0,05$) en otoño (99,96) que en verano (99,81). En promedio (y en las semanas 1 y 3-10), el porcentaje de espermatozoides vivos fue mayor en verano que en otoño. En consecuencia, el porcentaje de espermatozoides vivos disminuyó con la edad ($r=-0,82$, $p<0,05$). En conclusión, los gallos criollos mexicanos mostraron un mayor porcentaje de espermatozoides vivos en verano que en otoño. Por lo tanto, es aconsejable seleccionar estos animales no muy pesados, no muy viejos y criarlos en verano.

Palabras clave: Gallos Criollos de México, espermatozoides, estación, características seminales.

1.3 INTRODUCTION

Animal backyard production is carried out by about 90% of rural families in Mexico, and this activity represents about 10% of the national poultry production [1, 2]. Reproductive performance of backyard poultry (*Gallus gallus domesticus*) can be described in terms of fertility, which in turn influences hatchability [3]. On the other hand, this reproductive performance characteristic, depends on semen quality [4]. This quality can be assessed according to variables such as pH, appearance, volume, mass motility, viability, morphology and sperm-cell concentration [5-7]. Furthermore, semen quality depends on bird genotype [8,7], age [9] and season [10,11]. In particular, environmental temperature is considered to influence the rooster semen characteristics [12,13,7]. For optimal reproductive performance, the environmental temperature should range between 18 and 22 °C [14]. It has been observed that exposure of roosters to high environmental temperature (>31 °C), negatively affect the percentage of live spermatozoa and motility [15]. The effects of environmental temperature on reproductive characteristics are more pronounced in summer [10]. On the other hand, there is evidence that higher relative humidity improves reproductive performance of local breeds [11]. Therefore, environmental temperature and relative humidity are important factors influencing the reproductive performance of roosters; however, the effects of these factors [16] especially in Mexican Creole roosters is scarce and need to be further investigated [16]. The optimal reproductive performance of domestic animals begins with its characterization. For this genotype of poultry, studies have focused on characterization of the Mexican productive systems and phenotypic characteristics such as plumage colour, live weight, crest type, egg production [17-19]. Probably, only Rodriguez-Ortega et al. [20], [21] have addressed the reproductive issue on naked-necked Creole roosters with different type of crest in Mexico. This information exists in other developing countries [22,7,23], but is scarce in Mexico. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of summer and autumn ambient temperature and relative humidity on live weight, body condition and semen characteristics (ejaculation time, semen volume, mass motility, live, dead and abnormal spermatozoa percentages, and sperm-cell concentration) in Mexican Creole roosters.

1.4 MATERIALS AND METHODS

1.4.1 Location

The study was conducted during summer and autumn 2019, at the poultry facilities of the Postgraduate College, Campus Montecillo, in Texcoco, State of Mexico, Mexico, located at 19° 29' north latitude, 98° 53' west longitude and 2,247 masl. Climate was classified as Cw, which corresponds to temperate with summer rainfall, a mean annual temperature of 14.6 °C and a mean precipitation of 558.5 mm [24].

1.4.2 Experimental birds

Seventeen 35-week-old Creole roosters (2.590 ± 0.119 kg live weight) were used. Birds were kept individually in cages (0.6×0.6×0.6 m), inside a poultry house with natural ventilation, regulated by side curtains, with a constant photoperiod (16 h light:8 h dark) during summer and autumn. Roosters were fed a diet containing 17% crude protein and 2800 kcal ME kg⁻¹. During the experimental period, 120 g of feed per animal per day were offered, and water was provided *ad libitum*. Birds were managed according to the standards of the Postgraduate College Animal Welfare Committee [25].

1.4.3 Temperature and relative humidity

Temperature and relative humidity inside the poultry house were recorded daily three times a day, by three homogeneously distributed sensors (digital thermometer-hygrometer with a LCD probe, Veanic, USA). In addition, precipitation, temperature and relative humidity data were obtained from the Montecillo Campus Meteorological Station.

1.4.4 Physical characteristics of Creole roosters and semen collection

1.4.4.1. Live weight

Before the experimental period, birds were trained for ten days to extract semen by the dorso-abdominal massage technique [26]. Before semen extraction and collection, live weight and body condition of each rooster were recorded. Live weight of the fasted roosters was recorded using a digital scale with 5.0 kg capacity and 5 g accuracy (L-PCR, Torrey, Mexico).

1.4.4.2 Body condition

This variable was determined according to the Gregory and Robins [27] methodology. The assessment was carried out by holding the rooster with the left hand, hugging it and avoiding his flapping. The pectoral region was palpated with a hand, the volume of breast muscles was assessed and the protrusion of the keel was evaluated. Each rooster was classified using a scale from 0 to 3: keel with prominent edge and limited breast muscle development (0); keel still prominent, but with more breast muscle development (1); keel less prominent and moderate breast muscle development (2); flat keel edge and well-developed breast muscles (3).

1.4.4.3 Semen collection

Once live weight and body condition were recorded between 9:00 and 11:00 AM, semen was collected from each bird in graduated Eppendorf tubes (5 cm³) and pre-warmed at 41 °C to avoid a temperature shock of the spermatozoa. Semen was evaluated before 45 minutes post collection. During the waiting period, semen samples were kept in a water incubator at 41 °C.

1.4.5 Semen characteristics of Creole roosters

Semen evaluation consisted of ejaculation time (s), semen volume (cm³), mass motility (scale 0 to 5), percentage of live (%), dead (%) and abnormal (%) spermatozoa and sperm-cell concentration (spermatozoa cm⁻³). Each of them is described below.

1.4.5.1 Mass motility

This variable was assessed using the Evans and Maxwell [28] technique based on a scale from 0 (the worst mass motility) to 5 (the best mass motility) to determine the vigour of sperm movement: category 1: 10% of spermatozoa show movement; category 2: no formation of waves, 20-40% of spermatozoa are active; category 3: 45-65% of spermatozoa are active; category 4: vigorous movement, 70-85% of spermatozoa are active and category 5: very vigorous movement with dense waves, 90% or more of spermatozoa are active.

1.4.5.2 Live, dead and abnormal spermatozoa percentages

Percentages of live, dead and abnormal spermatozoa were determined by the eosin-nigrosine staining technique described by Bamba [29]. After the smear, 100 cells were selected and the number of spermatozoa with stained (dead) and intact (live) membrane, and with abnormalities in head or tail was counted [30].

1.4.5.3 Sperm-cell concentration

Sperm-cell concentration was determined as described by Cortez and Gallegos [31]. Spermatozoa were counted using an enhanced Neubauer chamber and a red blood cell pipette. Spermatozoa were counted in 5 ($0.02 \text{ mm}^3 = 5 \times 0.004 \text{ mm}^3$) of the 25 large squares (0.004 mm^3 each) in the chamber (0.1 mm^3), and the sperm-cell concentration per mm^3 was calculated using the following formula: $SC = N \times F \times D$, where SC=sperm-cell concentration (spermatozoa mm^{-3} , N=number of sperm-cells counted in 0.02 mm^3 , F=multiplication factor: 50 mm^3 (because 0.02 mm^3 is $1/50^{\text{th}}$ of 1 mm^3), D=dilution rate: 200 (because semen was diluted $1/200$). Multiplying by 1000 (because 1 cm^3 equals 1000 mm^3), SC resulted in sperm-cells cm^{-3} .

1.4.6 Statistical analysis

The only factor studied was season of the year with two levels: summer and autumn. Variables live weight, semen volume, ejaculation time, spermatozoa percentages and sperm-cell concentration were analysed by repeated measures over time using the

GLMIXED procedure. A multinomial generalised linear mixed (MGLM) model with ordinal multinomial response was used for the ordinal variables: body condition and mass motility, which were reported as probability. The LSD test, $\alpha = 0.05$ was used to compare all means. A Pearson correlation coefficient ($p < 0.05$) was obtained between each pair of physical and semen variables. The statistical package used was SAS version 9.4 [32].

1.4 RESULTS

1.5.1 Temperature and relative humidity

Environmental data recorded during the study period (Table 1) indicated that both temperature and relative humidity inside the poultry house were, on the average, higher in summer than in autumn (21 and 20 °C vs. 75.5 and 59.5%, respectively). The higher relative humidity in summer was due to a higher average rainfall precipitation (2.3 and 1.5 mm, respectively).

Table 1. Environmental data during summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico.

Weeks	Summer	Autumn	Summer	Autumn	Summer	Autumn	Summer	Autumn
	¹ Temperature, °C		¹ Precipitation, mm		² Temperature, °C		² RH, %	
1	17.1	17.0	0.2	3.4	22.4	21.6	66.8	61.3
2	16.0	16.9	4.2	2.0	20.1	20.9	79.4	60.2
3	16.7	17.1	3.5	1.2	20.8	21.0	77.1	61.3
4	17.4	17.5	6.9	1.0	21.4	20.5	79.8	64.8
5	18.1	16.4	3.4	4.9	21.9	21.3	80.3	61.3
6	17.2	15.9	0.9	0.4	20.4	20.1	76.8	66.7
7	17.5	15.3	0.4	2.2	21.8	20.6	66.3	60.9
8	17.4	15.7	0.4	0.0	21.1	20.5	72.0	58.1
9	16.6	13.1	2.2	0.0	20.7	19.6	79.0	45.7
10	17.1	13.2	1.2	0.0	21.1	18.1	77.7	54.5
Mean	17.0	16.0	2.3	1.5	21.0	20.0	75.5	59.5

¹Meteorological station, ²Poultry house, RH: relative humidity.

1.5.2 Physical characteristics of Creole roosters

1.5.2.1 Live weight

In autumn, live weight ranged from 2.69 to 2.91 kg with a mean value of 2.78 ± 0.038 kg, higher ($p < 0.05$) than that observed in summer, when live weight ranged from 2.50 to 2.76 kg with a mean value of 2.66 ± 0.038 kg (Figure 1).

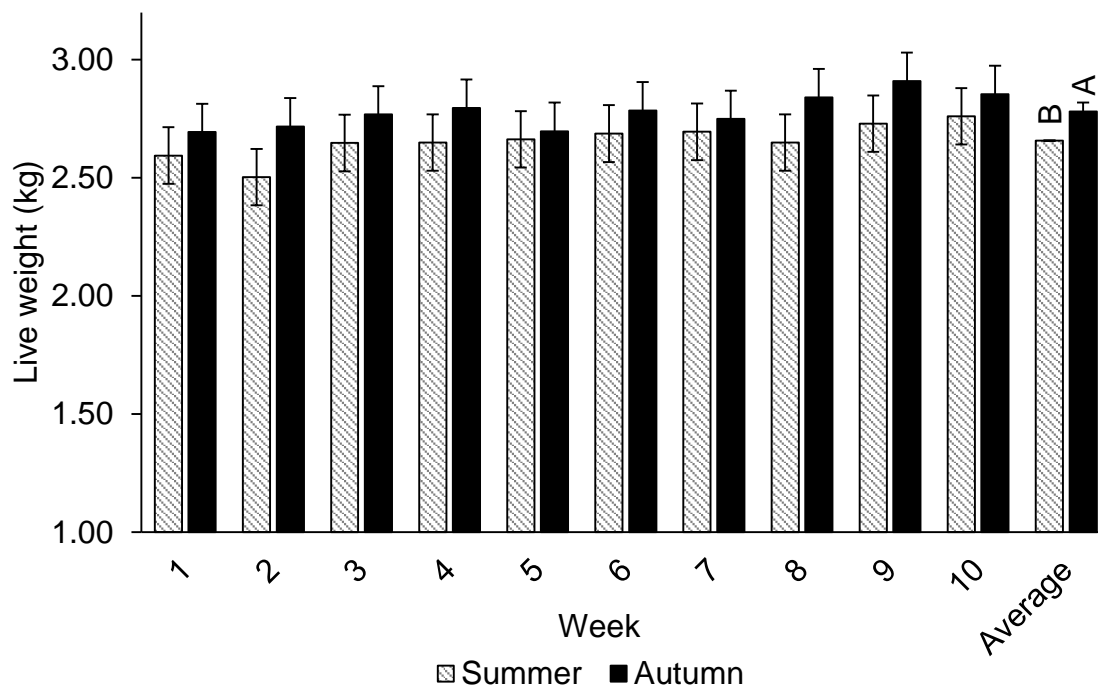


Figure 1. Mean \pm standard error of average and weekly live weight of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Different letters above the bars indicate statistical differences ($p < 0.05$).

1.5.2.2 Body Condition

Of the four categories of body condition (0 to 3), only categories 1 and 2 were observed (Figure 2). The probability of observing category 2 in Creole roosters was slightly lower ($p < 0.05$) in summer (99.81%) than in autumn (99.96%).

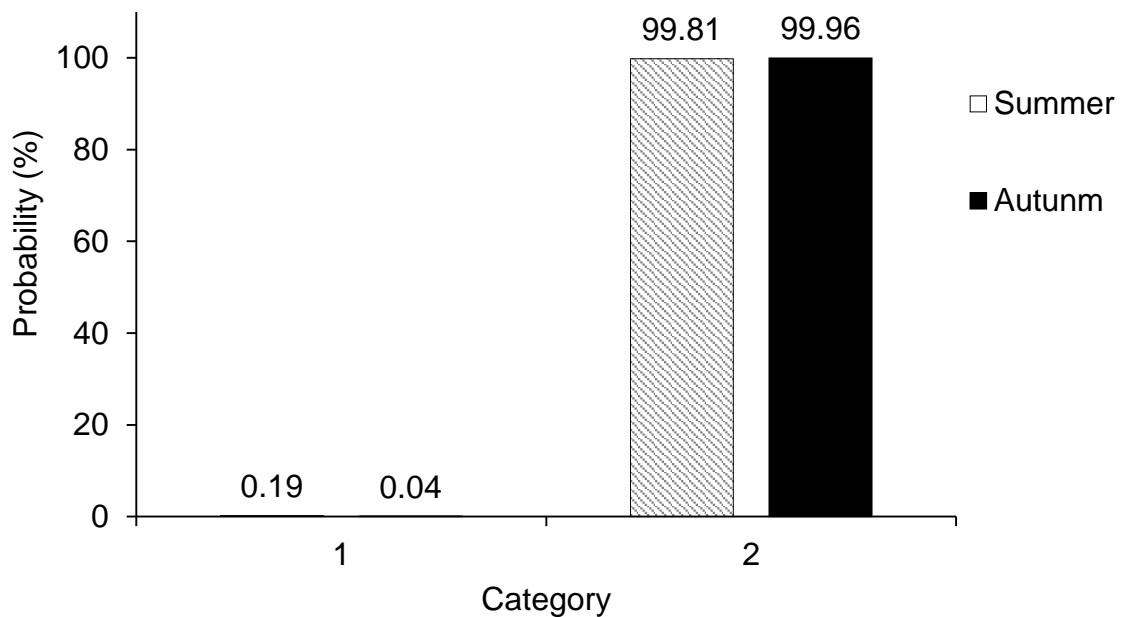


Figure 2. Body condition of Creole roosters during the summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. 1: keel still prominent, but with more breast muscle development; 2: keel less prominent and moderate breast muscle development [27]. Over each category, the LSD test was used for comparison of means.

1.5.3 Semen characteristics of Creole roosters

1.5.3.1 Ejaculation time

On average, ejaculation time (Figure 3) was not different ($p>0.05$) between seasons: summer (7.79 ± 0.2796 s) and autumn (7.54 ± 0.2719 s). However, in contrast with weeks 3, 6 and 8, on weeks 9 and 10 this variable was lower (ejaculation was faster) in summer than in autumn.

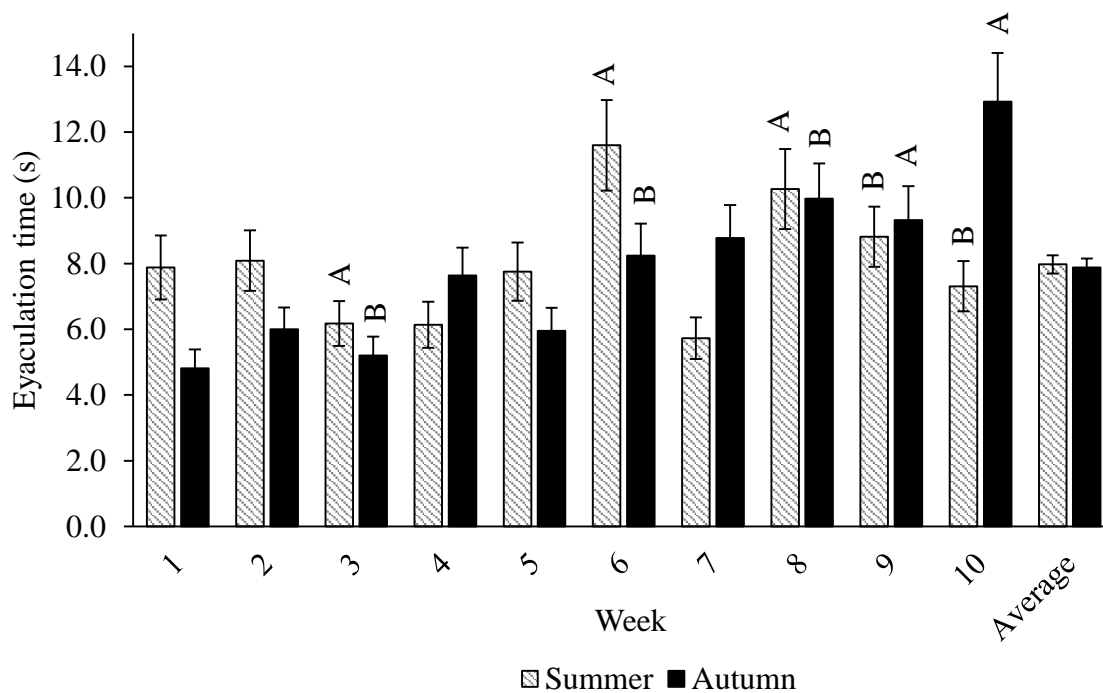


Figure 3. Mean \pm standard error of average and weekly ejaculation time of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Different letters above the bars indicate statistical differences ($p<0.05$).

1.5.3.2 Semen volume

Except for weeks 5 (higher in autumn) and 10 (higher in summer), the other weeks as well as on average, semen volume of Creole roosters (Figure 4) was similar ($p > 0.05$) between summer (0.28 cm^3) and autumn (0.26 cm^3).

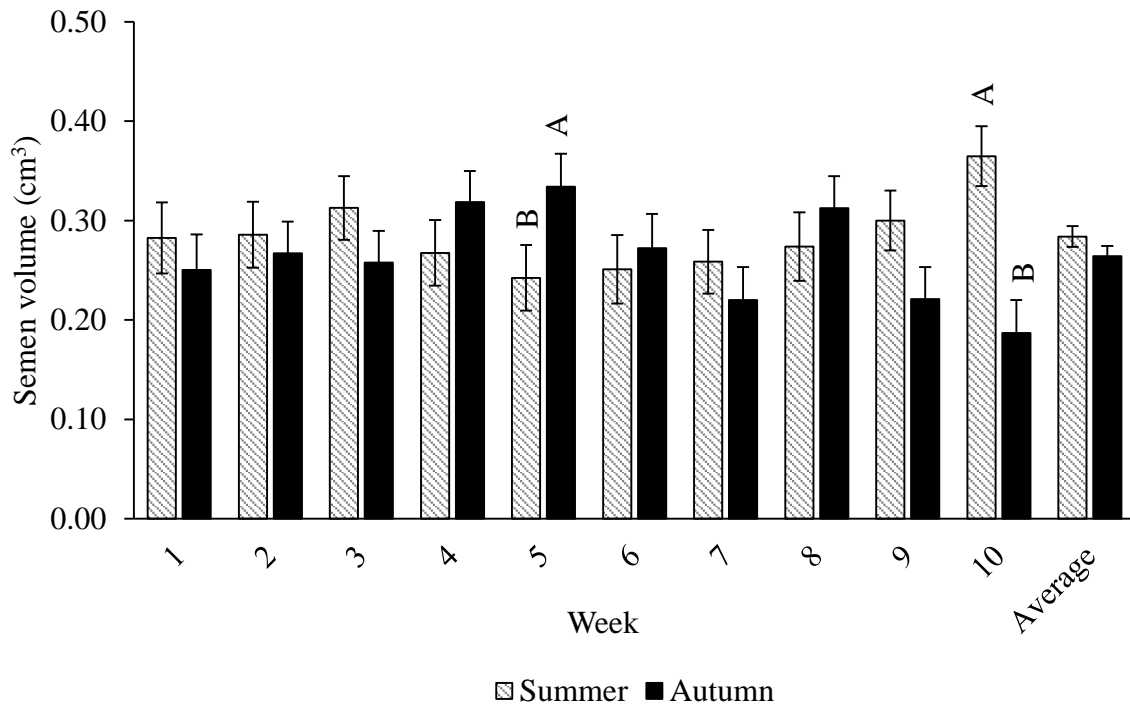


Figure 4. Mean \pm standard error of average and weekly semen volume of Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Different letters above the bars indicate statistical differences ($p < 0.05$).

1.5.3.3 Mass motility

Probability values of semen mass motility of Creole roosters (Figure 5) were not different between seasons ($p>0.05$). With respect to the others, category 5 occurred with the highest probability: summer (59.32%) and autumn (56.42%), and category 2 occurred with the lowest value: summer (6.37%) and autumn (7.01%).

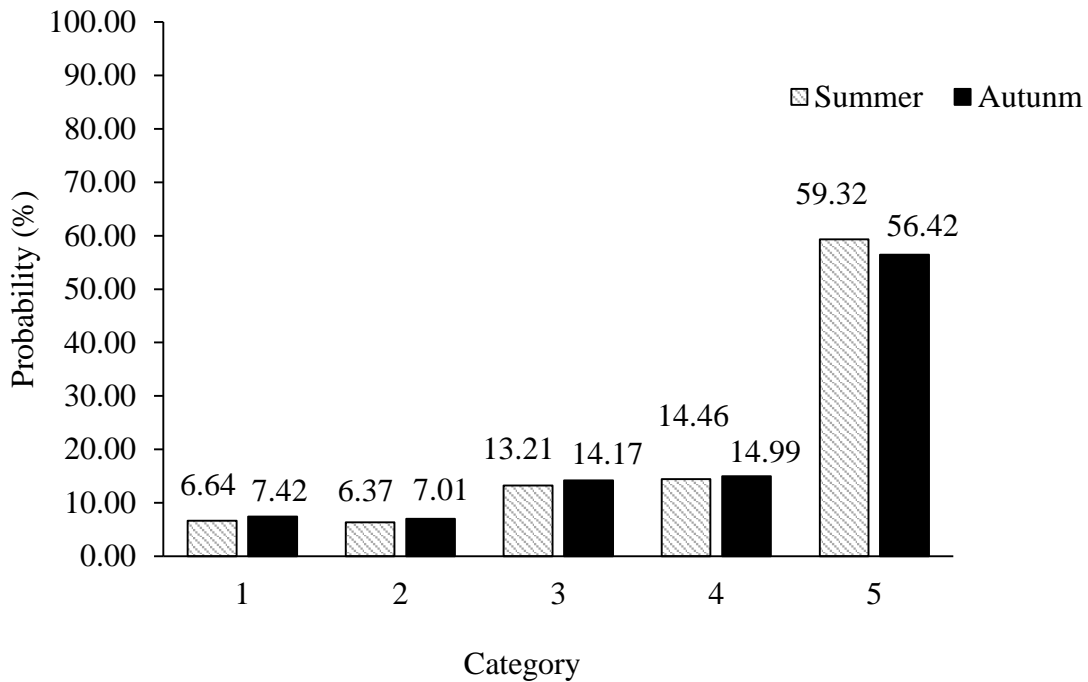


Figure 5. Mass motility of Creole roosters during the summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Category 1: 10% of spermatozoa show movement; category 2: no formation of waves, 20-40% of spermatozoa are active; category 3: 45-65% of spermatozoa are active; category 4: vigorous movement, 70-85% of spermatozoa are active and category 5: dense waves with rapid movement and 90% or more of spermatozoa are active [28]. Over each category, the LSD test was used for comparison of means.

1.5.3.4 Percentage of live, dead and abnormal spermatozoa

On average, as well as on most of the weeks, the percentage of live spermatozoa from semen of Creole roosters (Figure 6) was higher ($p < 0.05$) in summer (avg. 96%) than in autumn (avg. 77%). In contrast, the average percentage of dead spermatozoa was lower ($p < 0.05$) in summer ($2 \pm 0.42\%$) than in autumn ($20 \pm 3.26\%$), while the percentage of abnormal spermatozoa was the same ($p > 0.05$): 1%, in both seasons.

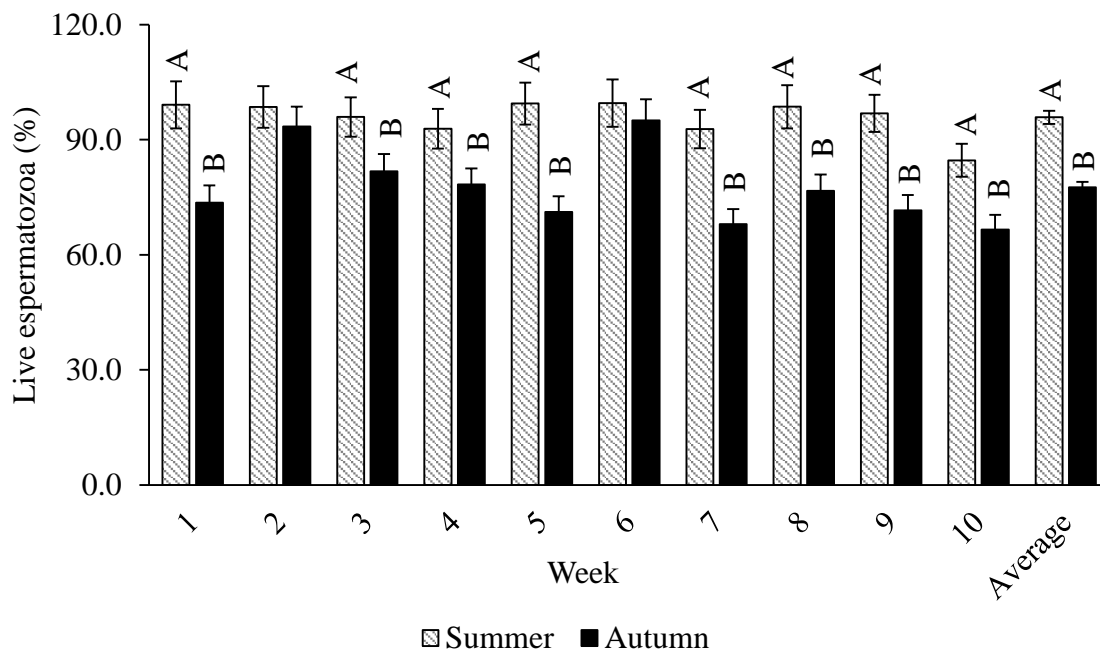


Figure 6. Mean \pm standard error of average and weekly live spermatozoa from Creole roosters during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Different letters above bars indicate statistical differences ($p < 0.05$) [29].

1.5.3.5 Sperm-cell concentration

On average, sperm-cell concentration of Creole roosters did not differ between seasons. However, contrary to weeks 3 and 6 when it was higher in autumn, from weeks 8 to 10, this variable was higher in summer than in autumn (Figure 7).

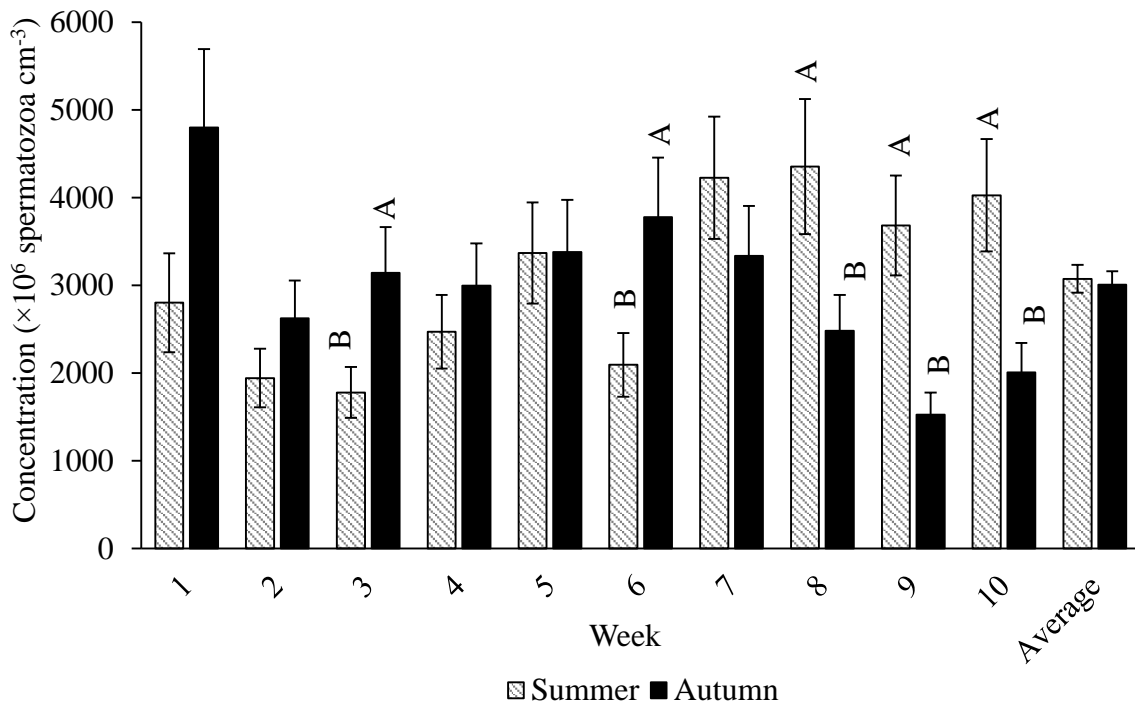


Figure 7. Mean \pm standard error of average and weekly sperm concentration ($\times 10^6$ spermatozoa cm^{-3}) during 10 weeks in summer and autumn of 2019 in Texcoco, State of Mexico, Mexico. Different letters above bars indicate statistical differences ($p < 0.05$) [31].

1.5.4 Pairwise correlation of physical and semen characteristics

A correlation analysis was performed among all physical and seminal variables, including the factors age, and environmental temperature, relative humidity and precipitation. These correlations are not reported in table form because only two were statistically significant ($p < 0.05$): age vs. live weight ($r = 0.85$, $p < 0.05$) and age vs. percentage of live spermatozoa ($r = -0.82$, $p < 0.05$).

1.6 DISCUSSION

The effect of factors such as breed, age and season on semen characteristics of roosters in different regions of the world, has been studied by Santiago-Moreno et al. [12], Elagib et al. [5] and Adamu et al. [7]. However, for Mexican Creole roosters, little or no information was available.

1.6.1 Live weight

The findings of this study indicate that live weight of Creole roosters increased with age, results consistent with those of Juarez et al. [9], using Rhode Island roosters from 6 to 18 months of age. The increase in live weight of broiler breeders is related to a decrease in fertility [33], so, it is advisable to control feed intake to maintain body weight without affecting this reproductive characteristic [34]. Live weight increased slowly with age [9], this is the reason why in this study, roosters gain weight, as the experimental period advanced. Concordantly, Romero-Sánchez et al. [34] found that after sexual maturity broiler males still tend to gain live weight [34].

1.6.2 Body condition

In this study, category 2 of body condition (low prominent keel and moderate breast muscle development) occurred with higher probability than the other categories (0, 1 and 3) and was 0.2% higher in autumn (99.96) than in summer (99.81). A higher category with well-developed and wide breast could affect the mating [35], therefore, more studies are required to assess a possible correlation between body condition and fertility.

1.6.3 Ejaculation time

To achieve ejaculation and obtain semen of good quality, an adequate stimulus is required [36]. In commercial and local breeds no studies were found where ejaculation time was evaluated, in contrast, in other species ejaculation time was found to be positively correlated with semen volume [37]. Therefore, this variable was considered important as a semen characteristic of the Mexican Creole rooster.

1.6.4 Semen volume

In this study, semen volume in summer (0.28 cm³) and autumn (0.26 cm³) was greater than that reported by Elagi et al. [5] in one-year-old White Leghorn roosters in summer (0.21 cm³) and autumn (0.23 cm³). Bah et al. [10] obtained 0.28 cm³ of semen from local breeding roosters in the Sahel region of Nigeria, a similar value to that found in this study. These authors indicated that temperature, relative humidity and precipitation influence semen characteristics. Differences in semen volume also depend on genotype and latitude. With Ross 308 roosters, values of 0.52 cm³ were recorded [38]. Saeid and Al-Soudi [39] reported that a high volume of semen was obtained in summer with the local Iraqi (0.37 cm³) and White Leghorn (0.27 cm³) breeds at 33.7° N latitude, whereas with the New Hampshire breed the highest volume was obtained in autumn and spring.

1.6.5 Mass motility

Probably due to the constant photoperiod, the mass motility in this study did not show significant differences between summer and autumn. A 16-hour light photoperiod acts as an environmental signal, stimulating the secretion of FSH, LH and testosterone, very important hormones for spermatogenesis and semen production [40]. For native roosters of Spain under natural conditions, Santiago-Moreno et al. [13] suggest that, spring was the best season to obtain a good motility of spermatozoa.

1.6.6 Percentage of live, dead and abnormal spermatozoa

In this study, although the photoperiod was constant, the percentage of live spermatozoa from Creole roosters was higher ($p < 0.05$) in summer (higher temperature and relative humidity) than in autumn. Results of the present study were similar to those reported by Obidi et al. [11] in breeding roosters of the Shikabrown line from Nigeria under high values of relative humidity. In this study, percentage of live spermatozoa was negatively correlated with age. Akhlaghi et al. [41] found that in Cobb 500 roosters, the percentage of live spermatozoa decreased with the aging of the birds. Fragoso et al. [42] reported that testes weight and testosterone levels

decreased with age. In contrast, the results of this study differ from those reported by Shanmugam et al. [43] who evaluated breeding roosters of the Indian Dahlem Red line, did not find a decrease in the percentage of live spermatozoa with age.

Shanmugam et al. [43] reported that the percentage of dead spermatozoa in roosters of the Indian Dahlem Red line at 23, 42 and 65 weeks of age was less than 9% and no differences ($p>0.05$) were observed among ages. These percentages of dead spermatozoa were intermediate to those obtained in the present study: 2% (summer) and 20% (autumn).

1.6.7 Sperm-cell concentration

In this study with constant photoperiod, average sperm-cell concentration did not differ between summer and autumn (3076 and 3008 spermatozoa cm^{-3}). These results are in agreement with Santiago-Moreno et al. [12] (summer: 899 and autumn: 714 cm^{-3}), who studied native roosters of Spain under natural temperature and photoperiod conditions (summer: 18 to 24°C with 14 to 16 hours of daylight; and autumn: 4 to 20°C with 12 to 8 hours of daylight). Similarly, Adamu et al. [7], did not find a significant difference between summer (4090 cm^{-3}) and autumn (4710 cm^{-3}) on sperm-cell concentration of one year old local roosters from a semi-arid region of Nigeria; these concentrations were higher than that found in the present study. In contrast Tyler et al. [46] observed no significant difference on sperm-cell concentration in Ross 708 breeding roosters, from 40 to 66 weeks of age at different photoperiods (14, 16, 18, 20 and 22 hours of light). The sperm-cell concentration reported by these authors, was lower than that obtained in our study. Therefore, the results of this study suggest that environmental factors did not influence this variable.

1.6.8 Pairwise correlation of physical and semen characteristics

The correlation ($p<0.05$) age vs. live weight ($r=0.85$) indicate that roosters were still growing during the experimental period. On the other hand, the correlation ($p<0.05$) age vs. live spermatozoa percentage ($r=-0.82$) indicate that as the roosters get older, the percentage of live spermatozoa decreased.

1.7 CONCLUSIONS

In summer, as compared to autumn, creole roosters were not very heavy, not very old, most of them were in good body condition; they ejaculated faster in weeks 9 and 10, had higher semen volume in week 10, most of them produced very vigorous semen with a higher percentage of live spermatozoa in most weeks of the study and had high sperm-cell concentration in weeks 8, 9 and 10. Therefore, it is advisable to select Creole roosters with these characteristics to breed them in the summer.

1.8 REFERENCES

1. Segura-Correa, J.C. Crecimiento y producción de huevo de gallinas Criollas bajo un sistema de manejo intensivo en Yucatán. Memorias de la XXIII Convención Nacional ANECA; 1998 mayo 6-9; Puerto Vallarta (Jalisco) México. México (D.F.), p. 232-234.
2. Camacho-Escobar, M.A.; Lira-Torres, I.; Ramirez-Cancino, L.; López-Pozos, R.; Arcos-García, J.L. La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. **2006**,10 (28): 3-11.
3. Peters, S.O.; Shoyebo, O.D.; Ilori B.M.; Ozoje, M.O.; Ikeobi, C.O.N.; Adebambo, O.A. Semen quality traits of seven strains of chicken raised in the humid tropics. *Int J Poult Sci*. **2008**, 7 (10), 949-953.
4. Ajayi, F.O; Agaviezor, B.O; Ajuogu, P.K. Semen characteristics of three strains of local cocks in the humid tropical environment of Nigeria. *J Anim Vet Adv*. **2011**, 3(3), 125-127.
5. Elagib, H.A.A; Musharaf, N.A; Makawi, S.A.; Mohamed, H.E. The effects of age season on semen characteristics of white leghorn cocks under Sudan Conditions. *Int. J. Poult. Sci*. **2012**, 11, 47-49.
6. Shanmugam, M., Rajkumar, U., Reddy, M.R., Rama Rao, S.V. Effect of age on semen quality in naked neck and dwarf chicken under tropical climatic conditions. *Anim Prod Sci*. **2012**, 52, 964–968.
7. Adamu, J.; Dada, A.; Abbaya, H.Y. Effect of genotype seasons on semen characteristics of three indigenous cock types in the semiarid zone of Nigeria. *Int J Avian & Wildlife Biol*. **2019**, 4(3), 90-94.
8. Tabatabaei, S.; Batavani, R.A.; Talebi, A.R; Comparison of semen quality in indigenous and ross broiler breeder roosters. *I J Anim Vet Adv*. **2009**, 8(1), 90-93.
9. Juárez, C.A.; Jiménez, A.S; Gutiérrez, V.E; Segura, C.J.C. Efecto de la edad sobre la calidad del semen en gallos Rhode Island Rojos. *A/CA*. **2018**, 11,11-18.

10. Bah, G.S.; Chaudhari, S.U.R.; Al-Amin, J.D. Semen characteristics of local breeder cocks in the Sahel región of Nigeria. *Revue ÉIV Méd Vet.* **2001**, 5(2), 153-158.
11. Obidi, J.A.; Onyeanusi, B.I; Retwot, P.I; Ayo, I.O., Dzenda, T. Seasonal variations in seminal characteristics of shikabrowns breeder cocks. *Int J Poult Sci.* **2008**, 7(12), 1219-1223.
12. Santiago-Moreno , J.; Castaño , C.; Coloma , M. A. Gomez-Brunet , A.; Toledano-Diaz , A.; Lopez-Sebastian , A; and Campo J. L. Use of the hypo-osmotic swelling test and aniline blue staining to improve the evaluation of seasonal sperm variation in native Spanish free-range. *Poult Sci.* **2009a**. 88, 2661-2669.
13. Santiago-Moreno, J.; Castaño, C.; Toledano-Díaz, A.; Coloma, M.A.; López-Sebastián, A.; Prieto, M.T. and Campo, J.L. Influence of season on the freezability of free-range poultry semen. *Reprod Domest Anim J.* **2011**. 47(4), 578-583.
14. Lin, H.; Jiao, H.C.; Buyse J.; Decuypere, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poult Sci J.* **2006**, 62, 71-86.
15. McDaniel, C.D; Hood, J.E.; Parker, H.M. An attempt at alleviating heat stress infertility in male broiler breeder chickens with dietary ascorbic acid. *Int J Poult Sci.* **2004**, 3(9), 593-602.
16. Balnave, D. Challenges of accurately defining the nutrient requirements of heat-stressed Poultry. *Poult Sci.* **2004**, 83, 5-14.
17. Segura Correa, J.C; Jerez Salas, M.P; Sarmiento Franco, L.; Santos Ricalde, R. Indicadores de producción de huevo de gallinas Criollas en el trópico de México. *Arch. Zootec.* **2007**, 56(215), 309-317.
18. Zaragoza, M.L; Rodríguez, H.J.V; Hernández, Z.J.S; Perezgrovas, G.R; Martínez C.B; Méndez E.J.A. Characterization of hens Batsi Alak in the highlands of Southeast México. *Arch. Zootec.* **2013**, 62(239), 321-332.
19. Cuca-García, J.M; Gutiérrez-Arenas, D.A; López-Pérez, E. La avicultura de traspatio en México, Historia y caracterización. *Agroproductividad.* **2018**, 8(4), 30-36
20. Rodríguez-Ortega, L.T.; Rodríguez-Ortega, A.; Vargas-Galicia, A.J; Nieto-Aquino, R.; Pérez-Pérez, R.J; Pérez-Aguilar, A.K.; Pro-Martínez, A.; González-Cerón, F.; Evaluación de la progenie de gallos Criollos (*Gallus gallus domesticus* L.) con cresta de rosa. *Agroproductividad.* **2018**, 11(6), 105-109.
21. Rodríguez-Ortega, L.T; Vargas-Galicia, A.J; Pro-Martínez, A.; Nieto-Aquino, R.; Vargas-Monter, J.; Felix-Gutiérrez, L.; Rodríguez-Ortega, A. Evaluación de la

- progenie de gallos Criollos (*Gallus gallus domesticus* L.) con cuello desnudo y cresta rosa. *Agroproductividad*. **2019**, 12(2), 55-59.
22. Rakha, B.A; Ansari, M.S; Akhter, S.; Blesbois, E. Effect of season and age on Indian red jungle fowl (*Gallus gallus murghi*) semen characteristics, A 4-year retrospective study. *Theriogenology*. **2017**, 99, 105-110.
 23. Santiago-Moreno, J.; López-Sebastián, A.; Castaño, C.; Coloma, M. A.; Gómez-Brunet, A.; Toledano-Díaz, A.; Prieto, M. T. and Campo, J. L. Sperm variables as predictors of fertility in Black Castellana roosters; use in the selection of sperm donors for genome resource banking purposes. *Spanish Journal of Agricultural Research*. **2009b**, 7(3), 555-562.
 24. García, E. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.; México.2004, pp, 91.
 25. COLPOS. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el colegio de postgraduados. 2016, pp,1-18.
 26. Burrows, W.H. and Quinn, J.P. The collection of spermatozoa from the domestic fowl turkey. *Poult Sci*. **1937**, 16, 19-24.
 27. Gregory, N.G. and Robins, J.K. A body condition scoring system for layer hens. *New Zeal J Agric. Res*. **1998**, 41, 555-559.
 28. Evans, G. and Maxwell, W.M.C. *Salamon's artificial insemination of sheep and goats*. Butterworths, Sydney. 1987. p.97.
 29. Bamba, K. Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by bright field microscopy using an Osin-nigrosine stain. *Theriogenology*. **1988**, 29(6),1245-1251
 30. Alkan, S.; Baran, A.O.; Ozdas, B.; Vecen, M. Morphological defects in turkey semen. *Turkish J Vet Anim Sci*. **2002**, 26, 1087-1092.
 31. Cortez, R.C and Gallegos, J.S. 2014. *Bioteconlogías reproductivas moleculares y génicas en ovinos*. Colegio de Posgraduados. 2014. pp, 285.
 32. SAS Institute Inc. SAS user's guide, statistics version. SAS Institute Inc.; Cary, NC, USA. 2011. pp, 959.
 33. Silveira, M.M.; de Freitas, A.G.; Morales, C.A.; Gomes, F.S; Litz, F.H.; Martins, J.M.S.; Fagundes, N.S; Fernes, EA. Feeding management strategy for male broiler breeders and its effects on body weight, hatchability and fertility. *Rev Bras Cienc Avi*. **2014**, 16, 397-402.
 34. Romero-Sánchez, H.; Plumstead, P.W.; Brake, J. Feeding broiler breeder males. 3. Effect of feed allocation program from sixteen to twenty-six weeks and

- subsequent feed increments during the production period on body weight and fertility. *Poult Sci.* **2007**, 86(4), 775-781.
35. McGary, S.; Estevez, I.; Bakst, M.R. Potential relationships between physical traits male broiler breeder fertility. *Poult Sci.* **2003**, 82, 328-337.
 36. Gee, G.F and Temple, S.A. Artificial insemination for breeding non-domestic birds. *Symp. Zool. Soc.* **1978**. Lond. 43, 51-72.
 37. Oberlender, G.; Murgas, L.D.S.; Zangeronimo, M.G.; Silva, A.C; Pereira, L.J. Influence of ejaculation time on sperm quality parameters in high performance boars. *J Anim Sci Adv.* **2012**, 2(5), 499-509.
 38. Jafar, A.Y; Parizadian, B.; Zamani, M. The impact of selenium supplementation on rooster semen quality in liquid condition. *J. Poult Sci.* 2013, 1(1), 23-31.
 39. Saeid, J.M. and Al-Soudi, K.A. Seasonal variation in semen characteristics of White Leghorn New Hampshire indigenous chicken in Iraq. *British Poult Sci.* **1975**, 16(2), 97-102.
 40. Thurston, R.J .and Korn, N. Spermiogenesis in commercial poultry species, Anatomy and control. *Poult Sci.* **2000**, 79, 1650-1668.
 41. Akhlaghi, A.; Jafari, Y.A; Navidshad, B.; Ansari, P.Z.; Zhi, M.; Deldar, H.; Rezvani, M.R.; Dadpas, M.; Hashemi, S.R.; Poureslami, R.; Peebles, E.D. Improvements in semen quality sperm fatty acids reproductive performance in aged Cobb 500 breeder roosters fed diets containing dried ginger rhizomes (*Zingiber officinale*). *Poult Sci.* **2014**, 93(5), 1236-1244.
 42. Fragoso, S.J.; Díaz, M.P.; Moreno, J.C.A.; Infesta, C.; Rodriguez-Bertos, A.; Barger, K. Relationships between fertility and some parameters in male broiler breeders (body and testicular weight, histology and immunohistochemistry of testes, spermatogenesis and hormonal levels). *Reprod. Domest. Anim.* **2013**, 48, 345-352.
 43. Shanmugam, M.; Vinoth, A.; Rajaravindra, K.S.; Rajkumar, U. Valuation of semen quality in roosters of different age during hot climatic condition. *Anim Repro Sci.* **2014**, 145, 81- 85.
 44. Machebe, N.S. and Ezekwe, A.G. Ejaculate characteristics of three genotypes of local cocks in the humid tropics. *J. Trop Agric Food Environ.* **2002**, 3(2), 33-37.
 45. Fattah, A.; Sharafi, M.; Masoudi, R.; Shahverdi, A.; Esmaeili, V.; Najafi, A. L- Carnitine in rooster semen cryopreservation, Flow cytometric biochemical motion findings for frozen-thawed sperm. *Cryobiology.* **2016**, 74, 148-153.
 46. Tyler, N.C.: Lewis P.D.; Gous R.M. Reproductive status in broiler breeder males is minimally affected by a mid-cycle increase in photoperiod. *British Poult Sci.* **2011**, 52(1), 140-145.

CONCLUSIÓN GENERAL

No se encontró efecto de la temperatura y humedad relativa en la mayoría de las características seminales evaluadas en el presente estudio (tiempo de eyaculado, volumen de semen, movilidad masal y concentración espermática) durante el verano y otoño, sin embargo, en verano los gallos Criollos de México tuvieron mayor peso vivo y condición corporal, así como un mayor porcentaje de espermatozoides vivos.