

**DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ SEXUAL EN MACHOS DE  
*Quiscalus lugubris* (ICTERIDAE): MORFOMETRÍA, MUDA E HISTOLOGÍA  
DEL TRACTO REPRODUCTIVO**

**YADI XIMENA FIGUEROA BLANCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2017**

**DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ SEXUAL EN MACHOS DE  
*Quiscalus lugubris* (ICTERIDAE): MORFOMETRÍA, MUDA E HISTOLOGÍA DEL  
TRACTO REPRODUCTIVO**

**YADI XIMENA FIGUEROA BLANCO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito  
para optar al título de Bióloga**

**Directora**

**Ph. D. Martha Patricia Ramírez Pinilla**

**Tutor**

**Ph. D. Víctor Hugo Serrano Cardozo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2017**

*A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su apoyo incondicional constante y perfecto a través del tiempo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al cuerpo docente de la Escuela de Biología de la Universidad Industrial de Santander por los conocimientos impartidos. A mi directora, la profesora Martha Patricia Ramírez Pinilla por su apoyo académico, por su confianza ante mis capacidades y constante motivación. A mi tutor, el profesor Víctor Hugo Serrano Cardozo, a mis compañeros de Laboratorio y en especial a mis amigos Wilfredo Chinchilla, Daniela Villamizar, Carlos Serrano y Heriberto Barbosa por su amistad y colaboración.

Finalmente, a cada uno de los maestros, que marcaron cada etapa de mi camino académico y que me ayudaron a ser mejor en lo profesional y lo personal.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1. OBJETIVOS.....	17
1.1 Objetivo General .....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. METODOLOGÍA .....	18
2.1 Colecta.....	18
2.2 Morfometría y muda.....	18
2.3 Morfología e histología de los tractos reproductivos .....	19
2.4 Análisis estadístico .....	20
3. RESULTADOS.....	22
3.1 Morfología externa .....	22
3.1.1 Morfometría externa.....	23
3.1.2 Muda.....	23
3.2 Morfometría gonadal.....	24
3.3 Morfohistología reproductiva.....	25
3.3.1 Anatomía del sistema reproductor .....	25
3.3.2 Histología de los tractos reproductivos .....	26
3.3.3 Actividad espermatogénica en el tiempo.....	28
4. DISCUSIÓN .....	30
4.1 Morfometría externa.....	30
4.2 Muda.....	31
4.2 Morfología gonadal .....	33
4.3 Morfohistología reproductiva.....	34

4.4 Actividad reproductiva y tiempo .....	35
5. CONCLUSIONES .....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS.....	68

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1.</b> Machos de <i>Quiscalus lugubris</i> .....	49
<b>Figura 2.</b> Distribución por peso corporal y estado reproductivo de los individuos colectados de la población <i>Q. lugubris</i> .....	50
<b>Figura 3.</b> Análisis de clasificación discriminante lineal .....	51
<b>Figura 4.</b> Variación del volumen testicular y puntaje de muda en los machos de <i>Q. lugubris</i> entre los meses de las estaciones climáticas del área de estudio....	52
<b>Figura 5.</b> Relación entre el tamaño testicular y el puntaje de muda en individuos de la población de <i>Q. lugubris</i> .....	53
<b>Figura 6.</b> Características de muda en machos juveniles Zanate Caribeño.....	54
<b>Figura 7.</b> Características de muda en machos adultos Zanate Caribeño .....	55
<b>Figura 8.</b> Distribución por volumen testicular y estado reproductivo de los individuos colectados de la población <i>Q. lugubris</i> .....	56
<b>Figura 9.</b> Sistema reproductivo del macho <i>Q. lugubris</i> .....	57
<b>Figura 10.</b> Sistema reproductivo de machos de <i>Q. lugubris</i> en los diferentes estados de madurez sexual.....	58
<b>Figura 11.</b> Sistema reproductivo de un adulto de <i>Q. lugubris</i> con un único testículo funcional.....	58
<b>Figura 12.</b> Morfohistología testicular.....	59
<b>Figura 13.</b> Epitelio seminífero en machos de <i>Q. lugubris</i> .....	60
<b>Figura 14.</b> Región epididimal en detalle de adultos reproductivos Zanate Caribeño .....	61
<b>Figura 15.</b> Sistema de ductos excurrentes en Zanate Caribeño en diferentes estados de madurez sexual.....	62
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de machos adultos de <i>Q. lugubris</i> en diferentes estados reproductivos y su distribución mensual durante el año de estudio. ....	63

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Diferencias en la morfometría externa. ....	64
<b>Tabla 2.</b> Variación en la actividad reproductiva.....	65
<b>Tabla 3.</b> Diferencias en la morfometría gonadal. ....	66
<b>Tabla 4.</b> Estadios de actividad testicular en machos de <i>Q. lugubris</i> .....	67

## RESUMEN

### **TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ SEXUAL EN MACHOS DE *Quiscalus lugubris* (ICTERIDAE): MORFOMETRÍA, MUDA E HISTOLOGÍA DEL TRACTO REPRODUCTIVO\***

**Autores:** Yadi X. Figueroa-Blanco, Martha P. Ramírez-Pinilla, Víctor H. Serrano-Cardozo\*\*

**Palabras claves:** passeriformes, morfometría, muda, histología, testículos, ductos excurrentes, actividad reproductiva.

**Contenido:** Se estudiaron las características reproductivas y morfológicas de los machos de una población de aves passeriformes de la familia Icteridae, *Quiscalus lugubris*, radicada en el área urbana de Bucaramanga, en donde se ha establecido exitosamente en los últimos años. Se analizó la relación entre los caracteres morfológicos y morfométricos externos de estas aves con su condición reproductiva testicular y su actividad reproductiva anual. Se hace una descripción detallada de la morfohistología gonadal y del ciclo espermatogénico, lo que permitió establecer el estado de actividad reproductiva y de madurez sexual. El sistema reproductivo en los machos consta de un par de tractos asimétricos, en la mayoría de individuos los dos funcionales. La sucesión de ductos desde el testículo hacia la zona caudal incluye los túbulos seminíferos, rete testis, ductos eferentes, conductillos epididimales, ducto epididimal y conducto deferente. La morfología general de los tractos sigue los patrones conocidos para aves. El periodo de actividad reproductiva se estableció entre los meses de enero a octubre, en los que se observaron machos juveniles y adultos reproductivos; entre noviembre y diciembre sólo se observaron adultos inactivos. Por lo tanto, la actividad reproductiva anual parece ser prolongada y estacional. El peso mínimo corporal de madurez sexual en los machos es de 51.8g, sin ser significativamente más pesados y grandes los adultos que los juveniles. Asimismo, las diferencias en la longitud de la cola y el pico entre los machos no son fiables para establecer la madurez y condición reproductiva. Se encuentran juveniles con plumaje y color de iris característico de adultos y por tanto pueden ser clasificados erróneamente como adultos. En machos *Q. lugubris*, como en la mayoría de passeriformes del Neotrópico, la estación de lluvias modula la muda y la reproducción.

---

\*Trabajo de Grado

\*\*Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Directora: Martha Patricia Ramírez Pinilla, Ph. D. y Tutor: Víctor Hugo Serrano Cardozo, Ph. D.

## ABSTRACT

**TITLE:** DETERMINATION OF SEXUAL MATURITY IN MALES *Quiscalus lugubris* (Icteridae): MORPHOMETRY, MOLT AND HISTOLOGY REPRODUCTIVE TRACT \*

**Authors:** Yadi X. Figueroa-Blanco, Martha P. Ramírez-Pinilla, Victor H. Serrano-Cardozo \*\*

**Keywords:** Passeriformes, morphometry, molt, histology, testes, excurrent ducts, reproductive activity.

**Content:** We studied the reproductive and morphological characteristics of a population of passerine birds of the Icteridae family, *Quiscalus lugubris*, settled in the urban area of Bucaramanga, where it has been successfully established in recent years, as well as in other cities of the country. We analyzed the relationship between the morphological and morphometric characters of these birds with their reproductive testicular condition and their annual reproductive activity. A detailed description of the gonadal morphology and the spermatogenic cycle is made, which allowed to establish the state of reproductive activity and sexual maturity. The reproductive system in males consists of a pair of asymmetric tracts, in most individuals the two functional. The succession of ducts from the testis to the caudal zone is the next: seminiferous tubules, rete testis, ductuli efferentes, connecting ductules, ductus epididymidis, and ductus deferens. The general morphology of the tracts follows the patterns known for birds. The period of reproductive activity was established between the months of January to October, in which juvenile males and reproductive adults were observed; only reproductively inactive adults were observed between November and December. Therefore, annual reproductive activity appears to be prolonged and seasonal. The minimum size of sexual maturity in males is 51.8g, without being significantly heavier and larger the adults than juveniles. Also, the differences in tail length and peak length among males are not reliable for establishing maturity and reproductive condition. There are juveniles with plumage and iris color characteristic of adults and therefore can be classified erroneously as adults. In males *Q. lugubris*, as in most passerines of the Neotropics, the rainy season modulates molting and reproduction.

---

\* Trabajo de Grado

\*\*Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Directora: Martha Patricia Ramírez Pinilla, Ph. D. y Tutor: Víctor Hugo Serrano Cardozo, Ph. D.

## **COMPETENCIAS DE LA PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN**

- 1.** Obtiene destreza en la captura y manipulación de aves en campo.
- 2.** Aplica exitosamente los conocimientos teóricos adquiridos sobre la morfología y morfometría externa y sus análisis en aves.
- 3.** Aprende a recolectar y procesar muestras de material biológico para investigación.
- 4.** Adquiere experiencia y destreza en histotecnica y aprende sobre la histología del tracto reproductivo de las aves.
- 5.** Analiza los datos obtenidos y redacta un informe científico con los resultados.

## INTRODUCCIÓN

El Neotrópico se caracteriza por su alta diversidad, especialmente en especies de aves, un grupo del cual hay poca información en cuanto a morfometría, reproducción y muda se refiere. Varios aspectos sobre la biología reproductiva de este grupo se han profundizado para especies de zona templada (Aire, 1982; Graves, 2004; Guallar *et al.*, 2014; Illera & Atienza, 2002; Johnson *et al.*, 2011; Merilä & Sheldon, 1999); sin embargo, su extrapolación en aves del Neotrópico puede ser errada debido a que los eventos de los ciclos de vida de las aves tropicales no siempre corresponden con la nomenclatura de clasificación de edades de la zona templada (Wolfe *et al.*, 2010) y los periodos reproductivos para aves de esta zona no siempre han podido ser delimitados (Echeverry-Galvis & Córdoba-Córdoba, 2008) a causa de diferentes factores ecológicos que los afectan. Así, por ejemplo, la mayoría de aves de hábitats tropicales, en especial paseriformes, no sincronizan su reproducción con los cambios en el fotoperiodo como las aves de zonas templadas o subtropicales, sino que ésta es estimulada por la disponibilidad de alimento y el entorno ecológico (Bauchinger *et al.*, 2009; Dawson, 2008; Moore *et al.*, 2006; Wolfe *et al.*, 2010).

Para establecer la condición reproductiva y madurez sexual en aves se han registrado caracteres morfológicos como la protuberancia cloacal (Rowe, *et al.*, 2008; Schut, *et al.*, 2012), el parche de incubación (Jones, 1971) en hembras y/o machos (Owens, 2002) según el tipo de cuidado parental (Cockburn, 2006); el comportamiento, el estado del plumaje de las aves (color, desgaste, muda activa o inactiva) (Illera & Atienza, 2002; Silveira & Marini, 2012; Wolfe *et al.*, 2010a), además de algunos caracteres morfométricos (cuerda alar, peso, largo total) (Gandini *et al.*, 1992; Silveira & Marini, 2012). El uso de caracteres morfométricos para determinar edad a la madurez sexual o el sexo para aves tropicales (Botero-Delgadillo *et al.*, 2012) es en algunos casos muy efectivo, pero esta efectividad disminuye cuando las diferencias de tamaño corporal disminuyen entre sexos o individuos de la misma especie (Fletcher & Hamer, 2003). De otro lado, la

asociación entre características de plumaje y muda y estado reproductivo y de madurez y sexo son complejas por cuanto por ejemplo se suele presentar solapamiento entre la muda y la época de cría, además, no todas las especies presentan dimorfismo o polimorfismo sexual. De este modo, las aplicaciones del modelo de clasificación por plumaje y muda para aves del Neotrópico han demostrado no ser adecuadas (Wolfe *et al.*, 2010).

Además de las características de morfología y morfometría externas señaladas previamente, en las aves la evidencia de la actividad reproductiva está asociada con la expresión de algún tipo de comportamiento reproductivo, es decir, señales visuales, establecimiento de pareja y cuidado parental de las crías, entre otros (Deviche, 2015). Aunque la observación de estas características en el campo da una idea del estado de madurez y actividad reproductiva de un ave, estos son consecuencia del estado morfofisiológico gonadal; de esta manera, es necesario hacer un análisis del estado de actividad gonadal para determinar con fiabilidad el estado de madurez y estado reproductivo en una especie y así relacionar las manifestaciones en morfología externa y de comportamiento que puedan ser indicadoras honestas o no de estas condiciones.

La mayor parte del conocimiento sobre principios básicos de fisiología y morfología gonadales se han obtenido del estudio en aves galliformes, anseriformes y columbiformes (Bull *et al.*, 2007; Hess *et al.*, 1976; Maruch *et al.*, 1998; Tingari, 1971) dado el gran interés para criadores de aves, tecnologías de incubación y uso comercial. La mayoría de estudios a nivel macro y microscópico del sistema reproductor masculino de las aves se han realizado en especies domésticas, siendo de amplio conocimiento la morfología y variación en el tamaño de las gónadas (Aire, 2002; Vizcarra *et al.*, 2015). Son pocos los estudios para aves paseriformes (Bauchinger *et al.*, 2009; Selander & Hauser, 1965; Wikelski *et al.*, 2000) en los cuales se ha encontrado por ejemplo que el tamaño de los testículos izquierdo y derecho en algunas especies es similar (*Tachycineta bicolor*), pero muchas

especies muestran asimetría del tamaño testicular (*Centropus sp.*, *Porphyrio porphyrio melanotus*, *Gallus gallus*) (Deviche *et al.*, 2011; Vizcarra *et al.*, 2015).

*Quiscalus lugubris* es un ave paseriforme de la familia Icteridae que se distribuye desde las Antillas menores hacia el Noreste de Brasil, sobre los 600-850m a nivel del mar (Hilty *et al.*, 2001). Para Colombia hasta hace unos pocos años sólo se tenían registros de esta especie al este de la Cordillera Oriental y en los Llanos sobre la cuenca del Río Orinoco (Strewe *et al.*, 2009), sin embargo, hoy en día ha ampliado su distribución hacia las Costas de Colombia, extendiéndose sobre el valle del Río Magdalena (Freeman *et al.*, 2012). Son aves ruidosas, audaces y gregarias; de acuerdo con Hilty *et al.* (2001), los machos adultos presentan mayor tamaño que las hembras y un plumaje brillante, negro con irisaciones azul-púrpura, el abdomen y zonas ventrales son ligeramente opacas, mientras que los juveniles son de color marrón y tamaño similar a las hembras.

En este estudio se establecen los estados de actividad reproductiva por análisis de la morfología externa e histología gonadal para los machos de una población de *Q. lugubris*, y se determina la asociación entre caracteres morfológicos externos y de morfometría corporal con la madurez sexual y actividad reproductiva. La información obtenida por observación directa de la morfología externa y su asociación con la actividad testicular y del tracto reproductivo en general del Zanate caribeño es muy importante no sólo para la especie en particular, sino para los paseriformes neotropicales en general ya que se conoce poco sobre la biología reproductiva de estas aves.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo General

Determinar la asociación entre la actividad reproductiva del tracto reproductivo masculino con caracteres de la morfología y morfometría externa en *Q. lugubris*.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Registrar los datos de la morfología externa (presencia de muda y algunas variables morfométricas externas) de los machos.
- Describir la morfología macro y microscópica del tracto reproductivo de machos de *Q. lugubris*.
- Establecer los estados de actividad reproductiva testicular y sus cambios morfológicos con el tiempo.
- Determinar la asociación entre los caracteres de la morfología externa y la histología del tracto reproductor masculino en individuos juveniles y adultos.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Colecta

Se colectaron individuos machos juveniles y adultos de *Q. lugubris* en el campus de la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Bucaramanga y en el parqueadero del Centro Comercial Cañaveral del municipio de Floridablanca (Santander, Colombia) a 7°08'N-73°07'O, 994 m de altitud y 7°4'N-73°6'O, 925 m de altitud, respectivamente. Las capturas se realizaron de 5:30 am a 11:30 am, entre febrero 2015 y enero del 2016 utilizando redes de niebla de 12 metros de longitud. El área de estudio tiene una precipitación anual promedio de 1159 mm (climate-data.org). No hubo diferencias significativas entre los valores históricos de precipitación media y los valores reportados para el año de estudio (T-pareada,  $t_{(0.05,11)}=0.89$ ,  $p=0.38$ ). Las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses más secos son diciembre, enero y febrero, y en menor proporción, junio, julio y agosto. Las temporadas de lluvia se extienden de marzo a mayo y de septiembre a noviembre.

### 2.2 Morfometría y muda

Durante las sesiones de captura se examinaron los individuos para tomar las medidas morfométricas usuales (largo total, envergadura, cuerda alar, longitud del tarso y cola; largo, ancho y alto del pico) tomando como referencia a Clarabuch (2000) y Hernández *et al.* (2011), utilizando una regla de precisión de 0.1 mm y un calibrador Vernier, precisión  $\pm 0.02$  mm; el peso corporal se registró utilizando un dinamómetro de 1.0 g de precisión.

Se registraron datos en cada individuo de presencia de muda corporal, en rémiges (plumas primarias y secundarias de las alas) y rectrices (plumas de la cola); color y desgaste del plumaje siguiendo la terminología y los criterios recientemente propuestos para categorizar la edad, ciclos y estrategias de muda en aves

Neotropicales, propuestos por Johnson *et al.* (2011) y Wolfe *et al.* (2014). Se dio un valor numérico a las plumas de vuelo (rémiges y rectrices) de 0 a 5 en cada individuo, tomando como 0 las plumas viejas y 5 las plumas nuevas (Marini & Durães, 2001; Pinilla & Català, 2000; Silveira & Marini, 2012), para establecer la intensidad de muda de los individuos durante el tiempo de muestreo, diferenciando entre estados y en contraste con la época reproductiva.

Durante los tiempos de captura se realizaron registros fotográficos, observaciones y seguimiento a algunos individuos con el fin de detectar algunos patrones de comportamiento. Estos se describieron para la población estudiada como datos complementarios.

### **2.3 Morfología e histología de los tractos reproductivos**

Posterior al registro de datos externos los individuos fueron eutanizados por asfixia mecánica. Se realizó una disección medioventral para observar los tractos reproductivos y posteriormente extraer, medir (con un calibrador Vernier, precisión  $\pm 0.02$  mm) y pesar las gónadas y ductos asociados (con una balanza digital, precisión  $\pm 0.001$  g), realizando registro fotográfico de las estructuras observadas. La piel de cada individuo fue preparada para ser incluida en la Colección de Ornitología en el Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (Ver anexo 1).

Los tractos reproductivos se dividieron en gónadas y ductos, luego fueron fijados por separado en formaldehído al 10% y posteriormente almacenados en etanol 70%. Los tejidos fueron deshidratados en una serie ascendente de etanol, aclarados en xilol e incluidos en Paraplast®. Las muestras se seccionaron de 5 a 8  $\mu\text{m}$  en un micrótopo rotatorio y las láminas resultantes se tiñeron con hematoxilina-eosina. Los micropreparados se observaron en un microscopio Nikon H55OS® y se tomaron registros fotográficos. Se realizó una descripción de la histología gonadal y de los ductos para la determinación del estado reproductivo (juveniles, adultos

reproductivos activos y adultos reproductivos inactivos) y del estado o fase del ciclo espermatogénico en cada individuo basado principalmente en Selander & Hauser (1965) y otros estudios disponibles para este grupo (Aire, 1982; Deviche, 2015; Deviche, *et al.*, 2011; Maruch *et al.*, 1998; Vizcarra *et al.*, 2015).

Una vez establecida la madurez sexual y los diferentes estados reproductivos de acuerdo con el estado de espermatogénesis a nivel testicular y por la presencia de espermatozoides en los ductos, el epidídimo y/o los túbulos seminíferos, se realizó una descripción comparativa de la morfología externa en relación con los caracteres macroscópicos e histológicos del tracto reproductivo entre los diferentes estados.

#### **2.4 Análisis estadístico**

Se calculó la media y la desviación estándar a los datos cuantitativos obtenidos de morfometría externa y gonadal de los individuos. Para verificar diferencias en la morfometría gonadal (peso y volumen testicular establecido para cada individuo según la fórmula esférica propuesta por Pianka, 1970) en los individuos entre el tracto derecho e izquierdo, se realizó una prueba de t o U pareada.

Todas las variables fueron transformadas por el método de logaritmo (base 10) para satisfacer la asunción de normalidad *a priori* en los análisis. Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables de la morfometría externa entre los individuos para establecer diferencias entre estados reproductivos. Posteriormente, se efectuó un análisis discriminante paso a paso con las variables morfométricas externas que presentaban un valor de correlación menor a 0.3 (Tinsley & Brown, 2000) con el objetivo de identificar las variables que diferenciaran mejor a los grupos y estimar el porcentaje de casos correctamente determinados sobre la base de estas medidas morfométricas.

A fin de evaluar la relación de factores como la intensidad de muda y la precipitación con la actividad reproductiva, se realizó una serie de regresiones lineales entre estos factores y la morfometría gonadal.

Para establecer si las variables morfométricas gonadales y la muda (puntaje de muda de vuelo) están relacionados y son indicadores fiables del estado reproductivo de la especie, se realizó un análisis de covarianza utilizando el peso corporal como covariable, verificando una relación significativa entre la variable y el peso corporal mediante un análisis de regresión previo. De esta manera, se determinó si existían diferencias significativas en el volumen testicular, peso testicular y muda, respecto al estado de actividad reproductiva y entre las temporadas lluviosa y seca en los adultos. En caso encontrar diferencias significativas, se realizó un test *a posteriori* (prueba de Tukey) con un nivel de significancia  $p=0.05$  (Zar, 1999) para verificar entre qué temporadas o estados existían estas diferencias. Los datos fueron procesados empleando el software STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc. 2004).

### 3. RESULTADOS

Se observaron grupos de muchos individuos de *Quiscalus lugubris* (Figs. 1a y 1b) forrajeando con mayor actividad temprano en la mañana; se alimentaron de insectos (Fig. 1c) y detritos del suelo e incluso tomaron como presa otras aves (se observó un macho alimentándose de una *Columbina talpacoti*). Asimismo, se observaron algunos despliegues de cortejo. En el cortejo participan varios machos, generalmente dos machos y una hembra; cuando el macho corteja a la hembra inclina la cabeza y el torso hacia adelante, levanta la cola y agita las alas. Los machos colaboran en la construcción de los nidos sobre árboles altos como las palmas (Fig. 1d) y llevan alimento a los mismos, un macho se queda en el nido haciendo vigilancia, y el otro macho y la hembra van en busca de alimento.

Al inicio de la época en que se colectaron individuos en reproducción activa, se observaron algunos nidos en palmas del Campus universitario, de abril a julio y asimismo actividad de forrajeo en la zona. En la zona de Cañaveral no se observaron nidos, ni actividad de forrajeo; las aves solo llegaban a descansar en la tarde y salían en vuelo temprano en la mañana, de modo que esta zona parece ser utilizada solamente como dormitorio.

#### 3.1 Morfología externa

Se capturaron en total 34 machos *Q. lugubris*. De acuerdo con el análisis histológico gonadal (ver más adelante) 24 fueron machos adultos (17 reproductivamente activos y 7 inactivos) y 10 juveniles. Los adultos presentan plumaje con coloración negra uniforme con irisaciones azul-violeta, ojos color amarillo claro, pico negro, decurvado y fuerte, su cola es cuneiforme y larga (Fig. 1a). Los juveniles presentan una coloración marrón, semejante a la hembra, e iris oscuro en estados de desarrollo gonadal menos avanzado (Fig. 1b); sin embargo, algunos juveniles en

estados de desarrollo gonadal más avanzados tienen una morfología similar a los adultos.

**3.1.1 Morfometría externa.** El peso y la longitud corporal promedio en los adultos ( $66.7 \pm 6.11$  g y  $23.1 \pm 2.3$  cm, respectivamente) y juveniles ( $63.9 \pm 6.9$  g y  $21.5 \pm 3.3$  cm, respectivamente) es similar. No se presentan diferencias significativas en el peso entre estados (Anova,  $F_{(2,31)} = 2.06$ ,  $p=0.15$ ), ni en los adultos (Anova,  $F_{(3,20)}=0.49$ ,  $p=0.6$ ) durante el ciclo anual, confirmando lo observado en la Fig. 2, en la que se observa que el peso mínimo de un macho sexualmente maduro es de 51.84 g.

Los machos adultos reproductivos presentaron valores en la morfometría externa mayores en comparación a los demás individuos, siendo la longitud de la cola y del pico de los adultos en estado reproductivo significativamente diferente de los adultos no reproductivamente activos (Tabla 1). Además, el análisis discriminante permitió identificar estas variables como las que mejor discriminan entre los grupos (Lambda de Wilks=0.55,  $p=0.007$ ), y aunque estos caracteres presentaron mayor variación entre los grupos, tan solo permitieron clasificar correctamente el 67% de los casos individuales (Fig. 3) agrupados originalmente por morfohistología gonadal (40% de los juveniles, 88% de los adultos activos y 57% de los adultos inactivos), evidenciando una alta superposición entre los grupos.

**3.1.2 Muda.** En total se capturaron 18 individuos en muda activa (8 juveniles, 3 adultos en reproducción activa y todos los adultos en reproducción inactiva) y 16 individuos en muda inactiva (2 juveniles y 14 adultos en reproducción activa), sin diferencias significativas en el puntaje de muda entre estados (ANCOVA,  $r^2=0.18$ ,  $F_{(2,30)}=2.85$ ,  $p=0.07$ ). En los machos adultos la variación en el puntaje de muda, no está directamente relacionado con el peso corporal ( $r^2=0.02$ ,  $F_{(1,22)}=1.55$ ,  $p=0.22$ ), como tampoco hay una variación significativa (ANOVA,  $F_{(3,20)}=1.94$ ,  $p=0.15$ ) entre temporadas húmedas y secas (Fig. 4). Sin embargo, el volumen y peso testicular

están relacionados con la muda (Tabla 2, Fig. 5), a mayor tamaño testicular, mayor puntaje de muda; individuos con tamaño testicular bajo y un valor alto de muda fueron juveniles en su primer ciclo de muda.

Siguiendo las características y terminología para la muda (Johnson *et al.*, 2011; Wolfe *et al.*, 2014) los individuos capturados en campo fueron asignados a tres clases de plumaje–edad: plumaje juvenil, formativo y definitivo. 1) *plumaje juvenil* (Fig. 6a): un juvenil en su primer ciclo de muda, con el plumaje resultante de la primera muda pre–básica (FCJ), de color marrón uniforme, suave y tenue, sin desgaste e iris marrón (Fig. 6-1a); colectado en junio. 2) *plumaje formativo* (Fig. 6b): individuos juveniles en su primer ciclo de muda, durante la muda pre–formativa (FPF), plumaje con poco desgaste, opaco y con dos generaciones de plumas en el ala, iris amarillo tenue (Fig. 6-1b); colectados en febrero, marzo, noviembre y diciembre. 3) *plumaje definitivo*: individuos juveniles (Fig. 6c) y adultos (Figs. 7a y 7b) en al menos su segundo ciclo de muda y con el plumaje característico de aves adultas de la especie durante (DPB) o después (DCB) de una muda pre–básica completa (corporal y de vuelo), una sola generación de plumas e iris amarillo brillante (Figs. 6-1c, 7-1a y 7-1b); los juveniles fueron capturados en febrero y marzo y los adultos en muda, algunos con plumaje desgastado y en su mayoría reproductivos no activos, fueron capturados en enero, junio y diciembre; los demás adultos, todos en reproducción activa, ya habían finalizado la muda y fueron colectados de enero a octubre.

### **3.2 Morfometría gonadal**

Los tractos reproductivos izquierdo y derecho de las aves presentan un peso testicular similar (U pareada,  $z = 1.08$ ,  $p = 0.27$ ), pero difieren significativamente en el volumen testicular (U pareada,  $z = 2.40$ ,  $p = 0.016$ ), siendo el testículo izquierdo mayor (Tabla 3) respecto al derecho en la mayoría de individuos.

Entre estados reproductivos, el volumen y el peso testicular, ajustados al peso corporal, varían significativamente (Tabla 3). El volumen testicular es mayor en los adultos en reproducción activa (mínimo 61.6 mm<sup>3</sup>) y difiere de los adultos reproductivos no activos y los juveniles (Fig. 8, Tabla 3), al igual que el peso testicular.

En los adultos la precipitación se relaciona positivamente con el tamaño testicular (Tabla 2); durante el ciclo anual se presentaron variaciones en el peso y volumen gonadal (Tabla 3) de manera que durante la temporada más seca correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero el volumen (Fig. 8) y el peso testicular en los adultos disminuye significativamente.

### **3.3 Morfohistología reproductiva**

**3.3.1 Anatomía del sistema reproductor.** El sistema reproductivo consta de un par de tractos reproductivos, se ubican en la cavidad abdominal, por debajo del intestino, y sobre la pared dorsal y anterior a los riñones (Fig. 9a). Macroscópicamente cada tracto reproductivo está constituido de un testículo, el epidídimo, localizado en la parte dorsomedial del testículo y un ducto deferente (Fig. 9b), el cual es altamente convoluto en los adultos reproductivamente activos (Fig. 9c). El testículo derecho es menos ovalado respecto al izquierdo, y se encuentra en una posición un poco más craneal.

Los juveniles y adultos no reproductivamente activos (Figs. 10a y 10b) tienen tractos reproductivos semejantes. Se observan claras diferencias en las gónadas de los juveniles y adultos inactivos respecto de las de los adultos activos en una menor irrigación sanguínea y un color más oscuro en las gónadas de los juveniles, mientras que los adultos activos (Fig. 10c), además de un tamaño gonadal mayor (Tabla 3), tienen testículos más claros y mayormente irrigados.

Ambos tractos son funcionales en la mayoría de individuos, excepto en un macho en el que se encontró que el testículo izquierdo era apenas visible (Fig. 11a) y no

funcional, debido a que en su morfohistología (Fig. 11b) no se observaron células germinales en el epitelio seminífero (Fig. 11c), ni en la región epididimal (11d); por el contrario, el testículo derecho en este individuo presentó el mayor volumen testicular (183.1 mm<sup>3</sup>) de las muestras registradas.

**3.3.2 Histología de los tractos reproductivos.** Cada testículo (Figs. 12a, 12d y 12g) está formado por una agregación de túbulos seminíferos anastomosados, envueltos por la túnica albugínea (Figs. 12b, 12e y 12h), una capa de tejido conectivo fibromuscular. Los testículos se componen de tejido parenquimal dividido en tejido intersticial, y túbulos seminíferos en los que se encuentra el epitelio seminífero, separados por la lámina basal (Figs. 12c, 12f y 12i). El tejido intersticial contiene vasos sanguíneos y células de Leydig.

En individuos en reproducción activa la túnica albugínea es más delgada, el tejido intersticial es muy reducido, el parénquima está casi totalmente representado por los túbulos seminíferos, estos túbulos son contorneados y de diámetro amplio (Fig. 12b). En el tejido intersticial se observan células de Leydig y en el interior de los túbulos (Fig. 12c) desde la zona basal hacia el centro tubular o zona adluminal se detalla toda la serie de células de la línea germinal, espermatogonias, espermatocitos, espermatides y espermatozoides en etapas o estadios 5 y 6 del ciclo espermatogénico (Fig. 13, Tabla 4).

Adyacente al testículo se encuentra la región epididimal, formada por un conjunto de ductos (Figs. 14a y 15), asociados a tejido conjuntivo fibromuscular. Este sistema de ductos se compone de: 1) la rete testis o red testicular que se constituye de lagunas en la región dorsal del testículo; 2) los ductos eferentes, surgen de la red testicular; 3) los conductillos epididimales, conectados a los ductos eferentes; 4) el ducto epididimal, donde desembocan los conductillos epididimales y finalmente 5) el ducto deferente, conectado hacia la parte distal al ducto epididimal. Este sistema de ductos que comprende la serie de ductos de la región epididimal y el ducto deferente forman los ductos excurrentes del tracto reproductivo de los machos.

Durante la actividad reproductiva los ductos excurrentes parecen tener mayor diámetro tubular, un lumen más amplio y con algunos residuos celulares (Figs. 14a, 15a, 15b y 15c.). Se observan espermatozoides en estadios 5 y 6 del ciclo espermatogénico (detalles Figs. 14a y 15d). Los ductos de la red testicular (Fig. 14b) se bordean por epitelio cúbico simple y escasas fibras musculares alrededor; los ductos eferentes están limitados por epitelio cúbico simple y los conductillos epididimales por epitelio columnar simple (Figs. 14c y 14d y 15b), estos parecen de mayor diámetro a los ductos eferentes, son contorneados y el tejido intersticial asociado es reducido. El ducto epididimal posee un epitelio columnar pseudoestratificado, una mucosa ondulada (Figs. 14e y 15c) y células ciliadas, la capa de tejido conectivo que lo rodea es delgada. Finalmente, el ducto deferente (Fig. 15d) esta bordeado por epitelio columnar pseudoestratificado, pero sin células ciliadas y con capas de tejido conjuntivo más densas. En el estadio 6 hay una gran concentración de espermatozoides en el lumen del ducto deferente (detalle Fig. 15d) y el epitelio que lo bordea es cilíndrico simple muy alto.

En estado de reproducción inactiva la morfohistología testicular cambia notablemente, la túnica albugínea se observa más gruesa, el parénquima contiene mayor cantidad de tejido intersticial, los túbulos seminíferos mantienen su contorno, pero el diámetro tubular se reduce (Fig. 12e). En el epitelio seminífero (Fig. 12f) solo se observan células basales sobre la pared tubular (espermatogonias y células de Sertoli). Hay abundantes residuos celulares en estado de regresión total en estadio 7 (Fig. 13h), en otros individuos el ciclo espermatogénico se encuentra en estadios 2 y 3, con división activa de las espermatogonias y los espermatoцитos primarios (Figs. 13b y 13c, Tabla 4), pero con residuos celulares aun en algunos túbulos.

En estado inactivo los ductos excurrentes de los individuos no se ven muy desarrollados, pero se observa un epitelio cúbico a columnar simple hipertrofiado, y una notable variación en el diámetro tubular (Figs. 15e-15h), también se detalla más espacio intersticial y el tejido conectivo que rodea el ducto deferente se ve más

grueso (Fig. 15h), con más capas de musculo circular liso. En algunos ductos se registró residuos celulares en estadios 3 y 7.

En los juveniles la túnica albugínea se observa mucho más voluminosa, hay gran cantidad de tejido intersticial; el diámetro de los túbulos seminíferos es reducido (Fig. 12h). En el epitelio seminífero se observan células de Sertoli, espermatogonias y algunos espermatoцитos, pero no hay células lumbinales en el centro tubular (estadio 1). En algunos juveniles ya ha iniciado el ciclo espermatogénico y se observan más células de la línea germinal en división (estadios 2-4) y el diámetro tubular parece aumentar, al igual que en individuos en reproducción inactiva.

En los juveniles la región epididimal es muy estrecha, el tejido no se observa hipertrófico, el diámetro de los ductos se ve muy pequeño, inmersos en abundante tejido intersticial (Figs. 15i-15k). Las lagunas de la red testicular solo se observaron en algunos juveniles y están limitadas por epitelio cubico simple (Fig. 15i), así como los ductos eferentes y los conductos epididimales. Estos ductos debido a su pequeño diámetro y forma poco definida son difíciles de diferenciar y en todos los casos los lúmenes carecen de células o desechos celulares (Fig. 15j). En algunos individuos fue posible distinguir el ducto epididimal, dado que se observó con mayor diámetro, lumen y epitelio cubico simple. El ducto deferente (Fig. 15j) se bordea de una delgada capa de tejido conjuntivo y delgadas capas de musculo liso.

**3.3.3 Actividad espermatogénica en el tiempo.** Durante los meses más secos (febrero, junio, y diciembre) se colectaron la mayoría de juveniles en crecimiento y desarrollo gonadal desde el estadio 1 al estadio 3, aunque también se colectaron en los meses húmedos, marzo y noviembre en estadio 4 y 1 respectivamente. Se puede observar que los machos de *Q. lugubris* presentan gónadas en estado reproductivo durante la mayor parte del año, estadios 5 y 6 (Fig. 16), lo que indica que esta especie tiene un período reproductivo prolongado. Sin embargo, se puede apreciar una mayor actividad reproductiva de mayo a agosto. Los individuos entran

en estado de regresión e inactividad reproductiva, estadio 7, es decir, regresión testicular total en diciembre, tiempo en el cual para algunos individuos se da la recrudescencia testicular y ya se ha activado el crecimiento testicular y proliferación celular en estadios 2 y 3. Por lo tanto, no hay un periodo de quiescencia testicular y el inicio de un nuevo ciclo testicular es casi inmediato. Los machos adultos no reproductivos (Fig. 16) se encontraron en los meses de la temporada más seca del año (diciembre, enero y junio).

## 4. DISCUSIÓN

Las características morfohistológicas del aparato reproductor en machos *Q. lugubris* permitieron diferenciar individuos juveniles, machos adultos reproductivos activos e inactivos, estableciendo con mayor confiabilidad el desarrollo gonadal y periodo reproductivo para este paseriforme. Estos resultados son muy importantes dado que son escasos los estudios para paseriformes en donde se realiza histología testicular (Davis & Davis, 1954; Selander & Hauser, 1965) o laparotomías (Wikelski *et al.*, 2000, Wikelski *et al.*, 2003) para establecer periodos reproductivos.

### 4.1 Morfometría externa

Los adultos presentaron un tamaño promedio de 23 cm (longitud total medida desde el pico hasta la cola), en contraste a los 27 cm registrados por Hilty *et al.* (2001). Estas diferencias pueden deberse a cambios en la morfología a nivel poblacional o al método de toma de medidas (Winker, 1998).

Respecto al peso corporal, una variable muy usada en biometría, es estable en machos *Q. lugubris*, sin variaciones significativas entre estados y temporadas, lo cual también ocurre en otros paseriformes del Neotrópico como *Manacus vitellinus*, *Gymnopithys leucaspis* y *Cyphorhinus phaeocephalus* (Wikelski *et al.*, 2000), posiblemente esto esté relacionado con la intensa actividad de forrajeo y disponibilidad de recursos alimenticios dado que los *Q. lugubris* son aves gregarias y de hábitats abiertos y semiabiertos, con árboles dispersos y zonas urbanas (Avendaño *et al.*, 2013). Caso contrario se ha reportado en *Turdus grayi* y *Thraupis episcopus*, paseriformes de trópico que presentan cambios en el peso corporal, como en la mayoría de especies de zona templada (Wikelski *et al.*, 2003), debido a la migración y depósito de grasa estacionalmente.

De forma tradicional la morfometría externa se ha usado como método de diferenciación sexual y de madurez (Botero-Delgado, 2010; Copello *et al.*, 2006;

Ferrer *et al.*, 2016; Sandoval & Mennill, 2013), pero la similitud encontrada entre los individuos estudiados en caracteres externos como la cuerda alar, una variable útil para diferenciar edad y/o sexo en varias especies de Passeriformes (Pyle, 1997), determina que estas medidas no son aplicables para establecer la edad en *Q. lugubris*. Esto explica el bajo porcentaje de clasificación obtenido en el análisis discriminante a partir de diferencias significativas encontradas en las longitudes de la cola y el pico, lo cual puede ser resultado de procesos de desgaste y muda, dado que esta actividad suele coincidir con la inactividad reproductiva, tal como sucede en otras especies (Guilarte *et al.*, 2009; Marini & Durães, 2001).

La similitudes en la morfometría externa de los individuos en los diferentes estados reproductivos, sugiere que en esta especie no hay una relación entre el tamaño corporal y el estado de madurez sexual, contrario a lo que sucede en otras especies de lagartos como *Liolaemus irregularis* (Valdecantos & Lobo, 2007); lagartijas, *Mabuya mabouya* (Ramírez-Pinilla *et al.*, 2002); serpientes, *Liophis semiaureus* (López *et al.*, 2009); anfibios, *Euphlyctis cyanophlyctis* (Gramapurohit *et al.*, 2005); y peces, *Trachurus murphyi* (Cubillos & Alarcón, 2010).

## 4.2 Muda

Aunque se advierte una variación en el puntaje de muda en el periodo de diciembre a febrero (meses secos), esta no fue significativa, por lo cual la actividad de muda no es marcadamente estacional aunque sí coincide con la época de inactividad reproductiva, posiblemente debido el costo energético y disponibilidad de recursos (Echeverry-Galvis & Córdoba-Córdoba, 2008; Hau, 2001); adicionalmente esto puede explicar también la relación directa encontrada entre el peso y volumen testicular con el puntaje de muda, en la época de mayor actividad de muda (con puntajes de muda más bajos) el tamaño testicular disminuye significativamente en adultos en reproducción inactiva.

La actividad de muda se registró en los meses de enero, junio y diciembre en adultos en reproducción inactiva, pero también se encontraron adultos en reproducción activa en enero y junio; siendo la muda y la reproducción eventos asincrónicos en la población de machos adultos *Q. lugubris*. Es posible que como se ha observado en otras especies, este hecho es debido a que en latitudes tropicales, por la alta demanda de energía, la reproducción y la muda, normalmente ocurren cuando hay alta disponibilidad de recursos alimentarios (Guilarte *et al.*, 2009; Hau, 2001), no obstante, si la disponibilidad de recursos se da de forma casi constante en el tiempo, podría extenderse el periodo reproductivo y presentarse un solapamiento entre la muda y reproducción (Dawson, 2015b; Stotz, 1996), lo cual podría explicar que las aves estudiadas tengan un periodo reproductivo de aproximadamente 10 meses y que se encontraran adultos estado reproductivo activo y en muda.

Según el conjunto de datos de plumaje, los machos de *Q. lugubris* presentan una estrategia de muda básica-compleja, con un primer ciclo de muda comprendido por una primera muda pre-básica o “pre-juvenil” y una muda pre-formativa, seguido por un segundo ciclo con muda pre-básica completa (Guallar *et al.*, 2014; Wolfe *et al.*, 2014, 2010). Este patrón de muda es común para la mayoría de paseriformes de Norte América (Pyle, 1997; Pyle *et al.*, 2008) y varias aves Neotropicales recientemente estudiadas (Botero-Delgadillo *et al.*, 2012; Guallar *et al.*, 2014; Pyle *et al.*, 2015; Pyle *et al.*, 2008); sin embargo, Gómez *et al.* (2012) sugieren que otras estrategias de muda poco descritas en especies del Neotrópico parecen ser más comunes de lo esperado. Por ejemplo, la ocurrencia de mudas pre-alternas, en varias especies de Tyrannidae, Thraupidae y Emberizidae (Guallar *et al.*, 2009; Wolfe *et al.*, 2010), por lo que se hace necesario en especies del Neotrópico, incluyendo *Q. lugubris*, estudiar a mayor detalle la muda en poblaciones con un tamaño de muestra grande (Gosselet *et al.*, 2014).

En general las diferencias en el plumaje y color de iris entre juveniles y adultos en *Q. lugubris* son perceptibles (al ojo humano) y permiten su diferenciación como ocurre en la mayoría de aves (Beletsky & Nurney, 2006), pero en algunos individuos

de *Q. lugubris* aunque su plumaje y color de iris es característico de adultos, aún no han adquirido la madurez sexual, por lo cual puede haber un sesgo hacia los adultos (es decir, individuos reproductivos) si se sigue el patrón de muda, dado que no necesariamente las aves con plumaje de adulto han alcanzado la madurez sexual o son reproductivos.

#### 4.2 Morfología gonadal

El sistema reproductivo de los *Q. lugubris* es similar al descrito para *Gallus domesticus* (Bull *et al.*, 2007), *Anas platyrhynchos* (Denk & Kempnaers, 2006) y passeriformes como *Taeniopygia guttata* (Birkhead *et al.*, 1998), *Dendroica caerulescens* (Graves, 2004), está formado por un par de tractos, en la mayoría de individuos ambos funcionales, cada uno consta de un testículo, un sistema de ductos excurrentes y presentan asimetría testicular, siendo el testículo izquierdo más grande que el derecho, un patrón común en aves que exhiben asimetría testicular (Calhim & Montgomerie, 2015; Vizcarra *et al.*, 2015).

La asimetría testicular es más evidente en adultos en reproducción activa, lo cual señalan algunos autores puede deberse a una compensación en caso de que una de las gónadas esté afectada de forma morfológica o fisiológica (Calhim & Birkhead, 2009; Moller, 1994). Wikelski *et al.* (2003) señala que puede estar relacionado con diferentes factores como el sistema de apareamiento, una actividad de muda con un costo nutricional alto, la entrada a una regresión testicular temprana o al inicio de actividad reproductiva tardía. Por otra parte Calhim & Montgomerie (2015) sugieren que estas diferencias se dan por variaciones en la producción de esperma, ya que en *Passer domesticus* (Birkhead *et al.*, 1994) y *Taeniopygia guttata* (Birkhead *et al.*, 1993) se ha encontrado que los testículos más grandes producen más esperma que los testículos pequeños.

El caso del individuo que presentó solo un tracto funcional y con el mayor volumen testicular de todos los individuos, puede deberse a que la falta de funcionalidad del

testículo izquierdo, se compensa con un mayor aumento en el volumen del testículo derecho, además al estar atrofiado un tracto, toda la energía disponible es invertida en el tracto funcional, con el fin de garantizar el éxito reproductivo como ha sido propuesto para otras aves (Graves, 2004; Merilä & Sheldon, 1999; Moller, 1994).

La similaridad observada en la morfometría gonadal entre los juveniles y adultos reproductivos no activos, podría generar una confusión de individuos en recrudescencia gonadal con juveniles, en especial juveniles en desarrollo avanzado, indicando que técnicas como la laparotomía (Echeverry-Galvis & Córdoba-Córdoba, 2008; Wikelski *et al.*, 2000) podrían no ser suficientemente fiables para establecer estados de madurez sexual.

### **4.3 Morfohistología reproductiva**

A nivel histológico los machos *Q. lugubris* presentaron una morfología similar a otras aves previamente estudiadas (Deviche *et al.*, 2011; Jones & Lin, 1993; Selander & Hauser, 1965; Tingari, 1971; Vizcarra *et al.*, 2015), cada testículo es un agregado de túbulos seminíferos anastomosados, con tejido intersticial asociado envuelto por una capa testicular más delgada que en mamíferos (Jones & Lin, 1993), sin embargo estudios en ratites han demostrado que esta capa es considerablemente más gruesa que en otras aves (Aire & Ozegbe, 2007). El epitelio seminífero de los túbulos está dividido en regiones luminal y adluminal entre las cuales se encuentran células de Sertoli; este epitelio contiene células en diferentes estadios de desarrollo del ciclo espermatogénico. Los túbulos seminíferos de los testículos conectan por la parte dorsomedial al epidídimo, un sistema de ductos revestidos por epitelio cúbico a columnar simple, altamente contorneados en aves en estado reproductivo, donde se pueden observar espermatozoides ocupando la luz tubular; similar a otras aves (Aire, 1979; Bull *et al.*, 2007; Maruch *et al.*, 1998) y *Caiman crocodilus crocodilus* (Cabrera *et al.*, 2007). Los conductillos epididimales o conectores al igual que en *Columbina talpacoti* (Maruch *et al.*, 1998) parecen tener una pared más

gruesa que la de los ductos eferentes, sin pliegues y la luz grande y de forma regular en los adultos. Hacia la parte más distal del epidídimo, empieza a visualizarse el ducto deferente bordeado por una capa de tejido conectivo denso de grosor variable, este ducto está bordeado por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico, intermitentemente ciliado al igual que en *Meleagris gallopavo* (Hess *et al.*, 1976).

#### **4.4 Actividad reproductiva y tiempo**

Los machos *Q. lugubris* presentan un periodo de actividad reproductiva de 10 meses (enero a octubre), siendo visibles microscópicamente las células germinales en estadios 5, 6 y 7 del ciclo espermatogénico. En el periodo comprendido entre diciembre y febrero, meses secos, se colectaron individuos con los valores de tamaño testicular más bajos, en los que se observó a nivel histológico un estado de regresión e inmediata recrudescencia gonadal en los adultos; siendo evidente que esta población de machos Zanate Caribeño presenta un patrón de reproducción estacional prolongado, anual y asincrónico. Estos resultados son similares a lo encontrado por Wikelski *et al.* (2003) en siete especies de passeriformes del Neotrópico (volumen testicular determinado por laparotomía), en los que el inicio de la actividad reproductiva se dio de enero a marzo, y finalizó en Noviembre, al inicio de la temporada seca.

Durante el tiempo de actividad reproductiva, se observaron nidos, de enero a julio. En el periodo de inactividad reproductiva, además de coincidir con la actividad de muda, también se colectaron la mayoría de juveniles (noviembre a febrero). Por lo que se deduce que la crianza, la muda y la reproducción están relacionados y posiblemente dependen de algún factor externo. Generalmente, se ha documentado el fotoperiodo como el principal factor causante de esta estacionalidad reproductiva, especialmente en aves de zona templada (Cassone & Yoshimura, 2015; Dawson, 2013, 2015a; Hahn *et al.*, 2015; Vizcarra *et al.*, 2015), lo que podría sugerir que un leve cambio en el fotoperiodo a fin de año (invierno del hemisferio norte) podría estar

relacionado. Sin embargo, también se colectaron individuos no reproductivamente activos en muda en junio, además de juveniles en marzo y junio, lo que indica tal y como sugieren algunos investigadores (Dawson, 2008; Deviche, 2015; Hau, 2001; Vizcarra *et al.*, 2015; Ziemicki, 2003) que en especies neotropicales, principalmente paseriformes, señales no fotoperiódicas como la disponibilidad de alimentos, la lluvia y la temperatura podrían modular la actividad reproductiva, de muda y crianza de polluelos. En los machos Zanate Caribeño se encontró una relación positiva en el volumen y peso testicular con nivel de lluvias, de forma similar ocurrió en *Zonotrichia capensis* (Moore *et al.*, 2006) y *Aimophila carpalis* (Deviche *et al.*, 2006), aves tropicales en las que se observaron poblaciones de diferentes localidades. Se encontró que su fisiología reproductiva era altamente asincrónica y relacionada con los patrones de lluvias locales, demostrando que la lluvia afecta la maduración gonadal. Por otra parte, en un estudio en la especie *Sylvia borin* (Bauchinger *et al.*, 2009), se encontró que la disponibilidad de recursos alimenticios puede influir en la actividad reproductiva estacional, dado que en condiciones limitadas de alimento, las aves tuvieron un crecimiento testicular significativamente más lento en comparación con las aves que se les permitió comer ad libitum.

## 5. CONCLUSIONES

Los caracteres morfológicos y morfométricos externos estudiados en la población de machos *Quiscalus lugubris* no permiten diferenciar con precisión y fiabilidad individuos adultos en estado reproductivo de individuos no reproductivos. Adicionalmente, juveniles con plumaje y color de iris característico de adultos, pueden ser clasificados de forma equivocada como adultos.

Las características macro y microscópicas del tracto reproductivo de machos *Quiscalus lugubris* siguen el patrón general reportado para la mayoría de las aves.

La muda y la reproducción en machos de *Q. lugubris*, como en la mayoría de passeriformes del Neotrópico, están relacionados con la estación de lluvias, presentándose un leve solapamiento entre ellas.

Aunque la actividad reproductiva y la espermatogénesis ocurren de manera continua durante la mayor parte del año, en *Q. lugubris* los machos tienen un corto período de regresión gonadal durante los meses de la temporada más seca del año, indicando que esta población presenta un patrón de reproducción estacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aire, T. A., & Ozegbe, P. C. (2007). The testicular capsule and peritubular tissue of birds: morphometry, histology, ultrastructure and immunohistochemistry. *Journal of Anatomy*, 210(6), 731–740.
- Aire, T. A. (2002). Morphological changes in the efferent ducts during the main phases of the reproductive cycle of birds. *Journal of Morphology*, 253(1), 64–75.
- Aire, T. A. (1982). The rete testis of birds. *Journal of Anatomy*, 135(Pt 1), 97.
- Aire, T. A. (1979). The epididymal region of the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Cells Tissues Organs*, 103(3), 305–312.
- Avendaño, J. E., Cortés-Herrera, J. O., Briceño-Lara, E. R., & Rincón-Guarín, D. A. (2013). Crossing or bypassing the Andes: a commentary on recent range extensions of cis-Andean birds to the West of the Andes of Colombia. *Orinoquia*, 17(2), 207–214.
- Bauchinger, U., Van't Hof, T., & Biebach, H. (2009). Food availability during migratory stopover affects testis growth and reproductive behaviour in a migratory passerine. *Hormones and Behavior*, 55(3), 425–433.
- Beletsky, L., & Nurney, D. (2006). *Birds of the World*. Johns Hopkins University Press.
- Birkhead, T. R., Fletcher, F., & Pellatt, E. J. (1998). Testes asymmetry, condition and sexual selection in birds: an experimental test. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 265(1402), 1185–1189.

Birkhead, T. R., Veiga, J. P., & Moller, A. P. (1994). Male sperm reserves and copulation behaviour in the house sparrow, *Passer domesticus*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 256(1347), 247–251.

Birkhead, T. R., Pellatt, E. J., & Fletcher, F. (1993). Selection and utilization of spermatozoa in the reproductive tract of the female zebra finch *Taeniopygia guttata*. *Journal of Reproduction and Fertility*, 99(2), 593–600.

Botero–Delgadillo, E., Bayly, N., & Gómez–Montes, C. (2012). Ciclos de muda en *Diglossa albilatera* (Thraupidae) y evidencia de un patrón en la adquisición del dicromatismo sexual en el género *Diglossa*. *Boletín SAO*, 21(1), 7pp.

Botero-Delgadillo, E. (2010). Criterios morfométricos y cualitativos para la determinación de la edad y el sexo en *Mionectes olivaceus* (Tyrannidae). *El Hornero*, 25(01), 009–016.

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

Cabrera, F., García, G. C., González-Vera, M. A., & Rossini, M. (2007). Características histológicas del aparato genital masculino de la baba (*Caiman crocodilus crocodilus*). *Revista Científica*, 17(2).

Calhim, S., & Montgomerie, R. (2015). Testis asymmetry in birds: The influences of sexual and natural selection. *Journal of Avian Biology*, 46(2), 175–185.

- Calhim, S., & Birkhead, T. R. (2009). Intraspecific variation in testis asymmetry in birds: evidence for naturally occurring compensation. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 276(1665), 2279–2284.
- Cassone, V. M., & Yoshimura, T. (2015). Chapter 35 - Circannual Cycles and Photoperiodism. In C. G. Scanes (Ed.), *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 829–845). San Diego: Academic Press.
- Clarabuch, O. (2000). El estudio del ave en mano. In: J. Pinilla, ed., *Manual para el Anillamiento Científico de Aves*, 1st ed. Madrid: EO/BirdLife y DGCN-MIMAM, pp.73-79, 87-89.
- Cockburn, A. (2006). Prevalence of different modes of parental care in birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1592), 1375–1383.
- Copello, S., Quintana, F., & Somoza, G. (2006). Sex determination and sexual size-dimorphism in Southern Giant-Petrels (*Macronectes giganteus*) from Patagonia, Argentina. *Emu*, 106(2), 141–146.
- Cubillos, L., & Alarcón, C. (2010). Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38, 178–187.
- Davis, J., & Davis, B. S. (1954). The annual gonad and thyroid cycles of the English sparrow in southern California. *The Condor*, 56(6), 328–345.
- Dawson, A. (2015a). Annual gonadal cycles in birds: Modeling the effects of photoperiod on seasonal changes in GnRH-1 secretion. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 37, 52–64.

Dawson, A. (2015b). Chapter 38 - Avian Molting. In C. G. Scanes (Ed.), *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 907–917). San Diego: Academic Press.

Dawson, A. (2013). The effect of latitude on photoperiodic control of gonadal maturation, regression and molt in birds. *General and Comparative Endocrinology*, *190*, 129–133.

Dawson, A. (2008). Control of the annual cycle in birds: endocrine constraints and plasticity in response to ecological variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *363*(1497), 1621–1633.

Denk, A. G., & Kempenaers, B. (2006). Testosterone and testes size in mallards (*Anas platyrhynchos*). *Journal of Ornithology*, *147*(3), 436–440.

Deviche, P. (2015). Chapter 30 - Reproductive Behavior. In C. G. Scanes (Ed.), *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 695–715). San Diego: Academic Press.

Deviche, P., Hurley, L. L., & Fokidis, H. B. (2011). Avian testicular structure, function, and regulation. *Hormones and Reproduction in Vertebrates*, *4*, 27–69.

Deviche, P., Small, T., Sharp, P., & Tsutsui, K. (2006). Control of luteinizing hormone and testosterone secretion in a flexibly breeding male passerine, the Rufous-winged Sparrow, *Aimophila carpalis*. *General and Comparative Endocrinology*, *149*(3), 226–235.

Echeverry-Galvis, M. A., & Córdoba-Córdoba, S. (2008). Una visión general de la reproducción y muda de aves en el Neotrópico. *Ornitología Neotropica*, *19*, 197–205.

Ferrer, M., Morandini, V., Perry, L., & Bechard, M. (2016). Sex Determination by Morphological Measurements of Black-browed Albatrosses (*Thalassarche melanophrys*) Using Discriminant Analysis. *Waterbirds*, 39(3), 295–299.

Fletcher, K. L., & Hamer, K. C. (2003). Sexing terns using biometrics: the advantage of within-pair comparisons. *Bird Study*, 50(1), 78–83.

Freeman, B. G., Hilty, S. L., Calderón-F, D., Ellery, T., & Urueña, L. E. (2012). New and noteworthy bird records from central and northern Colombia. *Cotinga*, 34(2), 5–16.

Gandini P., Frere E. & Holik T. (1992) Implicaciones de las diferencias en el tamaño corporal entre colonias para el uso de medidas morfométricas como método de sexado en *Spheniscus magellanicus*. *Hornero* 13:211–213.

Gramapurohit, N. P., Shanbhag, B. A., & Saidapur, S. K. (2005). Post-metamorphic Growth, Sexual Maturation and Body Size Dimorphism in the Skipper Frog, *Euphlyctis Cyanophlyctis* (Schneider). *The Herpetological Journal*, 15(2), 113-119.

Graves, G. R. (2004). Testicular Volume and Asymmetry Are Age-Dependent in Black-Throated Blue Warblers (*Dendroica caerulescens*). *The Auk*, 121(2), 473–485.

Grosselet, M., Nochebuena Jaramillo, J. R., Rodríguez Ramos, G., & Ruiz Michael, G. (2014). Extensión de la muda preformativa del buscabreña (*Icteria virens*) a partir de individuos capturados durante la migración de otoño en el sur del estado de Veracruz, México. *Huitzil*, 15(1), 31–36.

Guallar, S., Ruiz-Sánchez, A., Rueda-Hernández, R., & Pyle, P. (2014). Molt topography and its application to the study of partial wing-moult in two neotropical wrens. *Ibis*, 156(2), 311–320.

Guallar, S., Santana, E., Martínez, S. C., Mungria, H. V., Galles, A., de Ciencias Naturales, M., & Barcelona, I. B. de. (2009). *Paseriformes del Occidente de México: morfometría, datación y sexado*. Ajuntament de Barcelona, Institut de Cultura.

Guilarte, E. P.-B. B., Marín, G., & Carvajal, Y. (2009). Muda y Reproducción en aves Passeriformes en un Ecotono Bosque Palustre-Bosque Basimontano Neotropical. *SABER, Universidad de Oriente*, 21(3), 244-249.

Hahn, T. P., Brazeal, K. R., Schultz, E. M., Chmura, H. E., Cornelius, J. M., Watts, H. E., & MacDougall-Shackleton, S. A. (2015). Chapter 36 - Annual Schedules. In C. G. Scanes (Ed.), *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 847–867). San Diego: Academic Press.

Hau, M. (2001). Timing of Breeding in Variable Environments: Tropical Birds as Model Systems. *Hormones and Behavior*, 40(2), 281–290.

Hernandez, A., Campos, F. and Martin, R. (2011). Usefulness of Biometrics to Analyse Some Ecological Features of Birds. In: *Biometrics - Unique and Diverse Applications in Nature, Science, and Technology*, 1st ed. Wilmington, North Carolina: Midori Albert, pp.1-22.

Hess, R. A., Thurston, R. J., & Biellier, H. V. (1976). Morphology of the epididymal region and ductus deferens of the turkey (*Meleagris gallopavo*). *Journal of Anatomy*, 122(Pt 2), 241.

Hilty, S. L., Brown, W. L., Lopez, H. A., & Tudor, G. (2001). Guía de las aves de Colombia. *American Bird Conservancy*.

Illera, J. C., & Atienza, J. C. (2002). Determinación del sexo y edad en la Tarabilla Canaria *Saxicola dacotiae* mediante el estudio de la muda. *Ardeola*, *49*(2), 273–281.

Johnson, E. I., Wolfe, J. D., Ryder, T., & Pyle, P. (2011). Modifications to a molt-based ageing system proposed by Wolfe et al. (2010): Modifications to W-R-P Ageing System. *Journal of Field Ornithology*, *82*(4), 422–424.

Jones, R. C., & Lin, M. (1993). Spermatogenesis in birds. *Oxford Reviews of Reproductive Biology*, *15*, 233–264.

Jones, R. E. (1971). The incubation patch of birds. *Biological Reviews*, *46*(3), 315–339.

López, S. M., Glraudo, A. R., Arzamendia, V., & Chiaraviglio, M. (2009). Biología reproductiva de la serpiente semiacuática *Liophis semiaureus* (Serpentes, Colubridae) en el nordeste de Argentina. *Revista chilena de historia natural*, *82*(2), 233-244.

Marini, M. Â., & Durães, R. (2001). Annual patterns of molt and reproductive activity of passerines in south-central Brazil. *The Condor*, *103*(4), 767–775.

Maruch, S. M. das G., Ribeiro, M. das G., & Teles, M. E. de O. (1998). Morphological and histochemical aspects of the epididymal region and ductus deferens of *Columbina talpacoti* (Temminck) (Columbidae, Columbiformes). *Revista Brasileira de Zoologia*, *15*(2), 365–373.

Merilä, J., & Sheldon, B. C. (1999). Testis size variation in the greenfinch *Carduelis chloris*: relevance for some recent models of sexual selection. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45(2), 115–123.

Moller, A. P. (1994). Directional selection on directional asymmetry: testes size and secondary sexual characters in birds. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 258(1352), 147–151.

Moore, I. T., Bentley, G. E., Wotus, C., & Wingfield, J. C. (2006). Photoperiod-independent changes in immunoreactive brain gonadotropin-releasing hormone (GnRH) in a free-living, tropical bird. *Brain, Behavior and Evolution*, 68(1), 37–44.

Owens, I. P. F. (2002). Male-only care and classical polyandry in birds: phylogeny, ecology and sex differences in remating opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357(1419), 283–293.

Pianka, E. R. (1970). Comparative Autecology of the Lizard *Cnemidophorus Tigris* in Different Parts of Its Geographic Range. *Ecology*, 51(4), 703–720.

Pinilla, J., & Català, G. (2000). Manual para el anillamiento científico de aves. *SEO/BirdLife Y DGCCN-MIMAM. Madrid*.

Pyle, P., Engilis Jr, A., & Kelt, D. A. (2015). Manual para estimar edad y sexo de aves terrestres del Parque Nacional Bosque Fray Jorge y Chile Central, con notas sobre rangos de distribución y estación reproductiva (Special Publication of the Occasional Papers of the Museum of Natural Science).

Pyle, P., Jones, S. L., & Ruth, J. M. (2008). Molt and aging criteria for four North American grassland passerines.

Pyle, P. (1997). Molt limits in North American passerines. *North American Bird Bander*, 22(2), 49–89.

Ramírez-Pinilla, M. P., Serrano, V. H., & Galeano, J. C. (2002). Annual reproductive activity of *Mabuya mabouya* (Squamata, Scincidae). *Journal of Herpetology*, 36(4), 667–677.

Rowe, M., Bakst, M. R., & Pruett-Jones, S. (2008). Good vibrations? Structure and function of the cloacal tip of male *Australian Maluridae*. *Journal of Avian Biology*, 39(3), 348–354.

Sandoval, L., & Mennill, D. J. (2013). Morphometric measurements permit accurate sexing of three species of Mesoamerican ground-sparrow (Genus: *Melospiza*). *Wilson Journal of Ornithology*, 125(3), 471–478.

Schut, E., Magrath, M. J. L., Oers, K. van, & Komdeur, J. (2012). Volume of the Cloacal Protuberance as an Indication of Reproductive State in Male Blue Tits *Cyanistes caeruleus*. *Ardea*, 100(2), 202–205.

Selander, R. K., & Hauser, R. J. (1965). Gonadal and behavioral cycles in the Great-tailed Grackle. *The Condor*, 67(2), 157–182.

Silveira, M. B., & Marini, M. Â. (2012). Timing, Duration, and Intensity of Molt in Birds of a Neotropical Savanna in Brazil. *The Condor*, 114(3), 435–448.

StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), v. 7.0. StatSoft. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Stotz, D. F. (1996). *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. University of Chicago Press.

Strewe, R., de León, C. V., Alzate, J., Beltrán, J., Moya, J., Navarro, C., & Utria, G. (2009). Las aves del campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. *Intropica*, 4(1), 8.

Strewe, R., Villa-De León, C., Lobatón, G., Rozo, A. M., & Quiñones, F. A. (2006). Ampliación del rango de distribución del chango llanero *Quiscalus lugubris* (Icteridae) en Colombia. *Intropica*, 3, 109.

Szekely, T., Lislevand, T., & Figuerola, J. (2007). Sexual size dimorphism in birds. *Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*, 27–37.

Tingari, M. D. (1971). On the structure of the epididymal region and ductus deferens of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Journal of Anatomy*, 109(Pt 3), 423.

Tinsley, H. E. A., & Brown, S. D. (2000). *Handbook of Applied Multivariate Statistics and Mathematical Modeling*. Elsevier Science.

Valdecantos, M. S., & Lobo, F. (2007). Dimorfismo sexual en *Liolaemus multicolor* y *L. irregularis* (Iguania: Liolaemidae). *Revista Española de Herpetología*, 21, 55-69.

Vizcarra, J., Alan, R., & Kirby, J. (2015). Chapter 29 - Reproduction in Male Birds. In C. G. Scanes (Ed.), *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* (Sixth Edition, pp. 667–693). San Diego: Academic Press.

Wikelski, M., Hau, M., Robinson, W. D., & Wingfield, J. C. (2003). Reproductive seasonality of seven neotropical passerine species. *The Condor*, 105(4), 683–695.

Wikelski, M., Hau, M., & Wingfield, J. C. (2000). Seasonality of reproduction in a neotropical rain forest bird. *Ecology*, *81*(9), 2458–2472.

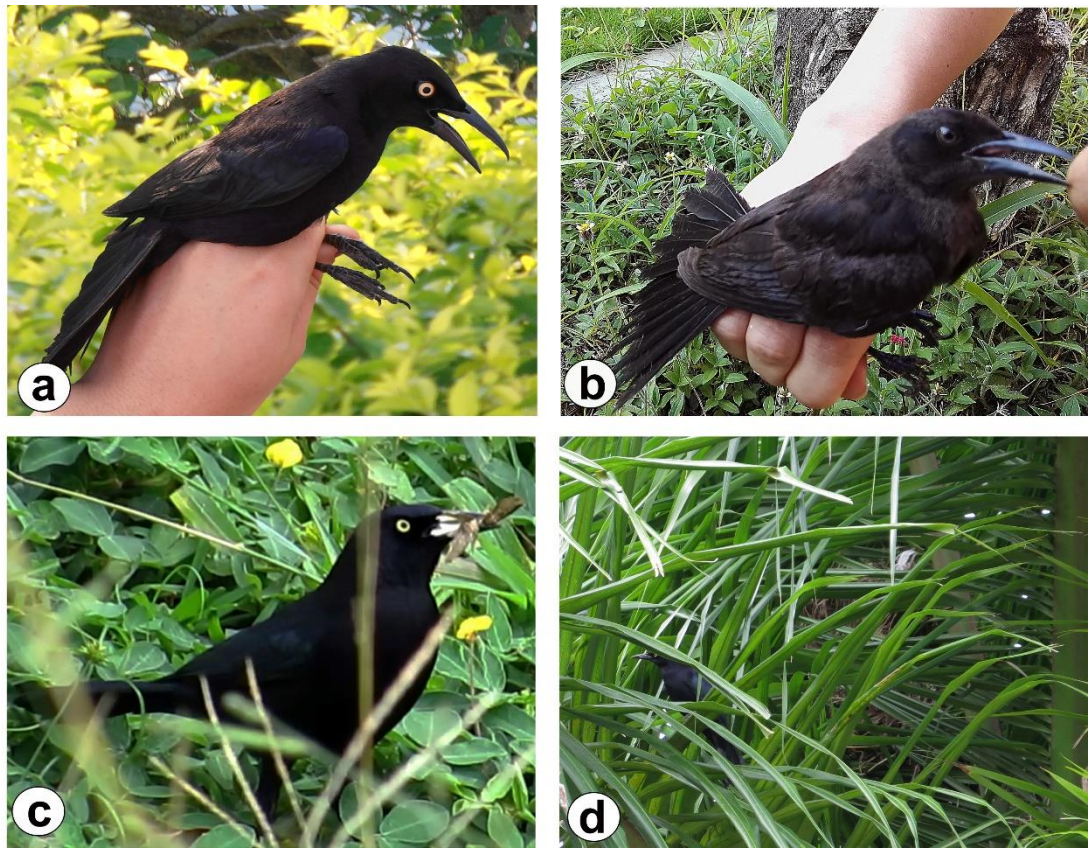
Winker, K. (1998). Suggestions for measuring external characters of birds. *Ornitologia Neotropical*, *9*, 23–30.

Wolfe, J. D., Johnson, E. I., & Terrill, R. S. (2014). Searching for consensus in molt terminology 11 years after Howell et al.'s “first basic problem.” *The Auk*, *131*(3), 371–377.

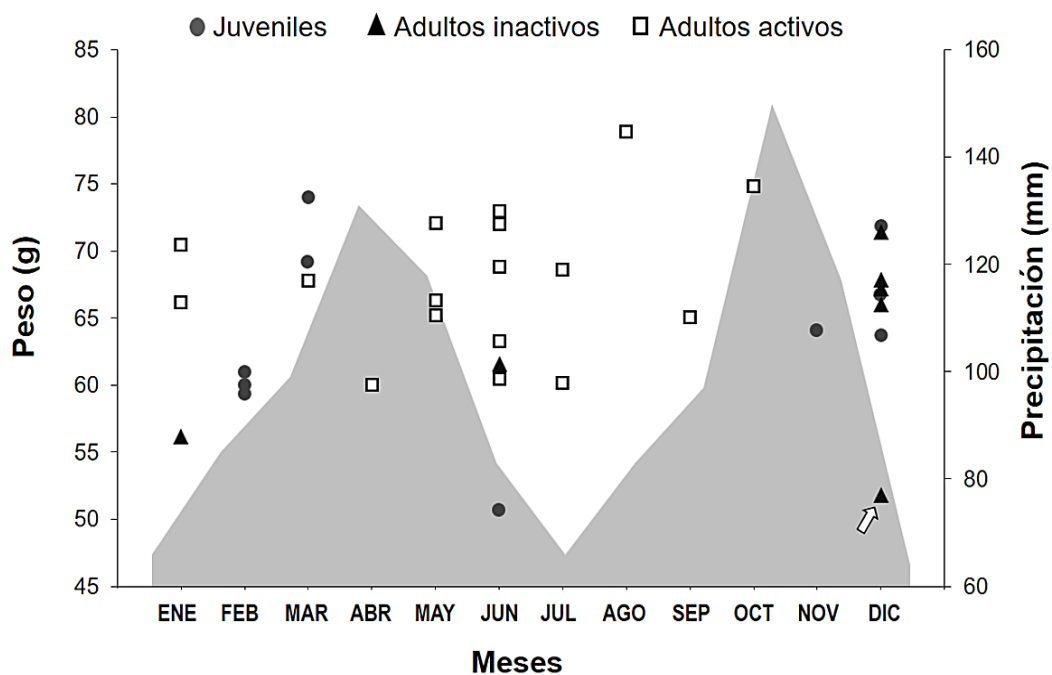
Wolfe, J. D., Ryder, T. B., & Pyle, P. (2010). Using molt cycles to categorize the age of tropical birds: an integrative new system: Molt-Cycle Age-Categorization System. *Journal of Field Ornithology*, *81*(2), 186–194.

Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall.

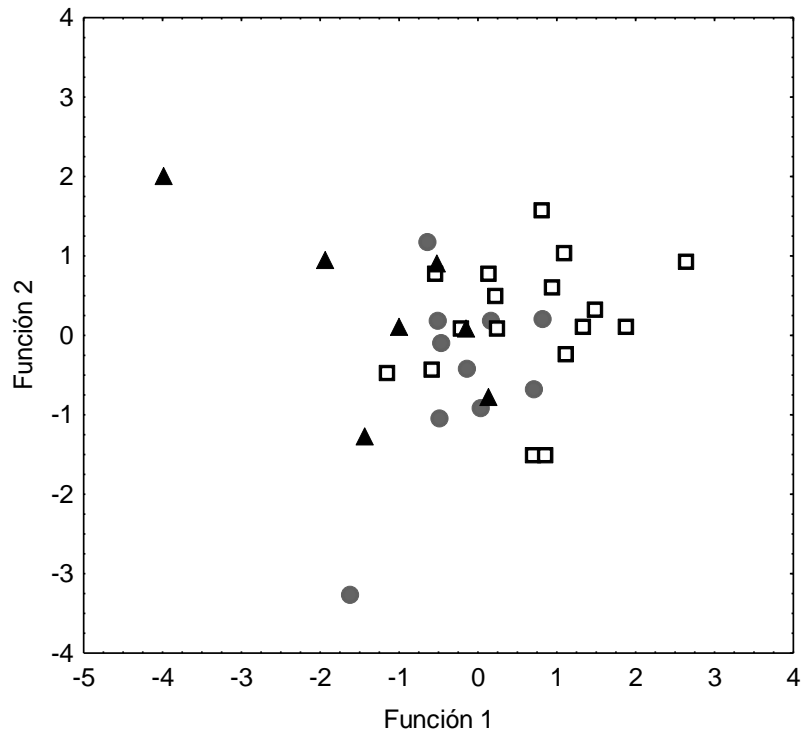
Ziembicki, M. (2003). Behavioural Ecology of Tropical Birds. *Austral Ecology*, *28*(6), 687–688.



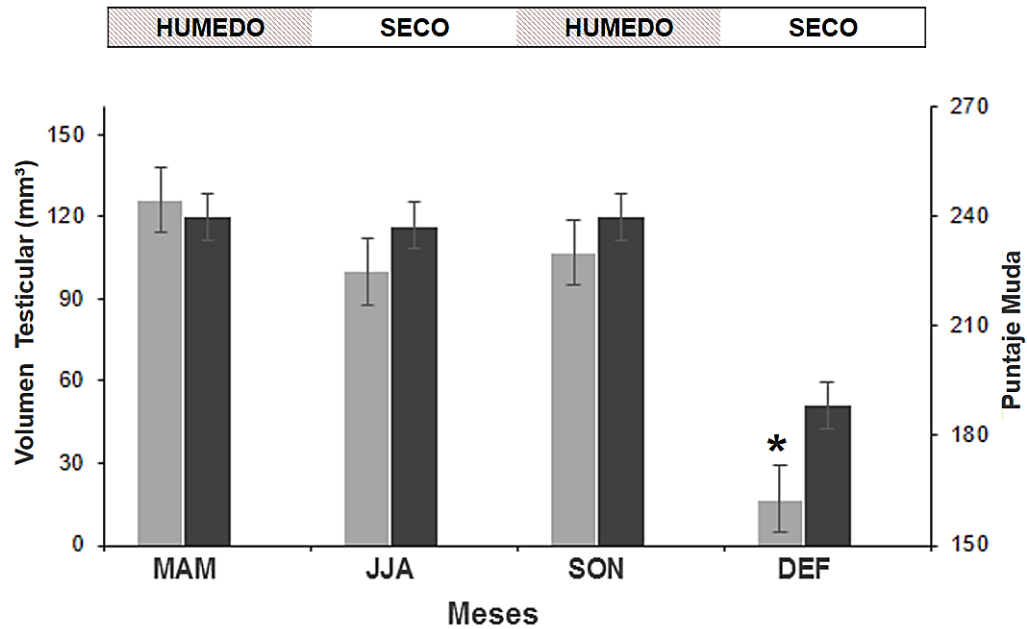
**Fig. 1. Machos de *Quiscalus lugubris*.** a. Individuo Adulto, b. Individuo Juvenil; c. Macho adulto en actividad de forrajeo, en busca de insectos, alimento que luego llevan al d. nido que construyen sobre árboles de altura media.



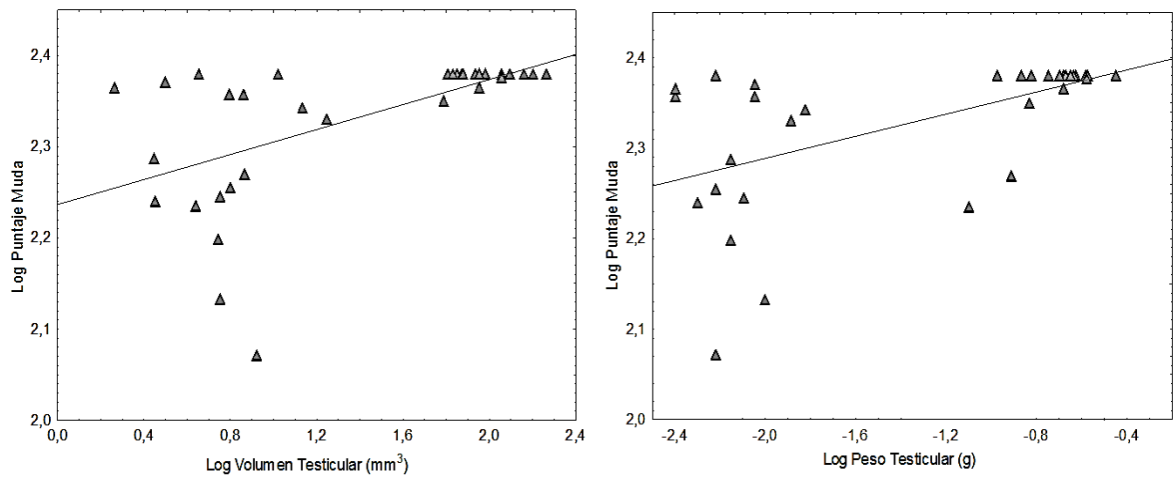
**Fig. 2. Distribución por peso corporal y estado reproductivo de los individuos colectados de la población *Q. lugubris*.** La flecha indica el peso mínimo en la madurez sexual en los individuos. En su mayoría los individuos están por encima de este peso corporal, siendo evidente que no hay una relación entre este y el estado de madurez sexual.



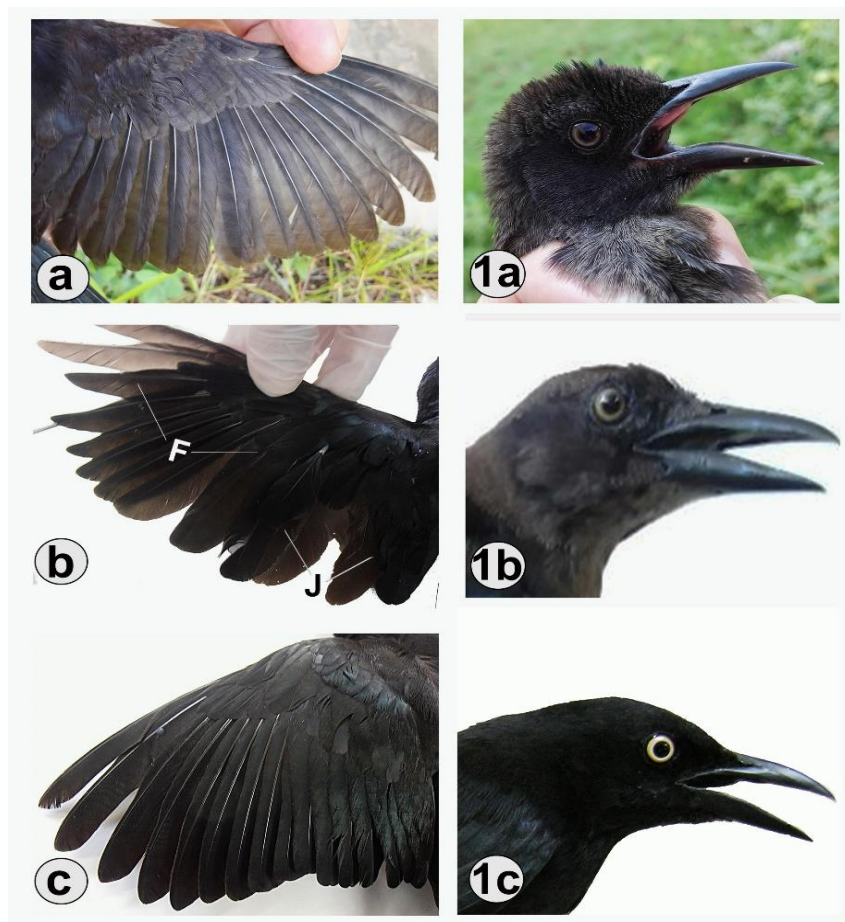
**Fig. 3. Análisis de clasificación discriminante lineal.** El 67% de los casos individuales agrupados originalmente por morfohistología gonadal fueron correctamente clasificados con una alta superposición entre los grupos, 40% de los juveniles (círculos), 88% de los adultos reproductivos activos (cuadros) y 57% de los adultos reproductivos no activos (triángulos). La función 1 tiene una alta correlación con la longitud de la cola (0.80) y del culmen (0.72); ambas funciones presentan un valor de correlación canónica de 0.71.



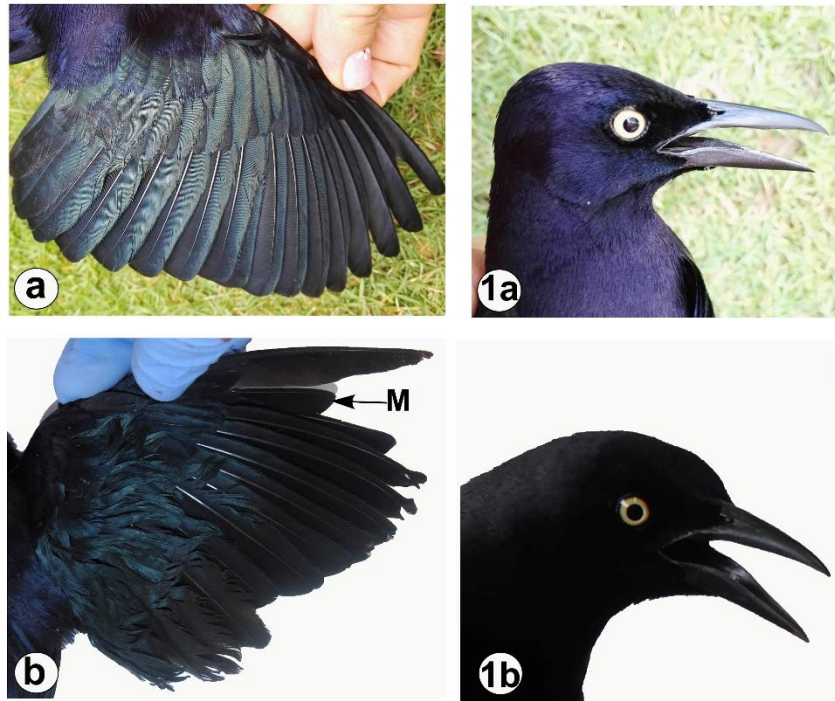
**Fig. 4. Variación del volumen testicular y puntaje de muda en los machos de *Q. lugubris* entre los meses de las estaciones climáticas del área de estudio.** La barra superior horizontal indica las temporadas húmedas y secas del año, para las cuales se promedió el puntaje de muda (máximo 240, plumaje nuevo), representado por la barra negra y el volumen testicular, representado por la barra gris, en las aves. El asterisco indica la temporada en la que al volumen testicular difiere respecto a las otras temporadas; caso contrario sucede en la muda, la cual no varía entre temporadas. La barra sobre las columnas indica el error estándar.



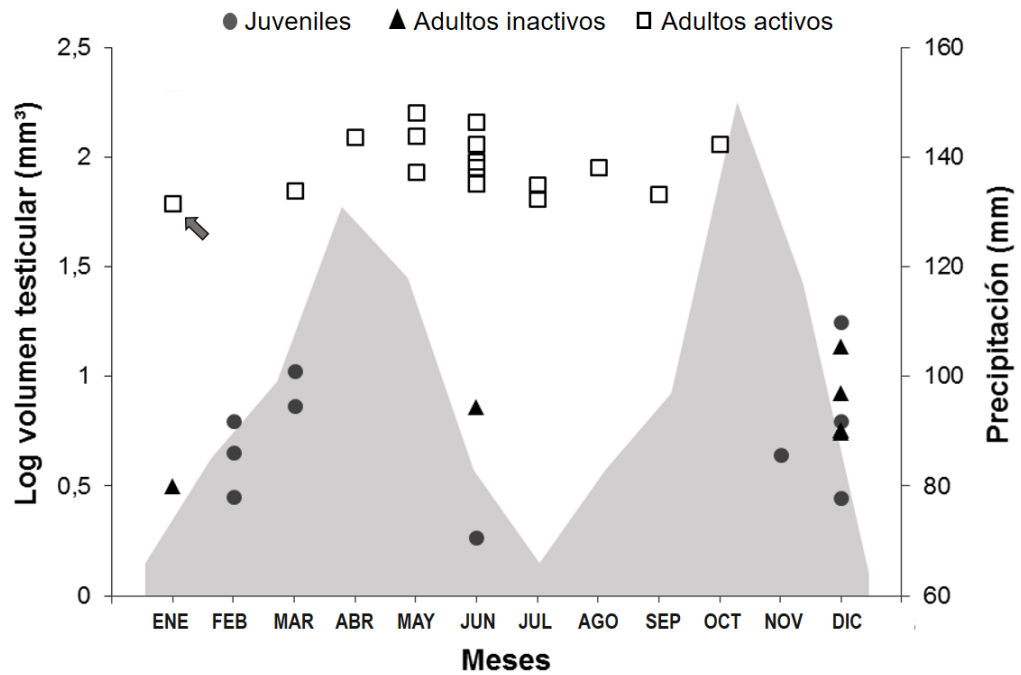
**Fig. 5. Relación entre el tamaño testicular y el puntaje de muda en individuos de la población *Q. lugubris*.** Las aves finalizan la muda al alcanzar un puntaje máximo de 240. Cuando el volumen y el peso testicular son bajos, el puntaje de muda también, es decir, se da inicio al reemplazo de la mayoría del plumaje de vuelo.



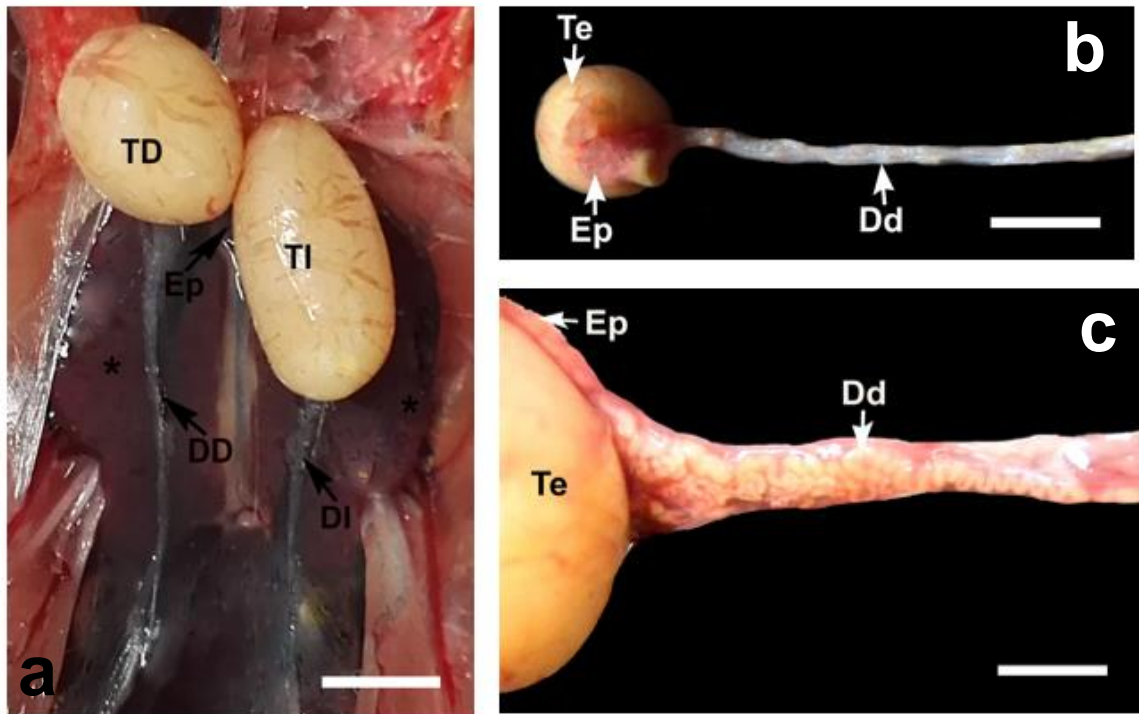
**Fig. 6. Características de muda en machos juveniles Zanate Caribeño.** Primer ciclo de muda: a. plumaje juvenil (FCJ) de color marrón uniforme e 1a. iris marrón; b. plumaje formativo, juveniles durante la muda pre-formativa (FPF), con dos generaciones de plumas en el ala (F, plumaje formativo y J, plumaje juvenil) e 1b. iris amarillo tenue. Segundo ciclo de muda, c. plumaje definitivo, individuos con el plumaje característico de aves adultas de la especie (DCB) e 1c. iris amarillo intenso.



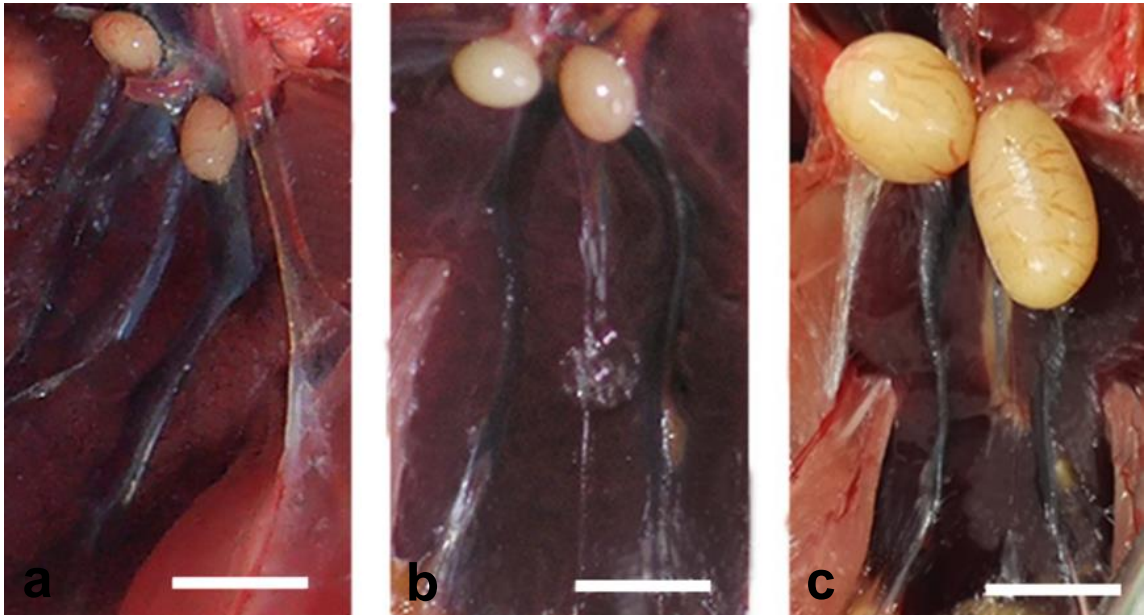
**Fig. 7. Características de muda en machos adultos Zanate Caribeño.** Individuos en su segundo ciclo de muda o posterior, plumaje definitivo, característico de aves adultas de la especie. a. Individuos en muda inactiva (DCB), b. individuos en muda (M) activa (DPB). 1b y 1c. Iris amarillo intenso.



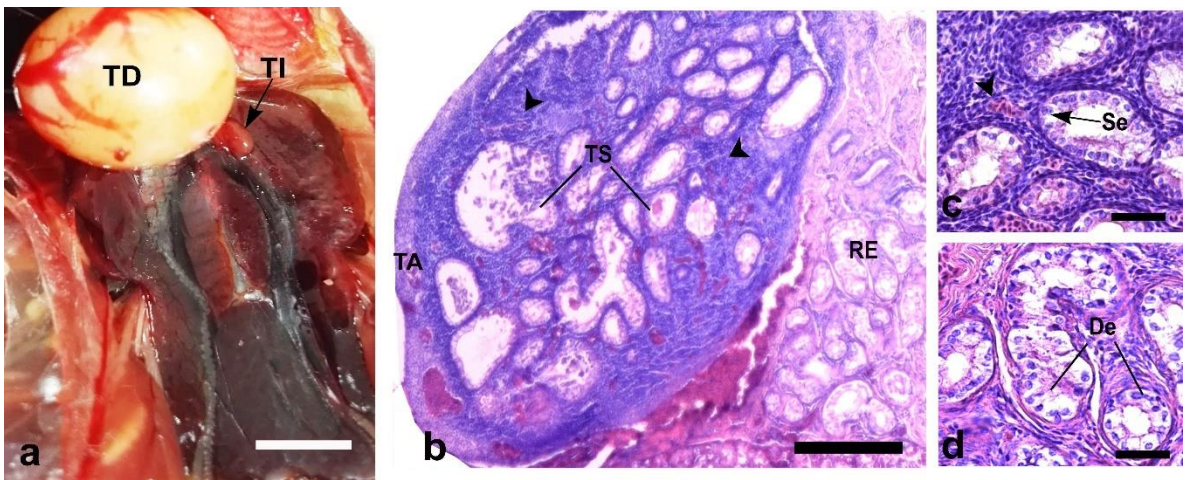
**Fig. 8. Distribución por volumen testicular y estado reproductivo de los individuos colectados de la población de *Q. lugubris*.** La flecha indica el volumen testicular mínimo en reproducción activa en los individuos ( $61.6 \text{ mm}^3$ ). Todos los individuos en reproducción activa están por encima de este valor, destacándose la diferencia en el volumen testicular de los adultos reproductivos activos respecto a los adultos inactivos y juveniles, a su vez la similitud entre adultos inactivos y juveniles.



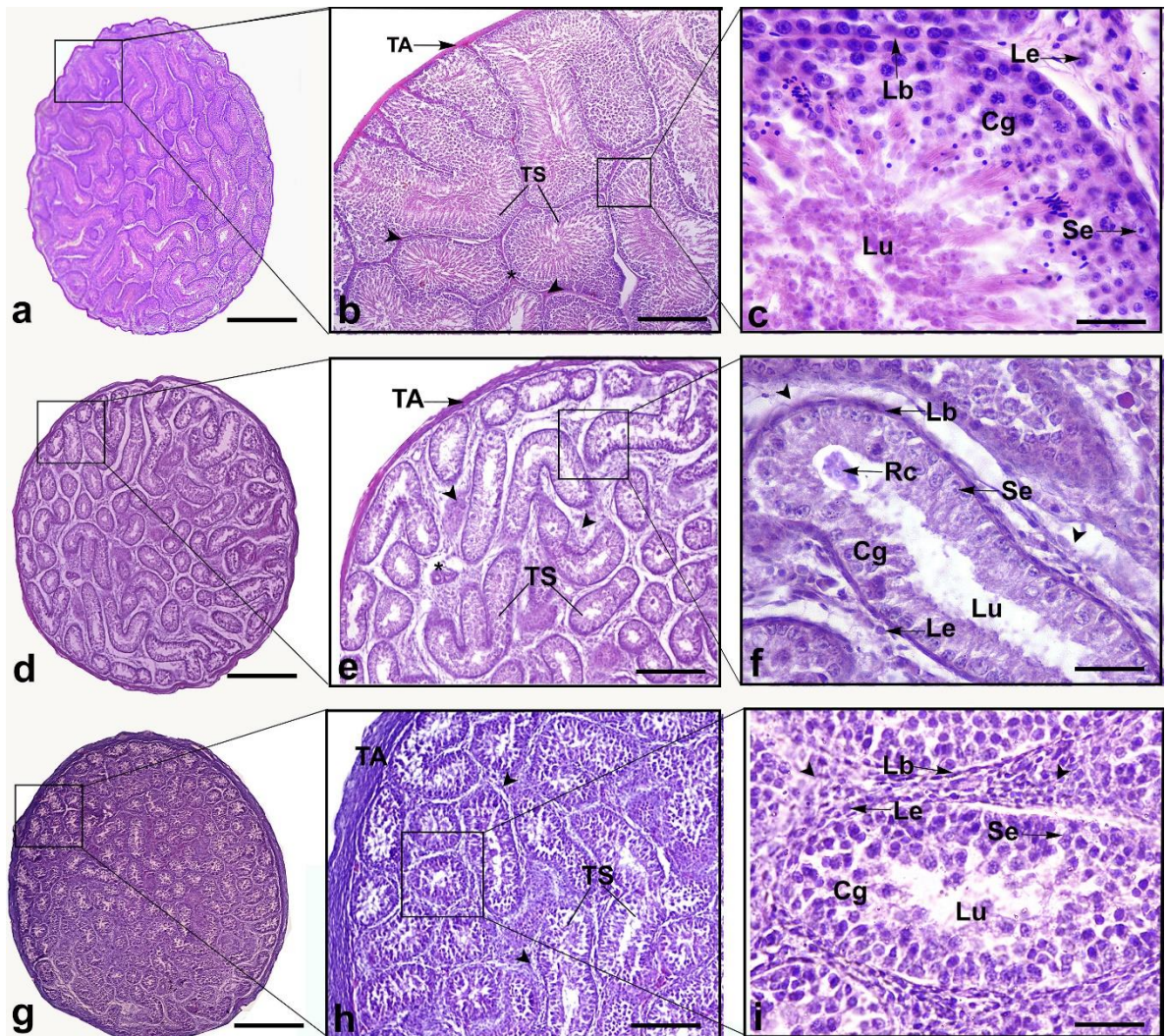
**Fig. 9. Sistema reproductivo del macho *Q. lugubris*.** a. Testículos derecho e izquierdo, TD y TI; epidídimo, Ep; ductos deferentes derecho e izquierdo, DD y DI, los \* representan los lóbulos del riñón. b. Tracto reproductivo, consta de testículo, Te; epidídimo, Ep; ducto deferente, Dd, c. el cual es muy convoluto o plegado en adultos en reproducción activa. Barra= a. 4mm, b. 4mm y c. 1.25 mm.



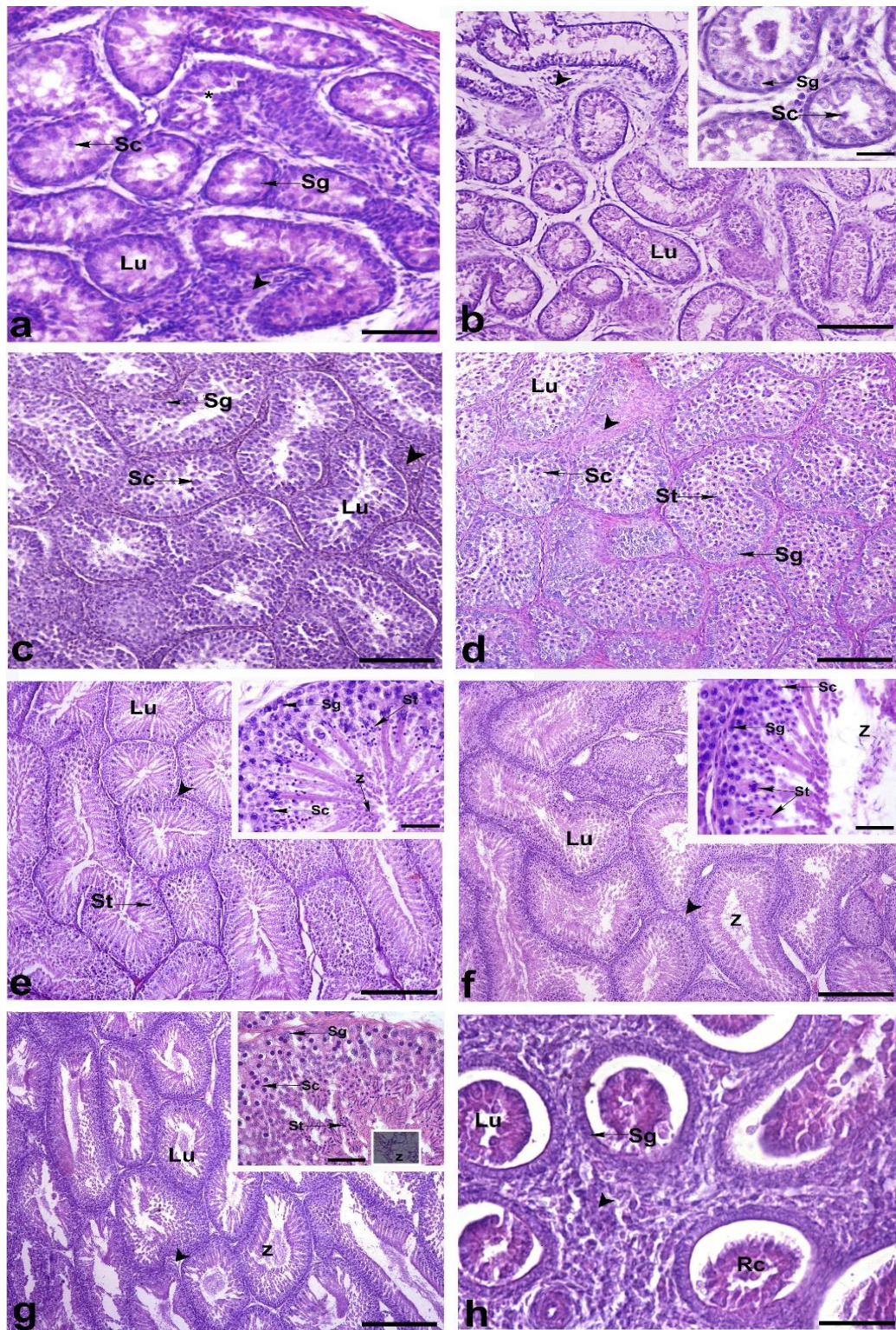
**Fig. 10. Sistema reproductivo de machos de *Q. lugubris* en los diferentes estados de madurez sexual. a. Juvenil, b. Adulto reproductivo inactivo. c. Adulto reproductivo activo. Barra= a. 5.5 mm, b. 3.5 mm y c. 5 mm.**



**Fig. 11. Sistema reproductivo de un adulto de *Q. lugubris* con un único testículo funcional. a. Gónada del tracto izquierdo atrofiada, b. solo células de sertoli (Se) y ausencia de gonias en el epitelio de los túbulos seminíferos (TS), una túnica albugínea gruesa (TA), y la región epididimal (RE) con los ductos vacíos. H & E. Barra = a. 4 mm; b. 0.8 mm; c. y d. 42  $\mu$ m.**

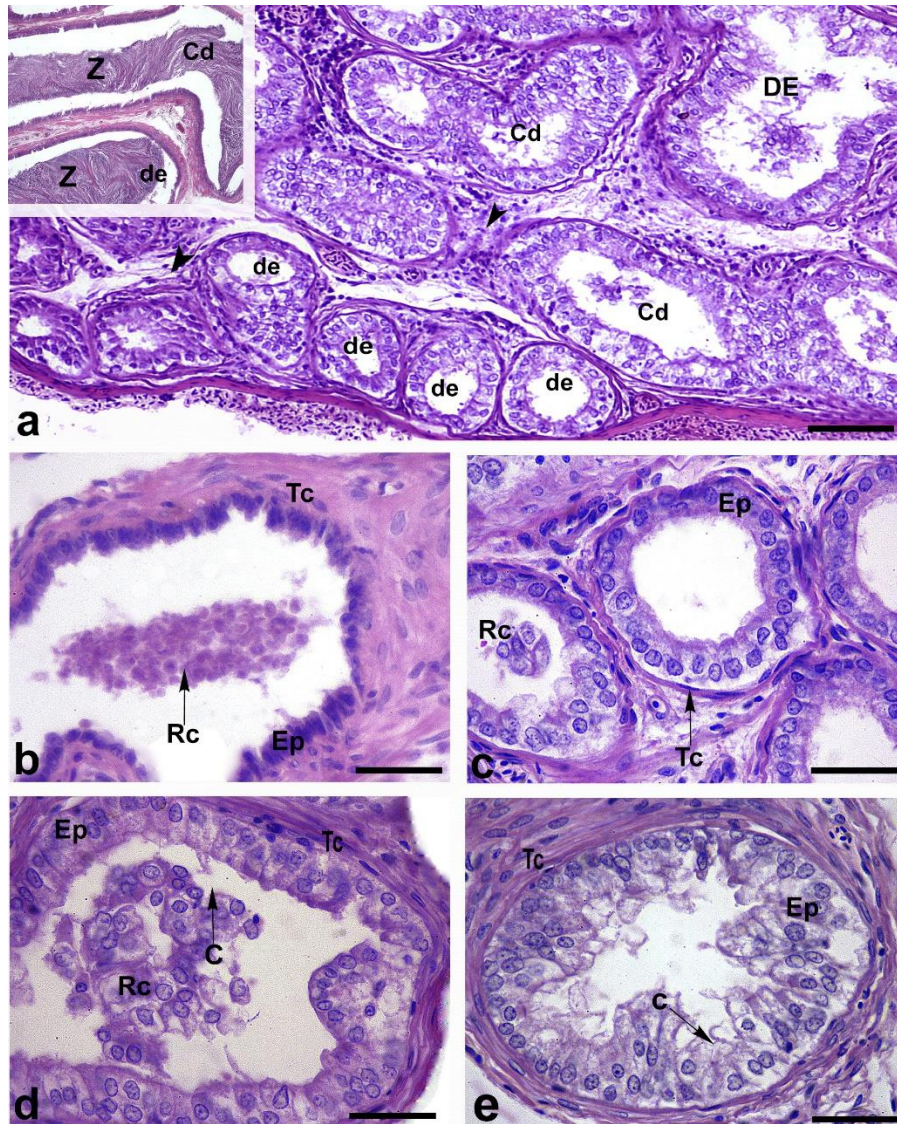


**Fig. 12. Morfohistología testicular.** a, b y c: adultos en reproducción activa; d, e y f: adultos en reproducción inactiva y g, h y i: juveniles. Sección transversal de un testículo completo de zanate caribeño (a, d y g), dentro del cual se encuentran los túbulos seminíferos (TS), rodeados por la túnica albugínea (TA), asociados con tejido intersticial (cabeza flecha) compuesta por vasos sanguíneos (\*) y células de Leydig (Le). En el epitelio seminífero (c, f y i) bordeado por la lámina basal, hacia la región adluminal se encuentran las células de Sertoli (Se) y en dirección al centro tubular se encuentra la zona luminal (Lu) con la línea de células germinales (Cg) en distintas etapas de desarrollo y algunos residuos celulares (Rc). H & E. Barra = a. 1 mm; b, d y g 200  $\mu$ m; e y h 82  $\mu$ m; c, f y i 20  $\mu$ m.



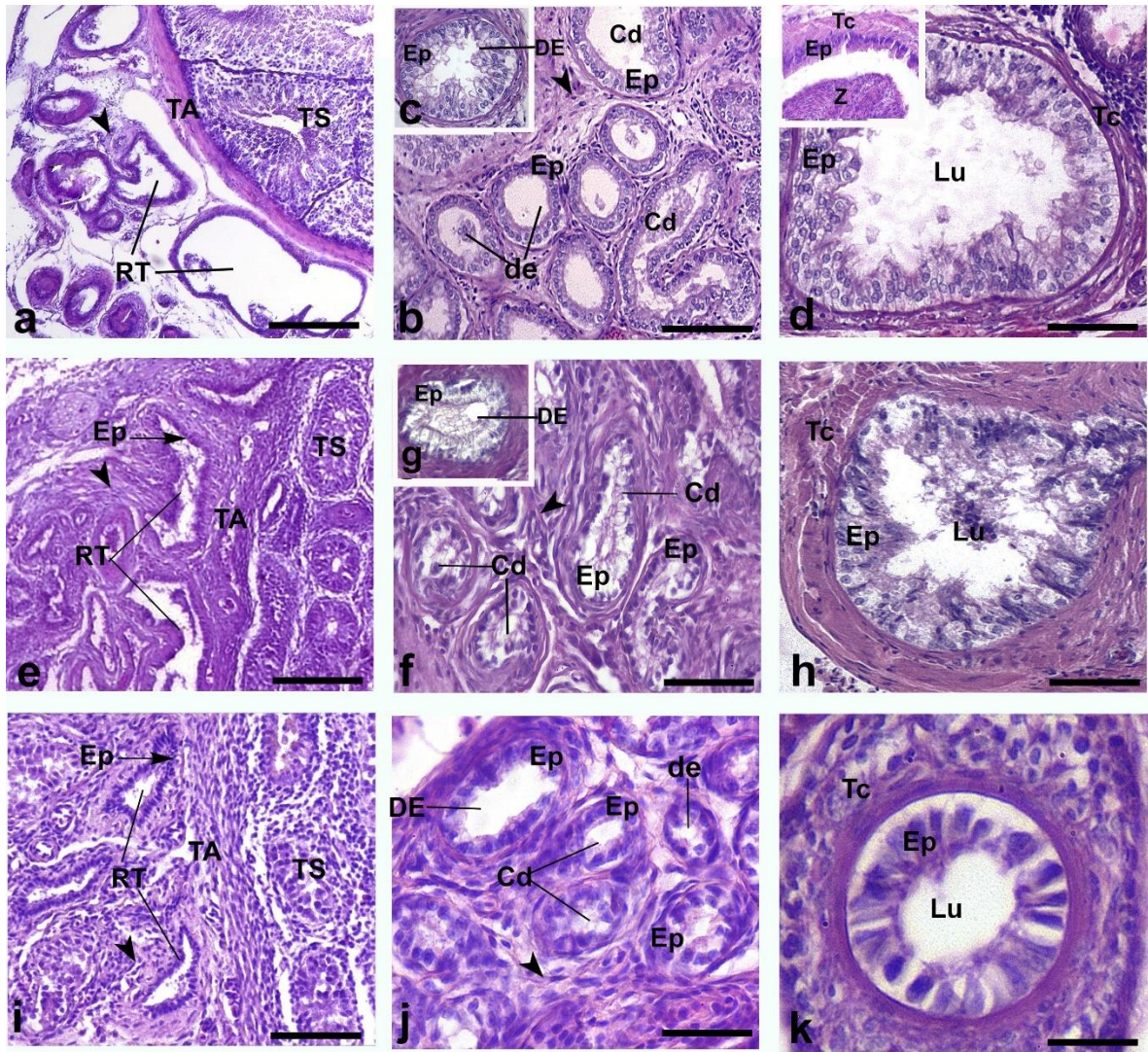
**Fig. 13. Epitelio seminífero en machos de *Q. lugubris*.** Diferentes estadios del ciclo espermatogénico descritos en la Tabla 4. a. estadio 1; b. estadio 2; c. estadio

3; d. estadio 4; e. estadio 5a; f. estadio 5b; g. estadio 6 y h. estadio 7. Tejido intersticial (cabeza flecha), células de Sertoli (Se), espermatogonias (Sg), espermatocitos (Sc), espermatides (St), espermatozoides (z), la zona luminal (Lu) y residuos celulares (Rc). H & E. Barra = a-d 282  $\mu$ m; e-h 0,7 mm y detalles 85  $\mu$ m.



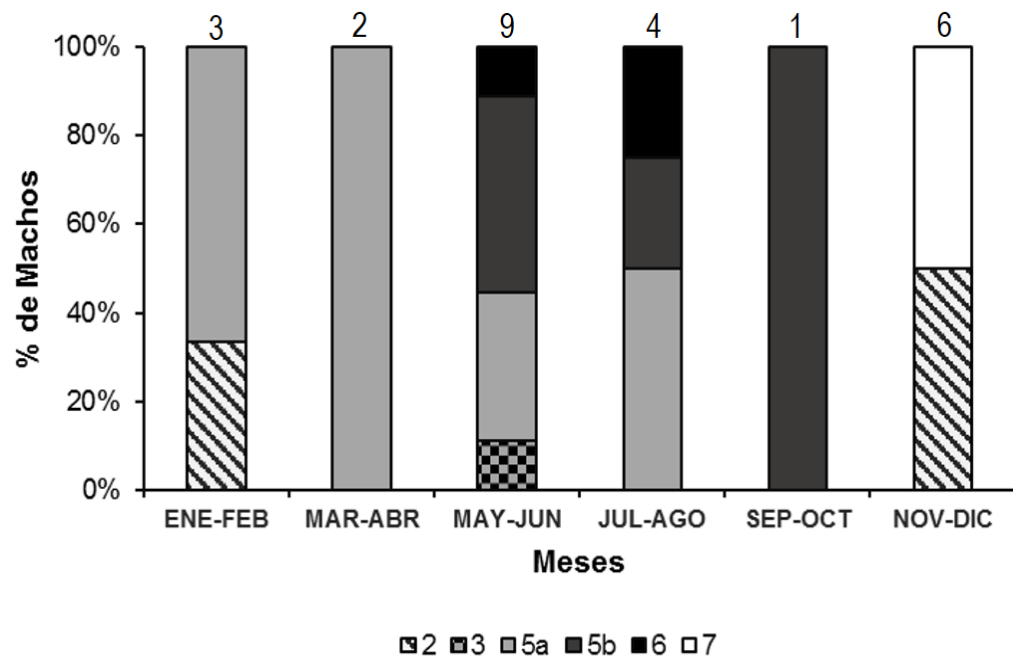
**Fig. 14. Región epididimal en detalle de adultos reproductivos Zanate Caribeño.** a. Región epididimal. b. red testicular (RT), c. ductos eferentes (de), d. conductillos epididimales (Cd), e. ducto epididimal (DE) con algunas células ciliadas

(c). El epidídimo consiste de ductos contorneados revestidos por un epitelio cúbico a columnar simple o pseudoestratificado, asociados a tejido conectivo denso (cabeza de flecha), donde en el área de contacto con el epitelio (Ep) el tejido conectivo (Tc) toma forma laminar de tipo fibromuscular. En algunos ductos es posible observar espermatozoides (z) y/o residuos celulares (Rc) ocupando la luz tubular (Lu). H & E. Barra = a. 92  $\mu$ m, b.-e. 23  $\mu$ m.



**Fig. 15. Sistema de ductos excurrentes de Zanate Caribeño en diferentes estados de madurez sexual.** a-d. adulto activo, e-h. adulto inactivo, i-k. Juvenil. Red testicular (RT), ductos eferentes (de), conductillos epididimales (Cd), ducto

epididimal (DE), tejido conectivo denso (cabeza de flecha), epitelio (Ep), tejido conectivo de tipo fibromuscular (Tc), espermatozoides (z), residuos celulares (Rc) y luz tubular (Lu). H & E. Barra = a., b., d., e., y i., 103  $\mu$ m; c., f., h., j. y k. 25  $\mu$ m.



**Fig. 16. Porcentaje de machos adultos de *Q. lugubris* en diferentes estados reproductivos y su distribución mensual durante el año de estudio.** El número de machos en cada estado se ha ordenado tomando como referencia la clasificación de Selander & Hauser (1965).

**Tabla 1. Diferencias en la morfometría externa.** Comparación entre estados en el tamaño corporal (mm) y el peso (g) para machos *Q. lugubris* colectados durante el año de muestreo. Media  $\pm$  desviación estándar, intervalos inferiores y altos entre paréntesis. Valores de F y probabilidad de significancia (p) de la prueba Anova.

Variable	Juveniles	Adultos Inactivos	Adultos Activos	ANOVA	
				F (2,31)	p
Peso	63,9 $\pm$ 6,9 (50,7-74)	63,1 $\pm$ 7,0 (51,8-71,4)	72,1 $\pm$ 5,3 (60-78,9)	2,06	0,14
L. Total	215,9 $\pm$ 33,1 (156-254)	214,2 $\pm$ 30,5 (167-252)	253,7 $\pm$ 16,8 (185-258)	3,51	0,06
Envergadura	304,3 $\pm$ 23,6 (268-345)	314 $\pm$ 17,3 (290-340)	343,3 $\pm$ 28,3 (251-360)	1,64	0,20
L. Cola	79,1 $\pm$ 20,6 <sup>ab</sup> (32,3-100,2)	68,1 $\pm$ 29,2 <sup>a</sup> (20-95)	98,6 $\pm$ 6,2 <sup>b</sup> (84,1-107)	<b>4,60</b>	<b>0,01</b>
L. Tarso	34,2 $\pm$ 2,0 (32,3-39,5)	33,4 $\pm$ 1,1 (32,6-35,6)	36,1 $\pm$ 3,0 (28,5-39,7)	0,40	0,90
C. Alar	113,9 $\pm$ 5,1 (104-121)	114,4 $\pm$ 4,2 (108-120)	121,7 $\pm$ 4,3 (102-119)	0,07	0,92
L. Culmen	23,6 $\pm$ 0,8 <sup>ab</sup> (22,2-25)	23,1 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup> (21,9-24)	25,2 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup> (22,3-29,6)	<b>4,57</b>	<b>0,01</b>
Ancho Pico	11,0 $\pm$ 1,6 (8,1-13)	10,8 $\pm$ 0,8 (9,3-11,7)	11,0 $\pm$ 1,6 (7,4-12,1)	0,66	0,52
Altura Pico	9,1 $\pm$ 1,3 (6-10,9)	9,6 $\pm$ 0,8 (8,2-10,8)	10,3 $\pm$ 0,8 (8-11,1)	1,42	0,25

**a,b**, estado reproductivo significativamente diferente, prueba de Tukey  $p < 0,05$ .

**Tabla 2. Variación en la actividad reproductiva.** Explicada por la muda y la precipitación anual en machos adultos de *Quiscalus lugubris*.

<b>Análisis de Regresión</b>				
<b>Var. Explicativa</b>	<b>Var. Respuesta</b>	<b>r<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Muda	Vol. Test. Izquierdo	0,22	F <sub>(1,32)</sub> = 10,6	0,002
	Peso Test. Izquierdo	0,24	F <sub>(1,32)</sub> = 11,8	0,001
	Vol. Test, Derecho	0,30	F <sub>(1,32)</sub> = 15,3	0,001
	Peso Test. Derecho	0,28	F <sub>(1,32)</sub> = 14,2	0,001
Precipitación	Vol. Test. Izquierdo	0,31	F <sub>(1,21)</sub> = 10,9	0,003
	Peso Test. Izquierdo	0,27	F <sub>(1,21)</sub> = 9,28	0,006
	Vol. Test, Derecho	0,29	F <sub>(1,22)</sub> = 10,7	0,003
	Peso Test. Derecho	0,2	F <sub>(1,22)</sub> = 12,7	0,009

**Tabla 3. Diferencias en la morfometría gonadal.** Comparación entre estados y estaciones en el volumen (mm<sup>3</sup>) y el peso (g) testicular para machos *Q. lugubris* colectados durante el año de muestreo. Media  $\pm$  desviación estándar, intervalos inferiores y altos entre paréntesis. Valores de r<sup>2</sup>, F y probabilidad de significancia (p) de la prueba Ancova.

Variable	Juveniles <sup>a</sup>	Adulto Inactivo <sup>a</sup>	Adulto Activo <sup>b</sup>	ANCOVA	
				Estados	Estaciones
Vol. Test. Izq.	8,0 $\pm$ 6,3 (1,8-20,9)	9,2 $\pm$ 5,6 (2,5-17,0)	113,8 $\pm$ 23,4 (76,02-143,2)	r <sup>2</sup> =0,87 F (2,28) =89,9 p<0,0001	r <sup>2</sup> =0,69 F (3,18) =13,6 p<0,0001
Peso Test. Izq.	0,04 $\pm$ 0,05 (0,005-0,14)	0,008 $\pm$ 0,003 (0,005-0,014)	0,21 $\pm$ 0,05 (0,12-0,30)	r <sup>2</sup> =0,79 F (2,29) =47,6 p<0,0001	r <sup>2</sup> =0,56 F (3,18) =8,41 p<0,001
Vol. Test. Der.	6,4 $\pm$ 4,7 (1,8-17,6)	7,0 $\pm$ 3,3 (3,1-13,6)	102,2 $\pm$ 35,5 (61,6-183,1)	r <sup>2</sup> =0,91 F (2,29) =143,4 p<0,0001	r <sup>2</sup> =0,64 F (3,18) =11,2 p<0,001
Peso Test. Der.	0,04 $\pm$ 0,05 (0,004-0,15)	0,008 $\pm$ 0,003 (0,004-0,01)	0,20 $\pm$ 0,06 (0,10-0,35)	r <sup>2</sup> =0,79, F (2,29) =45,9 p<0,0001	r <sup>2</sup> =0,52 F (3,18) =7,33 p=0,01

**a,b**, estado reproductivo significativamente diferente, prueba de Tukey p<0,05.

**Tabla 4. Estadios de actividad testicular en machos de *Q. lugubris***, tomando como referencia los estados histológicos descritos por Selander & Hauser (1965) en ciclo espermatogénico para *Q. mexicanus*.

Estado	Características
1	Una fila de espermatogonias y algunos espermatocitos. En algunos túbulos se observan espermatocitos primarios. Abundante tejido intersticial.
2	Dos o tres filas de espermatogonias y algunos espermatocitos primarios. Abundante tejido intersticial. Lumen tubular visible. En individuos adultos algunos túbulos presentan residuos celulares en el lumen.
3	Los espermatocitos aparecen como el tipo celular más abundante. Aumenta el diámetro tubular. El espacio intersticial se reduce. Lumen tubular visible.
4	Abundantes espermatocitos, empiezan a aparecer las espermátides y el lumen tubular es muy estrecho. Los espermatozoides no están presentes. Lumen tubular es muy estrecho o no es visible.
5a	Actividad reproductiva. Incrementa el número de espermátides, éstas forman pequeños grupos delineados. Inicia el proceso de espermiogénesis. Se observan algunos espermatozoides cerca al centro tubular.
5b	Máxima actividad testicular, los espermatocitos primarios disminuyen gradualmente en comparación a etapas anteriores, se observan espermatozoides libres en el lumen tubular y en los ductos del epidídimo.
6	Inicio de la regresión testicular, se denota desgaste del epitelio germinal y pequeños grupos de espermatocitos y espermátides cerca al margen luminal. Además, es evidente una gran cantidad de espermatozoides en el epidídimo.
7	El epitelio germinal consta de espermatogonias y células de Sertoli entremezcladas; estas células descasan sobre la base de los túbulos seminíferos. Algunos túbulos presentan restos celulares y espermatozoides en degeneración, al igual que algunos ductos del epidídimo.

## ANEXOS

Especímenes estudiados de *Q. lugubris*. Los números de colección aún no han sido asignados.

Localidad: Universidad Industrial de Santander (Campus principal, Bucaramanga, Santander).

YXF-001, YXF-002, YXF-003, YXF-004, YXF-005, YXF-006, YXF-007, YXF-008, YXF-009, YXF-010, YXF-011, YXF-012, YXF-013, YXF-015, YXF-016, YXF-017, YXF-018, YXF-019, YXF-020.

Localidad: Localidad: Parqueadero Centro Comercial Cañaveral (Floridablanca, Santander).

YXF-021, YXF-022, YXF-023, YXF-024, YXF-025, YXF-026, YXF-027, YXF-028, YXF-029, YXF-030, YXF-031, YXF-032, YXF-033, YXF-034, YXF-035.