

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE PALOMAS
MENSAJERAS (*Columba livia*) CON LA ADMINISTRACIÓN DE UN INHIBIDOR
DE LA AROMATASA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ITZEL ANDREA LÓPEZ RAMÍREZ

Asesores:

Dra. Lucía Eliana Rangel Porta

Dr. Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Todo este trabajo es para mi familia, en especial para los tres más chicos, ya que son ellos los que me impulsan a buscar un mejor futuro.

A mi madre, que sin su ejemplo no podría levantarme cada día. Este logro es totalmente de ella.

A mi hermano, gracias por haberme animado a escoger esta carrera tan hermosa.

A mis abuelos, que siempre me han estado cuidando, aconsejando y consintiendo.

A mi tía, que siempre buscó la forma de apoyarme, incluso en las peores circunstancias.

Alfonso, por aguantar a todo mi zoológico y siempre estar presente.

A mis adoradas palomas, por mostrarme lo bello en lo común y cautivarme en sus plumitas.

A mis amigos, que soportaron malos ratos y me ayudaron a salir de ellos de la mejor forma posible. Gracias por esos momentos de distracción y por seguir aquí.

Y finalmente, a todas aquellas personas que me apoyaron, me consolaron, me animaron, me aconsejaron, me enseñaron y siempre creyeron en mí, aun con mis ausencias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la mejor asesora que podría tener: la Dra. Lucía Rangel. Por nunca dejarme sola en este camino tan difícil de la investigación y por siempre procurar mi mejor formación posible. El mejor ejemplo por seguir.

También agradezco especialmente al Dr. Carlos Gutiérrez, por todo el tiempo invertido y enseñarme que se pueden hacer múltiples cosas a la vez.

A mi gran amigo, Antonio. Por acordarse de mí en el momento justo y por enseñarme tantas cosas que nunca hubiera podido descubrir sin su ayuda.

A mi Facultad, a mis profesores y a mis compañeros, por todos estos años de aprendizaje que van más allá de un salón de clases.

A todos aquellos que contribuyeron a mi formación, incluidos todos los animales domésticos.

Quiero agradecer también a Circe y Chisa, que sufrieron conmigo toda la carrera.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	13
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	20
REFERENCIAS	26

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1: promedio de actividades entre grupo control y tratado 0.5, con su pareja.....	19
CUADRO 2: promedio de actividades entre grupo control y tratado 0.5, con hembra nueva.....	20
CUADRO 3: promedio de actividades de los animales controles, con su pareja y con una hembra nueva	21
CUADRO 4: promedio de actividades de los animales tratados 0.5, con su pareja y con una hembra nueva	23
CUADRO 5: promedio de actividades de los machos, antes y después del tratamiento 1.....	25
FIGURA 1: representación del comportamiento de asedio	8
FIGURA 2: representación del comportamiento de reverencia.....	8
FIGURA 3: representación del comportamiento de baile	9
FIGURA 4: representación del comportamiento de ofrecimiento del nido.....	10
FIGURA 5: representación del comportamiento de besuqueo.....	10
FIGURA 6: representación del comportamiento de cópula	11
FIGURA 7: esquema del diseño experimental	17
FIGURA 8: esquema y medidas de la jaula de grabación.....	18
FIGURA 9: distribución en porcentaje de los comportamientos exhibidos por los machos del grupo control.....	22
FIGURA 10: distribución en porcentaje de los comportamientos exhibidos por los machos del grupo tratado con 0.5	23

FIGURA 11: distribución en porcentaje de los comportamientos exhibidos por los machos del grupo tratado 0.5 y grupo control.....	24
--	----

RESUMEN

LÓPEZ RAMÍREZ ITZEL ANDREA. Evaluación del comportamiento reproductivo de palomas mensajeras (*Columba livia*) con la administración de un inhibidor de la aromatasa (bajo la dirección de la Dra. Lucía Eliana Rangel Porta y el Dr. Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar).

Existen poblaciones aviares que por su alta capacidad reproductiva y por los daños económicos, ambientales y/o epidemiológicos que causan se consideran plaga, entre ellas se encuentran las palomas. Dentro de los métodos de control reproductivo que se han desarrollado se ha demostrado la eficacia del letrozol (inhibidor de aromatasa) en hembras de palomas. En los machos de esta especie las conductas reproductivas de cortejo y apareamiento son controladas por estradiol por lo que se propone que en los machos el tratamiento con letrozol puede influir en dichos comportamientos y afectar la reproducción de las aves. Por tal motivo, en este trabajo se evaluó el efecto del letrozol sobre los comportamientos de cortejo más relevantes del macho de paloma doméstica.

El trabajo contó con dos grupos de machos tratados con letrozol (0.5 y 1 mg p.o.), y un grupo control al que se le administró un placebo. Todos los animales se mantuvieron con su pareja. Los comportamientos evaluados fueron: asedio, reverencia, baile, ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula; los tres primeros inducidos por testosterona y los demás por estradiol, de acuerdo a la literatura. Todos fueron registrados en video en una jaula de grabación, con un circuito cerrado de televisión. La reverencia, que es un comportamiento que se creía controlado por testosterona, aumentó su presentación en el grupo tratado con 0.5 mg pero disminuyó en el grupo tratado con 1 mg, al compararlos con el grupo control ($p < 0.05$); mientras que el ofrecimiento del nido no se vio afectado ($p > 0.05$) a pesar de que se asume que está controlado por estradiol. La cópula, controlada por estradiol, se inhibió en la dosis de 1 mg ($p < 0.05$). Estos resultados sugieren que el tratamiento oral con letrozol a machos de palomas, a pesar de que no bloquea el emparejamiento, es capaz de inhibir la cópula cuando se administra en la concentración de 1 mg por día, durante 21 días consecutivos; lo que implica un potencial uso para el control reproductivo. Adicionalmente, los datos encontrados sugieren que deben realizarse más estudios para determinar con precisión el control endócrino de los diferentes comportamientos reproductivos en aves y, debe considerarse que dicho control puede cambiar entre las distintas especies.

INTRODUCCIÓN

Las palomas (*Columba livia*) evolucionaron como aves granívoras estrechamente ligadas a climas áridos y rocosos. Sin embargo, al ser domesticadas su alimentación se hizo menos selectiva, y se adaptaron a consumir prácticamente cualquier residuo orgánico. En la actualidad existen poblaciones de palomas en casi cualquier clima, las cuales permanecen cerca de los asentamientos humanos por la disponibilidad de alimento y de refugio que encuentran en ellos (Albores-Barajas *et al.*, 2012).

Estas aves son de gran importancia epidemiológica, ya que son reservorios y vectores potenciales de un gran número de microorganismos, así como fuente de antígenos de importancia zoonótica, causando infecciones o reacciones alérgicas que pueden llegar a ser letales, tanto para animales como para humanos. Las enfermedades más comunes que son dispersadas por las palomas son campilobacteriosis, tuberculosis, colibacilosis y clamidiosis, entre otras. La forma de transmisión es por excretas y secreciones en aerosoles. Las descamaciones que se desprenden hacia el ambiente por medio del aleteo son causas de alergias o crisis asmáticas en personas sensibles. Así que, la vía de entrada no implica el contacto directo con el animal infectado, también puede ocurrir mediante comida o agua contaminadas (Albores-Barajas *et al.*, 2012; Ballesteros *et al.*, 2010).

Es difícil saber a simple vista si un grupo de palomas está infectado, ya que éstas pueden ser portadoras asintomáticas. Adicionalmente, los patógenos que transmiten frecuentemente no están asociados a cambios hematológicos, ni ocasionan signos clínicos en ellas (Ballesteros *et al.*, 2010).

Por otro lado, la suciedad acumulada debajo o en la superficie utilizada como percha o nido, no solo representa un problema sanitario, sino que también puede causar daños estructurales y estéticos a las construcciones y los edificios, acelerando su deterioro y aumentando los costos de mantenimiento (Albores-Barajas *et al.*, 2012).

Las plagas pueden definirse como organismos que causan daño: ya sea económico, ambiental o epidemiológico (Del Villar, 2000). Por estas razones, se puede afirmar que las palomas ferales son una plaga en cualquier asentamiento humano. Para poder contrarrestar los daños ocasionados por las plagas se necesita llevar a cabo un manejo integral, que requiere del conocimiento de los aspectos ecológicos, conductuales, reproductivos y económicos (Bruggers y Zaccagnini, 1995).

Los métodos usados para controlar las poblaciones de palomas pueden ser englobados en 3 categorías diferentes: 1) sacrificio; 2) reducción en la tasa reproductiva; y 3) reducción del hábitat de soporte de los individuos (Albores-Barajas *et al.*, 2012). La sociedad es cada vez más consciente de la importancia de conservar el medio ambiente y exige que las medidas de combate a especies nocivas estén sustentadas en principios ecológicos y económicos (Del Villar, 2000).

Existe evidencia de que el estradiol participa en el control reproductivo de los machos, tanto de mamíferos como de aves. Así, en ratas es posible facilitar la cópula en sujetos castrados mediante la administración de dosis bajas de estrógenos (Ball y Balthazart, 2002); y en aves se estimula el comportamiento de cópula cuando las codornices macho (*Coturnix japonica*) son inyectadas con estradiol (Balthazart *et al.*, 2009).

En diversas investigaciones se ha demostrado que alterar la concentración de hormonas esteroides por medio de la inhibición de la enzima aromatasa resulta en una modificación de los patrones de cortejo. Por ejemplo, los ratones macho con knockout para aromatasa (ArKO) son incapaces de copular (Bakker *et al.*, 2004). Mientras que la administración de inhibidores de aromatasa, como el fadrozol y el vorozol, disminuye la presentación de los comportamientos que dependen de estradiol en codornices (Cornil *et al.*, 2006), y abate los comportamientos orientados hacia el nido en los palomos de collar (*Streptopelia risoria*) (Belle *et al.*, 2005; Cornil *et al.*, 2006).

Entre los métodos de control reproductivo para aves, recientemente se probó que en las hembras de paloma doméstica tratadas con letrozol, se reduce significativamente el número de folículos jerárquicos presentes a nivel ovárico (Solano, 2015). Siguiendo esta misma línea de investigación con el letrozol, se crea un proyecto de maestría para evaluar el efecto del letrozol en la reproducción y la salud del macho de paloma. Derivado de dicho proyecto se llevó a cabo este trabajo, con la finalidad de evaluar el aspecto etológico de los animales tratados, para determinar si el tratamiento oral con letrozol es capaz de afectar las actividades de cortejo por parte del macho, incluida la cópula.

Reproducción

Las palomas que habitan en áreas urbanas son sedentarias y sin un periodo de fotorrefractoriedad, por lo que pueden reproducirse durante todo el año siempre que tengan una disponibilidad constante de alimento (Albores-Barajas *et al.*, 2012).

El número de nidadas por año puede ser de 5 ó 6 (Rodríguez-Estrella y Tinajero, 2014) y se consideran monógamas por ciclo reproductivo, esto es que tendrán una sola pareja desde la construcción del nido hasta que los polluelos vuelen (Ball y Balthazart, 2002), pero pueden tener más de una pareja en toda su vida. La nidada de la paloma doméstica consta de hasta dos huevos, con 40 a 44 horas de intervalo de ovoposición entre un huevo y el otro (Dijkstra *et al.*, 2010). La incubación dura de 16 a 19 días y es una actividad realizada por ambos padres (Foertsch y Vatnick, 1998). Bajo condiciones favorables de alimento, transcurridos 15 días de eclosionados los huevos, la hembra tiene la capacidad de poner otros dos huevos fértiles (Johnson y Johnston, 1989) ya que el ritual de apareamiento entre la pareja para la siguiente nidada, puede empezar cuando el polluelo más joven tiene una semana de nacido (Burley, 1980). De este modo los padres pueden cuidar a los pichones al mismo tiempo que están incubando la siguiente nidada.

Las palomas alcanzan la madurez sexual a los 6 meses de edad y tienen una longevidad de 5 a 15 años en vida silvestre (Gómez de Silva *et al.*, 2005). Esto es un elemento importante para el crecimiento tan acelerado de la población, aunado a que el intervalo entre nidadas puede reducirse significativamente si uno de los huevos se rompe antes de cumplir los 10 días de incubación ya que, cuando se reduce el tamaño de la nidada, los machos realizan la mayor parte de la alimentación de la cría y así la hembra puede iniciar una nueva oleada folicular más pronto, al recobrar sus reservas energéticas más rápidamente (Johnson y Johnston, 1989).

Endocrinología del comportamiento

Las aves son de las especies que más conservan las conductas de comportamiento reproductivo, las cuales forman parte importante del apareamiento.

Los esteroides sexuales organizan el cerebro durante el desarrollo embrionario y activan los comportamientos reproductivos durante la vida adulta, en paralelo con la inducción de la plasticidad cerebral durante la pubertad (Cornil *et al.*, 2006).

En aves manakin cuellidorado el estradiol actúa en receptores para esteroides expresados por las neuronas presentes en seis regiones que conforman el “cerebro social”: la amígdala medial, el septo lateral, el área preóptica, el hipotálamo anterior, el área ventromedial del hipotálamo y el cerebro medio (Goodson, 2005). De esta parte del cerebro, las áreas que son más importantes para el comportamiento reproductivo, tanto en aves como en mamíferos, son el

área preóptica, el área ventromedial del hipotálamo y el núcleo taeniae de la amígdala medial (Soma, 2006; Goodson y Kabelik, 2009; Schlinger *et al.*, 2013; Scanes, 2015). El estradiol está involucrado también en la proliferación, migración y dimorfismo celular de las neuronas en los núcleos del sistema nervioso central (SNC) responsables del comportamiento (Kelley, 1988).

El comportamiento reproductivo está controlado por las hormonas esteroides, algunas de las cuales son producidas directamente a nivel del sistema nervioso central. La testosterona es importante para activar todo el comportamiento de cortejo, pero mantener los niveles elevados de esta hormona no es necesario para la producción continua del mismo; por lo que se ha sugerido que el comportamiento sexual se encuentra regulado tanto por testosterona como por estradiol (Ball y Balthazart, 2002). Todos los estrógenos son sintetizados a partir de precursores androgénicos por una única enzima llamada aromatasa, más específicamente clasificada como citocromo P450 aromatasa (Stocco, 2012). Así, la androstenediona es convertida a estrona, y la testosterona es transformada en estradiol (Miller, 2003).

De este modo, en aves se ha propuesto que las conductas de territorialidad o apetitivas (asedio, reverencia y baile) son reguladas por la testosterona, mientras que el estradiol formado en el cerebro controla las conductas consumatorias (besuqueo, ofrecimiento del nido y la cópula) (Adkins y Mason, 1974; Fusani *et al.*, 2001; Gómez de Silva *et al.*, 2005; Cornil *et al.*, 2014). Así, se ha visto que los inhibidores de aromatasa como el fadrozol o el vorozol, inhiben o bloquean

completamente el comportamiento sexual del macho, al interferir con la producción del estradiol (Ball y Balthazart, 2002; 2006).

El tratamiento de aves saltarinas cuellidorado (*Manacus vitellinus*) con testosterona y fadrozol (un inhibidor de aromatasa) reduce críticamente el cortejo, comparado con machos tratados únicamente con testosterona. Esto sugiere que los estrógenos participan activamente en el comportamiento de cortejo y que la aromatasa tiene un papel esencial para poder desarrollarlo (Schlinger *et al.*, 2013).

En un estudio donde se inyectó estradiol por vía intraperitoneal a codornices, se observó que aumentaba la exhibición del comportamiento reproductivo a partir de los cinco minutos posteriores a la inyección, mientras que cuando inyectaron vorozol -como inhibidor de aromatasa- las conductas reproductivas se inhibían en menos de cinco minutos (Cornil *et al.*, 2006). Similarmente, la administración de un derivado de progesterona de acción antiandrogénica, llamado acetato de ciproterona a una dosis de 10 mg, redujo el baile de cortejo y el comportamiento copulatorio en codornices, pero si a éstas mismas aves tratadas se les administraba estradiol, la frecuencia de los comportamientos aumentaba, aunque sin alcanzar los niveles normales (Adkins y Mason, 1974).

En la paloma doméstica el ritual de cortejo consiste en una serie de pasos y de diferentes tipos de canto, que se van desarrollando conforme la hembra acepta al macho. En orden de aparición, las conductas se ejemplifican con las siguientes imágenes (elaboradas por pMVZ Itzel Andrea López), y se pueden describir según Fabricius y Jansson (1963) como:

1. **Asedio:** el macho corre hacia la hembra en una persecución muy estrecha y a menudo pisa las plumas timoneras de ella. Las plumas del cuello del macho se observan levantadas, el buche se infla y arrastra las plumas timoneras, caminando de forma erguida. Este comportamiento pertenece a los apetitivos y se reporta como controlado por testosterona (Hutchison *et al.*, 1995; Heiderich *et al.*, 2016) (figura 1).



Figura 1. Representación del comportamiento de asedio, se observa al macho, con las plumas del cuello erizadas, persiguiendo a la hembra.

2. **Reverencia:** mientras el macho corre o camina cerca de la hembra, levanta las plumas del cuello, infla el buche e inclina la cabeza hacia el suelo. Este comportamiento es de tipo apetitivo, controlado por testosterona (Fusani *et al.*, 2001) (figura 2).

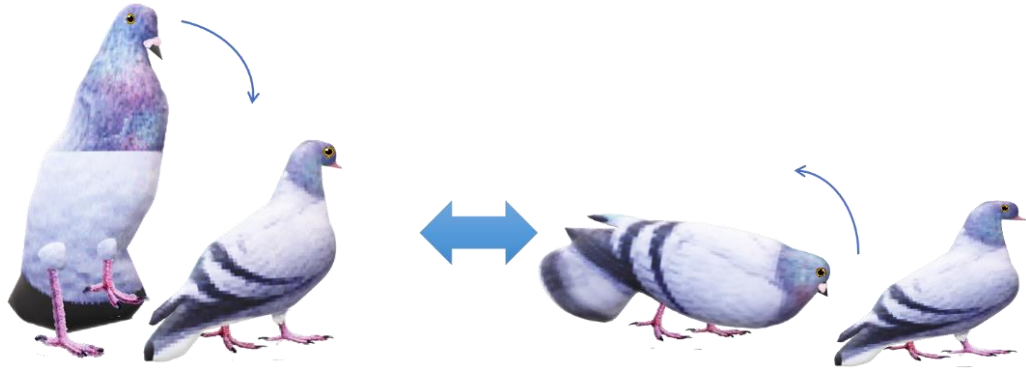


Figura 2. Representación del comportamiento de reverencia, el macho inclina la cabeza hacia el suelo y la levanta en el mismo movimiento, permaneciendo parado en el mismo sitio.

3. **Baile:** haciendo reverencia, el ave gira sobre sí mismo o camina en un plano horizontal con respecto a la hembra y arrastra las plumas timoneras. El baile es un comportamiento apetitivo, reportado como controlado por testosterona (Gómez de Silva *et al.*, 2005) (figura 3).

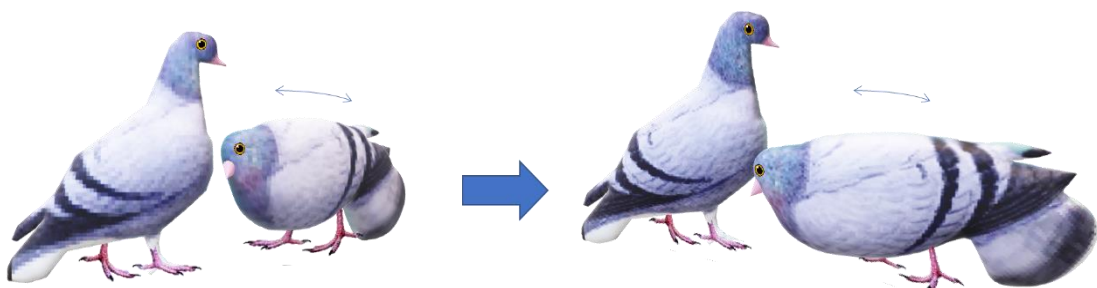


Figura 3. Representación del comportamiento de reverencia, el macho gira sobre sí mismo, arrastrando las plumas timoneras y manteniendo la cabeza inclinada con las plumas del cuello levantadas.

4. **Ofrecimiento del nido:** cerca del nido, el macho se inclina repetidamente hacia la hembra y hace vibrar las alas para darle un ligero golpe al nido pero nunca pierde de vista a su compañera. También se le conoce como presentación del nido y forma parte de los comportamientos consumatorios, controlado por estradiol (Hutchison *et al.*, 1995; Heiderich *et al.*, 2016) (figura 4).

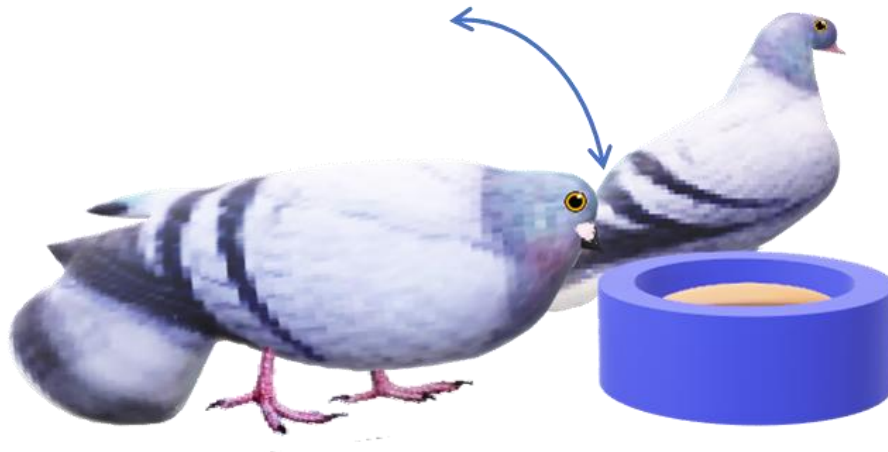


Figura 4. Representación del comportamiento de ofrecimiento del nido. Estando cerca del nido y de la hembra, el macho se inclina repetidamente y hace vibrar las alas para darle un ligero golpe al nido.

5. **Besuqueo:** el macho busca el pico de la hembra para que ésta lo meta en su boca y se junten los dos picos. Cuando están juntos, la cabeza del macho va de un lado a otro sin soltarse para pasar alimento hacia la hembra, si la hembra acepta al macho sigue el movimiento de cabeza y surge un intercambio de alimento. Este comportamiento se considera consumatorio, por lo que a pesar de no haber estudios acerca de su control, se cree que es controlado por estradiol (Goodson, 2005; Heiderich *et al.*, 2016) (figura 5).

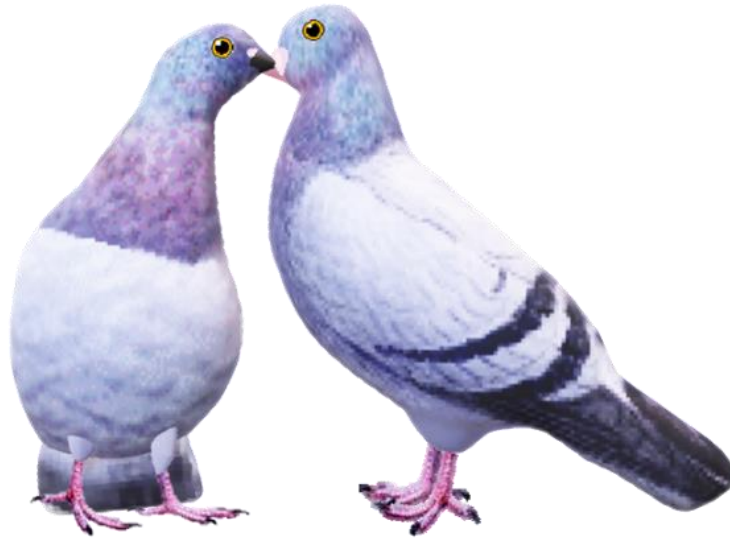


Figura 5. Representación del comportamiento de besuqueo. El macho busca el pico de la hembra para que ésta lo meta en su boca y se junten ambos picos. La pareja intercambia alimento y sacude sus cuellos sin soltarse.

6. **Cópula:** la hembra mueve ligeramente las plumas timoneras hacia un lado, mientras que el macho se posa encima de ella, bajando las plumas timoneras para que las cloacas queden en contacto, entonces da unos fuertes aleteos para mantener el equilibrio. Es el comportamiento consumatorio más estudiado en distintas especies, tanto mamíferos como aves, y se ha establecido como controlado por estradiol (Adkins y Mason, 1974; Ball y Balthazart, 2002; Bakker *et al.*, 2004; Gómez de Silva *et al.*, 2005;) (figura 6).



Figura 6. Representación del comportamiento de cópula. El macho se encuentra posado sobre la hembra, con las alas extendidas y las plumas timoneras y la cloaca dirigidas hacia la hembra. La hembra ladea las plumas timoneras y dirige la cloaca hacia el macho.

Letrozol

El letrozol es un inhibidor no esterooidal de tercera generación de la enzima aromatasa que reduce hasta en un 99% la conversión de androstenediona y testosterona a estrona y estradiol, respectivamente (Haynes *et al.*, 2003; Ebrahimi, *et al.*, 2017).

En un estudio realizado en roedores, donde se midió la preferencia sexual y algunos comportamientos reproductivos de machos cuyas madres fueron tratadas durante la gestación con letrozol por vía oral, a una dosis de 0.56 µg/kg, se observó que se alteró la diferenciación sexual hipotalámica de los machos nacidos, por lo que en la vida adulta la preferencia sexual hacia una hembra receptiva se mostraba disminuida a pesar de que los perfiles séricos de las hormonas esteroides en el suero de los machos evaluados no se vieron alterados (Chavira *et al.*, 2015). Lo anterior sugiere que el letrozol no sólo puede atravesar la barrera placentaria, sino que también puede pasar la barrera hematoencefálica.

Un estudio reciente en palomas mostró que la administración de letrozol (0.5 mg/día) mezclado en el alimento durante 28 días, permite su consumo voluntario, y bloquea la postura de manera efectiva por un promedio de 43 días (Solano, 2015), sugiriendo su uso potencial para el control reproductivo de la especie.

Si el letrozol se emplea como un método de control reproductivo en palomas, se requiere valorar sus efectos sobre la salud y la reproducción en los machos, por lo que este trabajo evaluó la manifestación de los comportamientos de cortejo en palomas machos tratados con letrozol.

HIPÓTESIS

La administración oral de letrozol al macho de paloma doméstica (*Columba livia*) inhibirá, durante el cortejo, los comportamientos controlados por estradiol (ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula) sin afectar los regulados por testosterona (asedio, las reverencias y el baile).

OBJETIVOS

- Evaluar la frecuencia de presentación de algunos comportamientos de cortejo exhibidos por el macho de paloma hacia su pareja (asedio, reverencia, baile, ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula), comparando animales tratados con letrozol contra animales control.
- Analizar el comportamiento sexual de machos, con o sin tratamiento de letrozol, hacia una hembra que no es su pareja y con la que no ha tenido contacto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio derivó de otro trabajo, donde se evaluó la fertilidad y el estado de salud de machos tratados con letrozol, por lo que ambos trabajos se realizaron simultáneamente y se emplearon los mismos sujetos experimentales, ajustándonos a lo programado para el otro trabajo.

Se utilizaron 32 parejas de palomas (*Columba livia*) y 6 hembras no emparejadas. Estas últimas hembras se emplearon para evaluar el

comportamiento de los machos ante una hembra que no es su pareja, y que por lo tanto les resulta un estímulo novedoso, con el propósito de descartar que una baja en el comportamiento reproductivo hacia la pareja pudiera deberse a la falta de interés por habituación. Solamente se incluyeron individuos clínicamente sanos y que hubieran tenido una nidada fértil antes de empezar el experimento.

Las parejas se formaron aleatoriamente y se mantuvieron dentro de un cubículo de madera de 30 cm * 40 cm * 30 cm (alto x ancho x profundidad, respectivamente), con un nido circular de plástico y fibra de coco como sustrato. Primero se introdujo al macho para que éste reconociera el lugar de anidación y después de una semana se le presentó a la hembra dentro del mismo cubículo. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum* a cada pareja; el alimento consistió en una mezcla elaborada para el palomar (nabo, mijo rojo, chícharo, avena, trigo, lenteja, arvejón, arroz y maíz palomero) cubriendo los requerimientos necesarios de las aves para la reproducción. El alojamiento se limpió diariamente y una vez por semana cada grupo salió al área del palomar (6 m²) para esparcimiento y baño; cada sesión de esparcimiento duró por lo menos una hora y como máximo 3 horas.

Los animales se mantuvieron encerrados con sus parejas en los nidos durante el tiempo que duró el estudio paralelo (máximo 75 días), en el que de manera escalonada se fueron sacrificando para la obtención de muestras para histopatología.

Este experimento constó de los siguientes grupos: tratado 0.5 (n=18 machos), animales que recibieron un tratamiento de 0.5 mg de letrozol (Femara, Novartis), el cual corresponde a la dosis efectiva utilizada en hembras (Solano, 2015); grupo

tratado 1 (n=4 machos), animales que recibieron una dosis de 1 mg de letrozol (el doble de la dosis utilizada en hembras), y el grupo control (n=10 machos), que recibieron una cápsula vacía como placebo.

Todos los tratamientos se administraron por vía oral, sujetando al ave con una mano y manteniéndola firme contra el cuerpo del sujetador; con los dedos índice y pulgar de la otra mano se abrió el pico del ave para introducir la cápsula directamente en la cavidad oral. Este manejo se realizó diariamente (cada 24 horas) hasta el día 30, después de lo cual el intervalo entre dosificaciones cambió a cada 48 horas, esto fue únicamente para el grupo tratado 0.5, ya que el grupo tratado 1 fue sacrificado para la toma de muestras el día 21 de iniciada la medicación. Este manejo se realizó debido a que el protocolo (Solano García, En proceso) indicaba que los animales se sacrificarían en cuanto se viera una afección en la fertilidad de la nidada, o de manera escalonada hasta el día 75 en caso de no haber cambios, y en el grupo tratado 1 la nidada fue infértil para el día 20. El incremento del intervalo entre medicaciones (de 24 a 48 horas) se hizo debido a que la vida media del letrozol es de 42 horas y la meseta de concentración máxima en plasma se obtiene entre las dos y las cuatro semanas después de la administración diaria (Haynes et al., 2003).

La postura de los huevos se revisó diariamente y la fertilidad de los mismos se valoró a los cinco días después de la ovoposición del último huevo de cada nidada utilizando un ovoscopio. Momento en el que, los huevos eran retirados con el objetivo de permitir que los machos volvieran a mostrar comportamiento reproductivo, ya que el macho tiene concentraciones de prolactina aún más altas que la hembra, hormona asociada al cuidado parental que inhibe la reproducción y

cuyas concentraciones descienden al retiro de la nidada (Kelley, 1988). Las evaluaciones del comportamiento se realizaron transcurridos 4 a 6 días desde el retiro de los huevos. El diseño experimental se explica mejor en el siguiente esquema (figura 8).

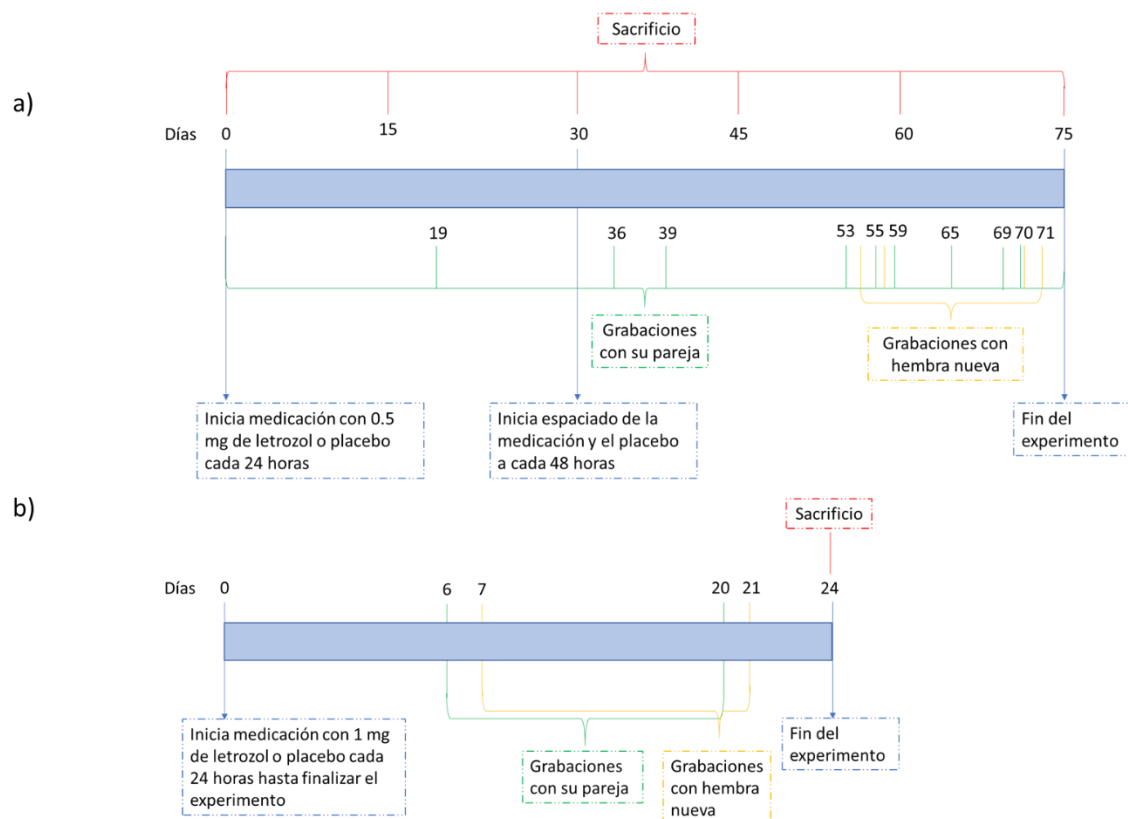


Figura 7. Esquema del diseño experimental, separando los tratamientos. Donde la primera imagen (a) corresponde al tratamiento de 0.5 mg y placebo, mientras que la segunda imagen (b) corresponde al tratamiento de 1 mg.

Los comportamientos se evaluaron mediante grabaciones con circuito cerrado de televisión, conectado a un DVD grabador en tiempo real, las cuales tuvieron una duración de 5 horas, iniciando a las 8 de la mañana. Simultáneamente se grababan hasta 6 parejas. Para lo anterior se utilizó una jaula de malla colocada a nivel del piso, la cual estaba dividida en 6 compartimientos de 60 x 60 x 60 cm (alto x ancho x profundidad) (figura 8). Cada pareja se colocó en uno de los

compartimientos, provisto con el mismo nido que tenían en su alojamiento. Durante las grabaciones, no se tuvo contacto alguno con las aves, con el fin de no alterar su comportamiento por estrés.

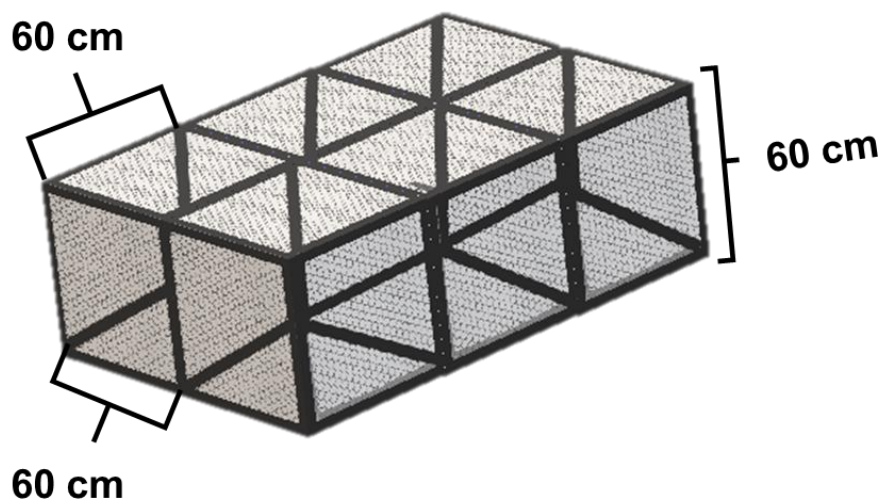


Figura 8. Esquema y medidas de la jaula de grabación hecha de malla gallinera y tubos de PVC. Cada cubo está diseñado para albergar una pareja y su nido.

Para descartar que la falta de comportamiento reproductivo se debiera a la pérdida de estímulo por la pareja, aquellos animales que continuaron en el estudio por más de 50 días se grabaron con una hembra nueva, al día siguiente de la evaluación con la pareja habitual.

Las grabaciones se evaluaron para observar la frecuencia de los comportamientos de asedio, reverencia, baile, ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula, mismas que se registraron en un etograma.

La frecuencia de los comportamientos se evaluó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con la que se obtuvieron los rangos de medias. Las medias obtenidas para cada comportamiento en los diferentes grupos tratados se

compararon con las del grupo control. Se consideró estadísticamente diferente cuando el valor de p fue menor a 0.05 ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Para comparar los comportamientos del grupo tratado 0.5 con los del grupo control, ambos con su pareja, se hizo una tabla de medias de rangos de cada comportamiento (cuadro 1), en la que se puede observar que el baile disminuyó su presentación, pero la reverencia aumentó su frecuencia en el grupo tratado ($p < 0.05$). En cambio, el ofrecimiento del nido, el asedio, el besuqueo y la cópula no tuvieron cambios significativos entre el grupo control y el grupo tratado 0.5 ($p > 0.05$). Solamente un animal se mostró agresivo con su pareja después de los 30 días de tratamiento.

Cuadro 1

Promedios de actividades por animal por periodo de observación y rangos promedio para el grupo de los comportamientos exhibidos por los machos de los grupos control y tratado 0.5 (0.5 mg de letrozol por vía oral), en presencia de su pareja habitual.

	Promedio de frecuencia de comportamientos (Rangos promedio)		P
	Control	Tratado 0.5	
Asedio	1.8 (14.0)	2.4 (11.8)	0.477
Reverencia	2.1 (16.7) ^a	3.4 (10.7) ^b	0.025
Baile	5.8 (17.2) ^a	3.0 (10.5) ^b	0.022
Ofrecimiento del nido	0.1 (12.7)	0.1 (12.4)	0.868
Besuqueo	6.2 (11.8)	6.5 (12.7)	0.772
Cópula	3.1 (13.5)	0.8 (12.0)	0.626

Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas entre ambos grupos. P = probabilidad.

Al desafiar a los machos con las hembras nuevas (cuadro 2) se puede observar que los machos control presentan la conducta de baile, pero no los tratados, dando una diferencia significativa entre ambos machos ($p=0.046$). No hubo diferencias entre los animales control y los tratados 0.5 en el resto de las conductas. Ninguno de los comportamientos consumatorios fueron presentados hacia las hembras nuevas (ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula).

Cuadro 2

Promedios de actividades por animal por periodo de observación y rangos promedio para el grupo de los comportamientos exhibidos por los machos de los grupos control y tratado 0.5 (0.5 mg de letrozol por vía oral), en presencia de una hembra nueva, a partir de los 53 días de tratamiento.

	Promedio de frecuencia de comportamientos (Rangos de promedio)		P
	Control	Tratado 0.5	
Asedio	1.8 (8.0)	0.6 (5.0)	0.120
Reverencia	9.5 (8.1)	0.2 (4.8)	0.072
Baile	11.5 (8.5) ^a	1.0 (4.5) ^b	0.046
Ofrecimiento del nido	0.6 (6.5)	0.0 (6.5)	>0.99
Besuqueo	0.0 (6.5)	0.0 (6.5)	>0.99
Cópula	0.0 (6.5)	0.0 (6.5)	>0.99

Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas entre ambos grupos. P = probabilidad.

Comparando las frecuencias obtenidas entre los controles con su pareja y los controles con hembra nueva (cuadro 3), se observa que la única conducta que representa un cambio significativo es el besuqueo. Sin embargo, analizando estos mismos comportamientos en porcentaje, donde el 100% es el conjunto de todos (figura 9), se puede ver que los machos despliegan reverencia y baile en mayor proporción hacia una hembra nueva que hacia su pareja, pero al contrario, no

despliega ofrecimiento del nido, besuqueo y cópula si no está en presencia de su pareja habitual, para este resultado hay que considerar que se necesita aceptación de la hembra hacia el macho para proseguir con el ritual de cortejo.

Cuadro 3

Promedios de actividades por animal por periodo de observación y rangos promedio para el grupo de los comportamientos exhibidos por los machos controles en presencia de su pareja y de una hembra nueva, a partir del día 53 de tratamiento.

	Promedio de frecuencia de comportamientos (Rangos de promedio)		P
	Control con su pareja	Control con hembra nueva	
Asedio	1.8 (6.1)	1.8 (6.8)	0.743
Reverencia	2.1 (6.6)	9.5 (6.3)	0.867
Baile	5.8 (6.8)	11.5 (6.1)	0.739
Ofrecimiento del nido	0.1 (7.0)	0.6 (6.0)	0.317
Besuqueo	6.2 (8.0) ^a	0.0 (5.0) ^b	0.058
Cópula	3.1 (7.5)	0.0 (5.5)	0.139

Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas entre ambos grupos. P = probabilidad.

DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS EXHIBIDOS POR LOS MACHOS DEL GRUPO CONTROL

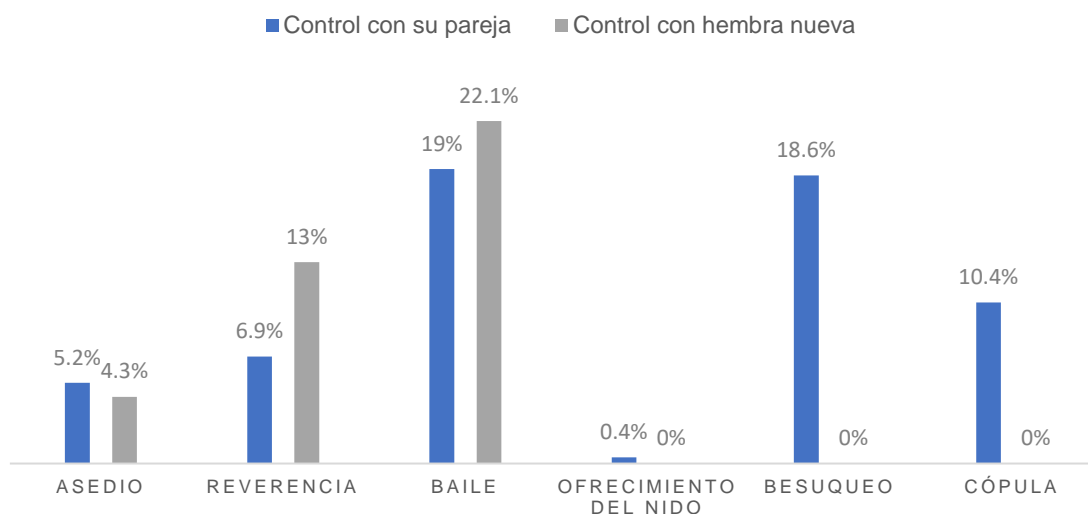


Figura 9. Porcentajes basados en la frecuencia de los comportamientos entre los machos del grupo control en presencia de su pareja y de una hembra nueva.

Al comparar la frecuencia de los comportamientos de los animales tratados en presencia de su pareja contra los exhibidos en presencia de la hembra nueva (cuadro 4), el único comportamiento significativamente diferente fue el besuqueo pero viendo el comparativo de los porcentajes (figura 10), con la hembra nueva prácticamente no despliega ningún comportamiento, mostrándose porcentajes cercanos al 0 en comportamientos apetitivos y siendo totalmente de 0 en consumatorios.

Cuadro 4

Promedios de actividades por animal por periodo de observación y rangos promedio para el grupo de los comportamientos exhibidos por los machos tratados con 0.5 mg en presencia de su pareja y de una hembra nueva, a partir del día 53 de tratamiento.

	Promedio de frecuencia de comportamientos (Rangos promedio)		P
	Tratado 0.5 con su pareja	Tratado 0.5 con hembra nueva	
Asedio	2.4 (9.7)	0.6 (7.5)	0.351
Reverencia	3.4 (8.7)	0.2 (9.4)	0.653
Baile	3.0 (8.3)	1.0 (10.1)	0.290
Ofrecimiento del nido	0.1 (9.2)	0.0 (8.5)	0.460
Besuqueo	6.5 (11.4) ^a	0.0 (4.5) ^b	0.004
Cópula	0.8 (10.3)	0.0 (6.5)	0.060

Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas entre ambos grupos. P = probabilidad.

DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS EXHIBIDOS POR LOS MACHOS DEL GRUPO TRATADO CON 0.5

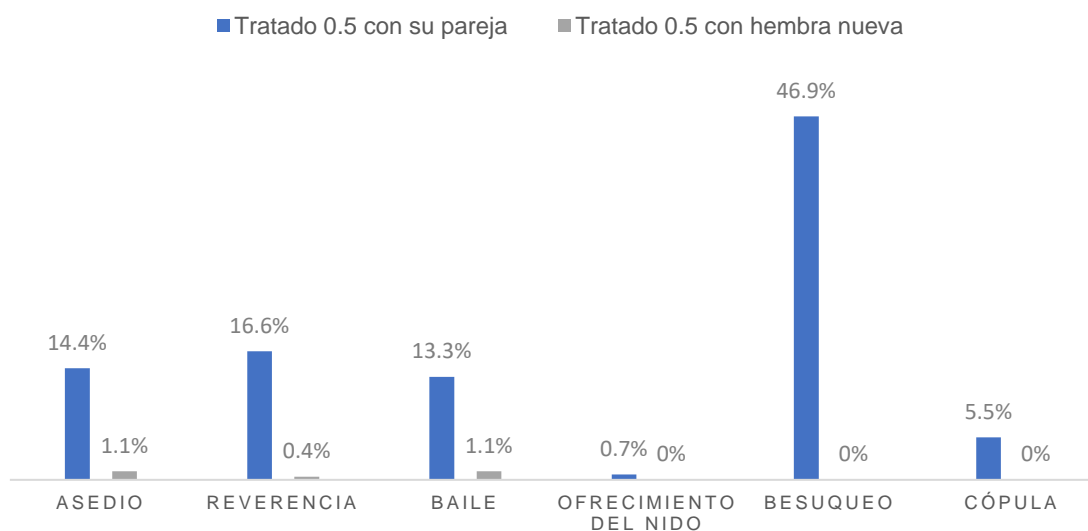


Figura 10. Porcentajes basados en la frecuencia de los comportamientos entre los machos del grupo tratado en presencia de su pareja y de una hembra nueva.

Al comparar los resultados obtenidos en porcentaje con una hembra nueva tanto en el grupo tratado con 0.5 mg como con el grupo control, se puede observar que los animales control intentan desplegar un comportamiento de cortejo normal hacia las hembras, expresando los comportamientos apetitivos mientras que los animales tratados no muestran interés alguno (figura 11). Esto se puede atribuir totalmente al efecto del medicamento.

DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS EXHIBIDOS POR LOS MACHOS DEL GRUPO TRATADO CON 0.5 Y GRUPO CONTROL

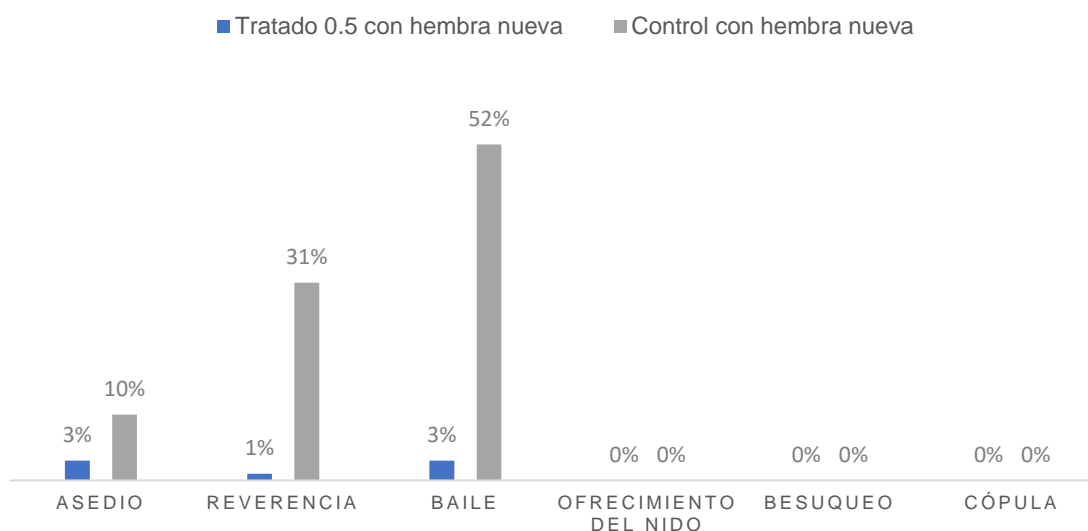


Figura 11. Porcentajes basados en la frecuencia de los comportamientos entre los machos del grupo tratado y grupo control en presencia de una hembra nueva.

En el caso del grupo tratado 1, los animales se compararon contra sí mismos, considerando como control la grabación del día que empezaron el experimento, es decir el día cero. Los comportamientos de besuqueo, cópula y reverencia disminuyeron su frecuencia de presentación a partir de la semana 1 de tratamiento

($p < 0.05$); mientras que los comportamientos de ofrecimiento del nido, asedio y baile no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) (cuadro 5).

Cuadro 5

Promedios de actividades por animal por periodo de observación y rangos promedio para el grupo de los comportamientos exhibidos por los machos antes y después del tratamiento 1 (1 mg de letrozol por vía oral), en presencia de su pareja.

	Frecuencia de los comportamientos (Rangos de media)			P
	Día 0	Semana 1	Semana 3	
Asedio	1.0 (5.5)	0.3 (3.2)	2.0 (3.2)	0.121
Reverencia	11.0 (7.5) ^a	0.6 (2.3) ^b	3.0 (4.7) ^b	0.032
Baile	20.5 (7.5)	7.5 (4.0)	2.0 (3.0)	0.121
Ofrecimiento del nido	1.5 (7.0)	0.0 (2.5)	0.6 (4.8)	0.100
Besukeo	4.0 (7.5) ^a	0.0 (3.5) ^b	0.0 (3.5) ^b	0.011
Cópula	1.0 (7.5) ^a	0.0 (3.5) ^b	0.0 (3.5) ^b	0.011

Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas. P = probabilidad.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el tratamiento oral con 1 mg de letrozol en machos de palomas reduce la frecuencia de manifestación de dos de las tres conductas consumatorias, incluida la cópula. Adicionalmente, ayudan a comprender cómo funciona el comportamiento de cortejo en la paloma doméstica, estableciendo el papel de estradiol dentro del mismo, y permiten replantear el posible control endócrino de algunas de las conductas de cortejo.

El tratamiento con 0.5 mg de letrozol no logró inhibir en su totalidad ninguno de los comportamientos de cortejo evaluados, sin embargo, se hace evidente la pérdida de interés de los machos medicados cuando se desafían con una hembra

nueva, ya que los tres comportamientos denotados como apetitivos (asedio, reverencia y baile) y por lo tanto, controlados por testosterona (Hutchison *et al.*, 1995; Fusani *et al.*, 2001; Gómez de Silva *et al.*, 2005; Heiderich *et al.*, 2016) se ven disminuidos en los machos que están bajo el efecto del letrozol; mientras que los animales del grupo control despliegan un cortejo de tipo normal hacia la hembra nueva. El tiempo de exposición a la hembra nueva pudo ser la razón por la que en ninguno de los casos se expresaran el resto de los comportamientos consumatorios (besuqueo y cópula), lo cual puede deberse a que es necesario para los palomos que la hembra muestre una respuesta positiva al cortejo para estimularse a realizar dichos comportamientos (Ware *et al.*, 2017). Lo anterior nos indica que la reducción en la expresión de los comportamientos observada en los grupos tratados con letrozol puede ser totalmente atribuible al medicamento, y no al encierro de los machos con la pareja habitual.

La dosis de 1 mg sí afectó los comportamientos de besuqueo y cópula, inhibiéndolos totalmente aún en presencia de su pareja habitual. La inhibición de dichas conductas es un resultado esperado debido a que se ha sugerido que su control está dado por estradiol. La cópula es el comportamiento más estudiado tanto con inhibidores de aromatasa como de andrógenos (Adkins y Mason, 1974; Ball y Balthazart, 2002; Gómez de Silva *et al.*, 2005). Por lo que se sabe que en ratones knockout para aromatasa con las gónadas intactas, el comportamiento copulatorio se restaura al inyectar benzoato de estradiol (EB) a una dosis de 5 µg/24 horas/2 semanas (Bakker *et al.*, 2004). Los resultados de este estudio apoyan lo anterior y demuestran la importancia de los estrógenos para desplegar

un correcto comportamiento de cópula, ya que el tratamiento con un inhibidor de aromatasas bloquea esta conducta, sugiriendo el potencial uso del letrozol como un método de control reproductivo en palomas.

El besuqueo, por otra parte, no ha sido tan estudiado, pero también se refiere como una conducta controlada por los estrógenos (Hutchison *et al.*, 1995; Fusani *et al.*, 2001;) y cuando se ha estudiado la estabilidad de las parejas se encontró que el besuqueo corresponde a una alimentación de cortejo ritualizada que se produce antes de la copulación, que sirve para fortalecer el vínculo de pareja en las palomas (Heiderich *et al.*, 2016). Al inhibir el comportamiento de besuqueo con el tratamiento de 1 mg, se puede inferir que la estabilidad de la pareja podría afectarse y por lo tanto causar la disolución de esta. También con los resultados del desafío de los machos del grupo 0.5 con una hembra nueva, se muestra una disminución significativa de esta actividad tanto en machos controles como en machos tratados ($p=0.058$ y 0.004 , respectivamente), reafirmando que el besuqueo es un comportamiento exclusivo de parejas formadas.

Los resultados anteriores indican que el letrozol administrado por vía oral puede traspasar la barrera hematoencefálica e interfiere adecuadamente con la síntesis de estradiol a nivel hipotalámico al afectar los comportamientos sexuales, ya que se ha establecido que los estrógenos responsables de desencadenar los comportamientos reproductivos en machos son producidos a nivel central, más específicamente en el núcleo supraóptico (Ball y Balthazart, 2002; 2006; Scanes, 2015; Kelley, 1988) y en el área preóptica medial tanto en aves (Schlinger *et al.*,

2013) como en mamíferos (Goodson, 2005; Goodson y Kabelik, 2009; Stocco, 2012).

El comportamiento de baile estaba reportado como controlado por testosterona en patos, codornices y palomas de collar (Adkins y Mason, 1974; Belle *et al.*, 2005; Goodson, 2005). Sin embargo, en la dosis de 0.5 mg, se observó una disminución en la frecuencia de presentación, que no llegó a bloquear completamente el comportamiento, ni con su pareja ni con hembras nuevas. Al exponer a los machos del grupo control a una hembra nueva, los animales bailaban con más frecuencia que con su pareja pero, los machos medicados no bailaban ante el estímulo novedoso. Esto sugiere que este comportamiento puede no estar totalmente controlado por testosterona, si no que es posible que tenga un control conjunto de estrógenos con andrógenos. Lo anterior podría explicar porqué en los estudios de Adkins y Mason (1974) el bloqueo de testosterona no abatió completamente el baile, cuando se aplicó un antagonista de andrógenos en codornices.

En el caso de la reverencia, ésta se reporta como un comportamiento controlado por testosterona en codornices, palomas de collar y patos (Adkins y Mason, 1974; Fusani *et al.*, 2001; Belle *et al.*, 2005; Gómez de Silva *et al.*, 2005; Goodson, 2005; Ball y Balthazart, 2006; Cornil *et al.*, 2014;), incluso se había encontrado que la inhibición a nivel cerebral de la aromatasa con fadrozol no la afectaba (Fusani *et al.*, 2001). Sin embargo, recientemente se ha sugerido que el control de los comportamientos denotados como apetitivos, puede estar dado por una acción conjunta entre un andrógeno (DHT) y un estrógeno (estradiol) (Bakker *et al.*, 2004;

Schlinger *et al.*, 2013). Los resultados de nuestro estudio apoyan que el comportamiento de reverencia pudiera tener un control dual, ya que en el grupo tratado con un 1 mg vemos una disminución significativa del comportamiento por la inhibición de la aromatasa, que no llegó al bloqueo total posiblemente por la acción androgénica.

A pesar de lo anterior, cuando analizamos los resultados de la frecuencia de reverencia en el grupo tratado con 0.5 mg se observó un aumento de la misma. Es posible que en este caso la dosis haya sido insuficiente para evitar completamente la producción de estradiol, y dado que la reverencia es el comportamiento anterior al baile, su mayor frecuencia de presentación puede explicarse como un esfuerzo del macho para manifestar su cortejo, el cual no progresa hacia el comportamiento de baile. Se necesitarían más estudios para determinar la concentración adecuada de estrógenos y andrógenos para un correcto despliegue de cortejo por parte del macho, así como para establecer si algún comportamiento es más sensible al cambio de alguna de dichas hormonas.

El lugar de anidación natural de las palomas es en riscos o lugares ahuecados (Albores-Barajas *et al.*, 2012), y durante el estudio el ofrecimiento del nido fue un comportamiento que prácticamente no se observó en ninguna de las grabaciones. La explicación de su ausencia puede deberse a que los animales necesiten un lugar de anidación oculto, el cual se les proporcionaba en los cubículos durante el estudio, pero les era removido al momento de las grabaciones cuando la jaula se encontraba a nivel de piso y no tenía obstáculos visuales entre los individuos. Este comportamiento se encuentra controlado por estrógenos y está demostrado que

los canarios necesitan el estímulo táctil a partir de la estructura primaria del nido para que los estrógenos tengan mayor efecto en este comportamiento (Ball y Balthazart, 2002). La frecuencia de ofrecimiento del nido no varió entre animales control y tratados, por lo tanto su inhibición no se puede atribuir al medicamento. Se requieren más estudios para saber el nivel de impacto que pueda generar un inhibidor de aromatasa sobre el ofrecimiento del nido en vida libre.

Los resultados obtenidos difieren de las investigaciones donde reportaron que las actividades apetitivas estaban controladas por testosterona y las consumatorias por estradiol, por lo tanto se necesitan más estudios para determinar con exactitud el control hormonal para todo el comportamiento de cortejo del macho de paloma doméstica, ya que esta investigación indica que puede existir un control más complejo de las actividades, donde tanto andrógenos como estrógenos actúan conjuntamente para que el animal muestre un comportamiento de baile y reverencia en presencia de su pareja.

Estudios anteriores mostraron que al ofrecer el letrozol de forma oral y a libre acceso a hembras de palomas, estas inhiben su postura con una dosis diaria de 0.5 mg durante 30 días, demostrando que el medicamento es bien aceptado por los animales en consumo voluntario (Solano García, 2015). Por lo que, con la administración a libre acceso podría obtenerse una población incapaz de reproducirse, tanto por la falta de persistencia sexual por parte de los machos, como por la incapacidad de postura por parte de las hembras. Así, los resultados conjuntos sugieren un potencial uso del letrozol para afectar la actividad reproductiva de las palomas.

Con este estudio, se puede concluir que el tratamiento oral con letrozol a machos de palomas, es efectivo para disminuir el emparejamiento por un cortejo poco atractivo para la hembra, cuando se administra en una dosis de 0.5 mg por animal por día; y puede utilizarse como un método de control reproductivo en la dosis de 1 mg, ya que logra inhibir el besuqueo y la cópula, disminuyendo la tasa reproductiva de los machos medicados.

REFERENCIAS

- Adkins, E. K. & Mason, P., 1974. Effects of cyproterone acetate in the male japanese quail. *Hormones and Behavior*, 5, pp. 1-6.
- Albores-Barajas, Yuri V.; Baldaccini, N. Emilio; Giunchi, Dimitri; Vanni, Lorenzo; Soldatini, Cecilia, 2012. Feral pigeons: problems, dynamics and control methods. In: S. Soloneski, ed. *Integrated Pest Management and Pest Control: Current and Future Tactics*. s.l.:INTECH, pp. 215-240.
- Bakker, J., Honda, S., Harada, N. & Balthazart, J., 2004. Restoration of male sexual behavior by adult exogenous estrogens in male aromatase knockout mice. *Hormones and Behavior*, 46, pp. 1-10.
- Ballesteros, C.; Esperón, Fernando; López, Juan; Muñoz, María Jesús; Neves, Elena; Vázquez, Belén, 2010. Screening for several potential pathogens in feral pigeons (*Columba livia*) in Madrid. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52(45), pp. 1-6.
- Ball, G. F. y Balthazart, J., 2002. Neuroendocrine mechanisms regulating reproductive cycles and reproductive behavior in birds. In: *Hormones, Brain and Behavior*. s.l.:Elsevier Science, pp. 649-798.
- Ball, G. F. y Balthazart, J., 2006. Androgen metabolism and the activation of male sexual behavior: It's more complicated than you think!. *Hormones and Behavior*, 49, pp. 1-3.
- Balthazart, Jacques; Cornil, Charlotte A.; Charlier, Thierry D.; Tazaiux, Mélanie; Ball, Gregory F., Estradiol, a key endocrine signal in the sexual differentiation and activation reproductive behavior in quail. *Journal of Experimental Zoology*, 311(A), pp. 323-345.
- Belle, M. D. C., Sharp, P. J. y Lea, R. W., 2005. Aromatase inhibition abolishes courtship behaviours in the ring dove (*Streptopelia risoria*) and reduces androgen and progesterone receptors in the hypothalamus and anterior pituitary gland. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 276, pp. 193-204.
- Bruggers, R. L. y Zaccagnini, M. E., 1995. Vertebrate pest problems related to agricultural production and applied research in Argentina. *Vida Silvestre Neotropical*, 3(2), pp. 71-83.
- Burley, N., 1980. Clutch overlap and clutch size: alternative and complementary reproductive tactics. *The American Naturalist*, 115(2), pp. 223-246.
- Chavira, R., Fernández-Guasti, A. y Olvera-Hernández, S., 2015. Prenatal letrozole produces a subpopulation of male rats with same-sex preference and arousal as well as female sexual behavior. *Physiology & Behavior*, 139, pp. 403-411.
- Chiver, I. y Schlinger, B. A., 2017. Sex differences in androgen activation of complex courtship behaviour. *Animal Behaviour*, 124, pp. 109-117.
- Cornil, C.; Dalla, C.; Papadopoulou-Daifoti, Z.; Baillien, M.; Balthazart, J., 2006. Estradiol rapidly activates male sexual behavior and affects brain monoamine levels in the quail brain. *Behavioural Brain Research*, 166, pp. 110-123.

Cornil, C.; Schmit, M.; de Bournonville, C.; Ceuleers, M.; Daulne, C., 2014. Age-dependent and age-independent effects of testosterone in male quail. *General and Comparative Endocrinology*, 208, pp. 64-72.

Cornil, C.; Taziaux, M.; Baillien, M.; Ball, G.; Balthazart, J., 2006. Rapid effects of aromatase inhibition on male reproductive behaviors in Japanese quail. *Hormones and Behavior*, 49, pp. 45-67.

Del Villar, D., 2000. Principales vertebrados plaga en México: situación actual y alternativas para su manejo. *Revista Chapingo*, 6(1), pp. 41-54.

Dijkstra, C.; Dann, S.; Dekker, A.; Goerlich, V.; Groothuis, T.; Riedstra, B., 2010. An adaptive annual rhythm in the sex of first pigeon eggs. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64, pp. 1393-1402.

Ebrahimi, M., Akbari-Asbagh, F. y Ghalandar-Aftar, M., 2017. Letrozole+GnRH antagonist stimulation protocol in poor ovarian responders undergoing intracytoplasmic sperm injection cycles: An RCT. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, 15(2), pp. 101-108.

Fabricius, E. y Jansson, A., 1963. Laboratory observations on the reproductive behaviour of the pigeon (*Columba livia*) during the pre-incubation phase of the breeding cycle. *Animal Behaviour*, October, 11(4), pp. 535-547.

Foertsch, S. y Vatnick, I., 1998. Incubation temperature of the pigeon embryo (*Columba livia*). *Journal of Thermal Biology*, 23, pp. 53-57.

Fusani, Leonida; Gahr, M.; Hutchison, J., 2001. Aromatase inhibition reduces specifically one display of the ring dove courtship behavior. *General and Comparative Endocrinology*, 122, pp. 23-30.

Gómez de Silva, H., Medellín, R. A. y Oliveras de Ita, A., 2005. *Columba livia*. *Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales*, D.F.: s.n.

Goodson, J. L., 2005. The vertebrate social behavior network: Evolutionary themes and variations. *Hormones and Behavior*, 48, pp. 11-22.

Goodson, J. L. y Kabelik, D., 2009. Dynamic limbic networks and social diversity in vertebrates: From neural context to neuromodulatory patterning. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 30, pp. 429-441.

Haynes, B.; Dowsett, M.; Miller, W.; Dixon, J.; Bhatnagar, A., 2003. The pharmacology of letrozole. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 87, pp. 35-45.

Heiderich, E., Failing, K., Lierz, M. y Schildger, 2016. The effect of endoscopic sterilization on reproductive behavior and pair bond maintenance of feral pigeons (*Columba livia*). *Tierärztliche Praxis*, 44(2), pp. 94-104.

Hutchison, R., Opromolla, G. y Hutchison, J., 1995. Environmental stimuli influence oestrogen-dependent courtship transitions and brain aromatase activity in male ring doves. *Behaviour*, 133, pp. 199-219.

- Johnson, S. G. y Johnston, R. F., 1989. A multifactorial study of variation in interclutch interval and annual reproductive. *Oecologia*, 80(1), pp. 87-92.
- Kelley, D. B., 1988. Sexually dimorphic behaviors. *Annual Review of Neuroscience*, 11, pp. 225-2251.
- Miller, W. R., 2003. Aromatase inhibitors: mechanism of action treatment of breast cancer. *Seminars in Oncology*, 30(4), pp. 3-11.
- Rodríguez-Estrella, R. y Tinajero, R., 2014. Incremento en la distribución y primr registro de anidación de la paloma de collar (*Streptopelia decaocto*) en la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, pp. 898-909.
- Scanes, C. G. ed., 2015. *Sturkie's Avian Physiology*. 6 ed. China: Elsevier.
- Schlinger, B.; Barske, J.; Day, L.; Fusani, L.; Fuxjager, M., 2013. Hormones and the neuromuscular control of courtship in the golden-collared manakin (*Manacus vitellinus*). *Frontiers in Neuroendocrinology*, 34, pp. 143-156.
- Solano García, J. A., 2015. *Inhibición de la ovulación en palomas (Columba livia) por medio de la administración oral de un antagonista de testosterona o inhibidor de aromatasa*. Ciudad de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.
- Solano García, J. A., En proceso. *Efecto del tratamiento oral con letrozol, inhibidor de aromatasa, sobre la reproducción y la salud de palomas mensajeras (Columba livia)*. Ciudad de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.
- Soma, K. K., 2006. Testosterone and aggression: berthold, birds and beyond. *Journal of Neuroendocrinology*, 18(7), pp. 543-551.
- Stocco, C., 2012. Tissue Physiology and Pathology of Aromatase. *National Institutes of Health*, 77(1-2), pp. 27-35.
- Ware, E. L., Saunders, D. R. y Troje, N. F., 2017. Social interactivity in pigeon courtship behavior. *Current Zoology*, 63(1), pp. 85-95.