



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**EVALUACIÓN DE LA NICARBAZINA COMO  
HERRAMIENTA DE MANEJO PARA DISMINUIR LOS  
DAÑOS POR PALOMA TORCAZA (*ZENAIDA  
AURICULATA*)**

Lourdes Olivera

Doctorado en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias Vegetales

Julio, 2022

**EVALUACIÓN DE LA NICARBAZINA COMO  
HERRAMIENTA DE MANEJO PARA DISMINUIR LOS  
DAÑOS POR PALOMA TORCAZA (*ZENAIDA  
AURICULATA*)**

Lourdes Olivera

Doctorado en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias Vegetales

Julio, 2022

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. (PhD.) Alejandro La Manna, Lic. Biol. (PhD.) Sonia Canavelli, Lic. Biol. (Dr.) Enrique Bucher, Lic. Biol. (PhD.) Ethel Rodríguez, el 6 de junio de 2022. Autor/a: Lic (Mag.) Lourdes Olivera. Directora Ing. Agr. (PhD.) Silvia Pereyra, codirector/a Med. y Tec. Vet. (PhD.) Georgget Banchemo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer muy especialmente a quienes figuran a continuación:

Mis tutoras Silvia Pereyra y Georget Banchemo por aceptar embarcarse en este desafío. Por su ayuda, aliento y tiempo dedicado en este doctorado.

Ethel Rodríguez, miembro del comité de seguimiento, por su constante ayuda y acompañamiento en este proceso, además de ser referente en el desarrollo de mi carrera.

Jorge Sawchik, miembro del comité de seguimiento, por su constante apoyo y ayuda en las distintas etapas del doctorado.

Los integrantes del Tribunal por su tiempo en corregir y aportar a mejorar el manuscrito.

Sergio Ceretta por su incansable apoyo y aliento durante estos años.

Los colaboradores del proyecto FPTA: Guillermo Tellechea, Nathalie Muñoz, Florencia Lago y Rubén Canavese. Gracias por su ayuda, compromiso y compañía.

La Dirección General de Servicios Agrícolas por brindar las instalaciones para los experimentos y muy especialmente al personal del laboratorio biológico.

La Mesa Tecnológica de Oleaginosos por ser ejecutor del proyecto y muy especialmente a Roberto Verdera y Carolina Balestra por su gran apoyo durante este proceso.

Al National Wildlife Research Center por recibirme en sus estaciones de Fort Collins y North Dakota. Muy especialmente al Dr. Scott Werner, la Dra. Page Klug y a todos los miembros de sus departamentos. También deseo agradecer al Dr. Michael Avery por sus consejos y aportes en la realización de esta tesis.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por financiar esta tesis mediante el proyecto FPTA 352. Especialmente a Carina Souto y Hugo Longueira por su ayuda en la ejecución y en las gestiones de importación del contraceptivo y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por la financiación de una beca de posgrados nacionales.

La empresa Innolytics, LLC por donar la totalidad del producto y brindarnos consejos en su manipulación y utilización.

La Alianza de Cooperativas Innovadoras de Colonia y Asociación Uruguaya de Productores de Carne Intensiva Natural por colaborar con establecimientos, especialmente a Nvisión y Las Tres Marías donde realizamos los experimentos.

Mi familia, por el constante apoyo, paciencia y aliento. Principalmente a Mauri por acompañarme en este proceso y ser mi pilar en los momentos más difíciles.

Y por último, todas aquellas personas que se cruzaron en mi camino y me ayudaron de alguna manera a poder alcanzar este gran logro. ¡¡¡Muchas gracias!!!

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b><u>PÁGINA DE APROBACIÓN</u></b> .....	I
<b><u>AGRADECIMIENTOS</u></b> .....	II
<b><u>RESUMEN</u></b> .....	V
<b><u>SUMMARY</u></b> .....	VI
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b> .....	1
1.1. La paloma torcaza .....	1
1.2. Estrategias de control poblacional de palomas torcazas implementadas en Uruguay .....	2
1.3. Uso de contraceptivos en aves .....	3
1.4. Modo de acción de la nicarbazina .....	6
1.5. Efecto en especies no blanco y en el ambiente .....	8
1.6. Administración del contraceptivo .....	9
1.7. Información con contraceptivos en uruguay .....	11
1.8. Justificación.....	12
1.9. Objetivos y estructura de la tesis.....	13
<b><u>2. CAPÍTULO 1. ACEPTACIÓN DE DIFERENTES PRESENTACIONES DEL CEBO POR PALOMAS TORCAZAS EN CAUTIVERIO</u></b> .....	15
2.1. Resumen .....	15
2.2. Resumen del artículo .....	16
2.3. Abstract .....	17
2.4. Introducción .....	17
2.5. Materiales y métodos.....	19
2.6. Resultados .....	21
2.7. Discusión.....	24
2.8. Agradecimientos .....	25
2.9. Bibliografía.....	26
<b><u>3. CAPÍTULO 2. USO DE NICARBAZINA COMO CONTRACEPTIVO ORAL EN PALOMAS TORCAZAS</u></b> .....	28
3.1. Resumen .....	28
3.2. Abstract .....	29
3.3. Introduction .....	29
3.4. Materials and methods.....	30
3.5. Results.....	31

3.6. Discussion .....	32
3.7. Conclusion .....	34
3.8. Managment implication .....	34
3.9. References.....	34
<b><u>4. CAPÍTULO 3. ACEPTACIÓN DE CEBOS CONTRACEPTIVOS POR PALOMA TORCAZA EN EL CAMPO</u></b> .....	<b>36</b>
4.1. Resumen .....	36
4.2. Resumen del articulo .....	38
4.3. Abstract .....	38
4.4. Resumen .....	39
4.5. Introducción.....	39
4.6. Metodología.....	40
4.6.1 <u>Elección de los corrales</u> .....	40
4.6.2. <u>Aceptación del cebo contraceptivo</u> .....	41
4.6.2.1. Pre-tratamiento.....	41
4.6.2.2. Tratamiento.....	42
4.6.3. Análisis de datos .....	42
4.7. Resultados .....	43
4.7.1. <u>Elección de los corrales</u> .....	43
4.7.2 <u>Aceptación del cebo contraceptivo</u> .....	44
4.7.2.1. Pretratamiento .....	44
4.7.2.2. Tratamiento.....	45
4.8. Discusión.....	48
4.9. Conclusiones.....	49
4.10. Bibliografía.....	49
<b><u>5. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS</u></b> .....	<b>52</b>
5.1 Sistema de administración del cebo .....	52
5.2 Aplicación de contraceptivos a escala de campo .....	54
5.3 Futuros trabajos .....	57
<b><u>6. CONCLUSIONES</u></b> .....	<b>59</b>
<b><u>7. BIBLIOGRAFÍA GENERAL</u></b> .....	<b>60</b>
<b><u>ANEXO I. EVALUACIÓN DE LA PREFERENCIA DEL CEBO CONTRACEPTIVO EN COMPARACIÓN CON OTROS TIPOS DE GRANO</u></b> .....	<b>67</b>

## RESUMEN

La paloma torcaza (*Zenaida auriculata*) causa pérdidas en establecimientos con ganado en confinamiento y daños en cultivos agrícolas. Debido a su tamaño poblacional y limitaciones en las técnicas actuales disponibles, los métodos contraceptivos surgen como alternativa complementaria para disminuir daños en Uruguay. El objetivo de esta tesis fue estudiar la factibilidad de la nicarbazina como contraceptivo para paloma torcaza. Se evaluó la aceptación de tres presentaciones de cebo (0,5 % nicarbazina): pellets OvoControlS®; mezcla de OvoControlS® y maíz picado; y pellets de OvoControlP® partidos. Se midió la ingesta de cada presentación por ave y por día en 10 palomas torcazas. El OvoControlP® partido fue la única formulación con un consumo promedio semanal superior a 1,0 g/paloma/día. Luego, se determinó la dosis de nicarbazina para reducir significativamente la reproducción en 11 parejas de palomas torcazas en aviario. Se usaron tres fases: pretratamiento (ciclo reproductivo antes de suministrar contraceptivo), tratamiento (ciclo bajo efecto de nicarbazina) y recuperación (ciclo luego de interrumpido el producto). Se registró el consumo de cebo por día (g/pareja) y variables reproductivas. Se redujo estadísticamente el número de huevos viables y pichones exitosos un 62 % en el tratamiento vs pretratamiento. Esto se revirtió luego de interrumpir la ingesta del producto, ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el número de huevos entre pretratamiento y recuperación. El consumo promedio de cebo por día en parejas que produjeron cero o un pichón fue significativamente mayor que el de parejas que tuvieron dos pichones en el tratamiento. Por último, se estableció un sistema de administración del cebo y se evaluó su eficiencia para suministrarlo a palomas torcazas en dos establecimientos con ganado en confinamiento. Se trabajó con dos fases ofreciendo el alimento en estaciones de cebado (EDC): pretratamiento (pelleteado para gallina con trigo) y tratamiento (contraceptivo con trigo). Se evaluó el número de aves en las EDC y el consumo de alimento. La cantidad de palomas torcazas en las EDC fue significativamente mayor que el de otras especies de aves. La ingesta de contraceptivo por paloma torcaza fue 0,19 y 0,12 g/paloma/día, no alcanzando la dosis mínima necesaria para causar efecto en la reproducción de la especie. Concluimos que la nicarbazina es un contraceptivo efectivo para paloma torcaza. Se debe seguir investigando en el desarrollo del cebo contraceptivo, evaluación en nidaderos y un plan integrado de manejo de aves.

Palabras clave: nicarbazina, aves, control de la reproducción.

## SUMMARY

Eared doves (*Zenaida auriculata*) cause losses in confined cattle production and damage in agricultural crops. Due to population size and limitations in the current available techniques, contraceptive methods appear as a complementary alternative to reduce damage in Uruguay. The objective of this thesis was to study the feasibility of nicarbazin as a contraceptive for eared doves. The acceptance of three presentations of bait (0.5 % nicarbazin) was evaluated: OvoControlS® pellets; mixture of OvoControlS® with cracked corn; and cracked OvoControlP® pellets. Intake of each presentation per bird and per day was measured in 10 eared doves. Cracked OvoControlP® was the only formulation with a weekly average consumption greater than 1,0 g/dove/day. Later on, the nicarbazin dose necessary to significantly reduce reproduction in 11 pairs of doves was determined under aviary conditions. Three experimental phases were used: pre-treatment (reproductive cycle before contraceptive was supplied), treatment (cycle under the effect of nicarbazin) and recovery (cycle after interrupting the product). Bait intake per day (g/pair) and reproductive variables were recorded. A 62 % statistically significant reduction in the number of viable eggs and successful fledgling was found in the treatment phase vs. pre-treatment. This was reversed after stopping the intake of the product, since there were no statistically significant differences in the number of eggs between pre-treatment and recovery. The average consumption of bait per day in the pairs that produced zero or one fledgling was significantly higher than pairs that had two fledglings in the treatment. Finally, a bait management system was established, and its efficiency was evaluated to supply it to eared doves in two farms with cattle raised under confinement. We worked with two experimental phases offering the feed in bait stations (EDC): pre-treatment (pelleted poultry ration mixed with wheat) and treatment (a contraceptive and wheat mix). Number of birds in EDC and food consumption were evaluated. The number of eared doves in the EDC was significantly higher than individuals from other bird species. The contraceptive intake per dove in both experiments was 0.19 and 0.12 g/dove/day, not reaching the minimum dose necessary to cause an effect on reproduction of the specie. We conclude that nicarbazin is an effective contraceptive for eared doves. Research should continue in the development of contraceptive bait, evaluation in nesting site and an integrated bird management plan.

Keywords: nicarbazin, birds, birth control.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. LA PALOMA TORCAZA**

En Uruguay, el incremento del área sembrada de cultivos agrícolas y la inclusión de nuevos sistemas de producción como la cría de ganado en confinamiento, han aumentado la disponibilidad de alimento para las aves granívoras. Estos sistemas productivos forman un paisaje en mosaico que incluye, entre otros, parches de arbustos, montes naturales o implantados y fuentes de agua. De este modo, se generan ambientes que pueden favorecer la supervivencia y reproducción de especies de aves que se benefician de la complementariedad entre sitios de refugio, alimento y reproducción, como la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*).

La paloma torcaza es una especie de ave que se ha adaptado a estos paisajes en mosaicos, donde posee disponibilidad de alimento, agua y sitios para descansar y nidificar (Dardanelli et al., 2011; Rodríguez et al., 2011). Esta especie tiene la capacidad de realizar movimientos migratorios y nomádicos de gran alcance, volando en busca de alimento hasta 100 km diarios desde dormideros o nidaderos (Bucher y Ranvaud, 2006). Estacionalmente tiene la capacidad de moverse dentro de regiones muy extensas de hasta 500 km en función de los cambios en las fuentes de alimento disponible (Bucher, 1998).

Esta especie tiene una estrategia reproductiva que consiste en una alta producción de pichones a lo largo de todo el año (Bucher, 1986; Bucher y Orueta, 1977). Las palomas torcazas complementan la dieta de los pichones con leche de buche, segregada por ambos padres y compuesta principalmente de proteínas y lípidos, (Bucher y Nores, 1973). Esto les permite depender únicamente de la cantidad de alimento disponible para reproducirse (Bucher, 1998, Bucher y Orueta 1977). La postura más frecuente registrada en un estudio en Córdoba a fines de la década del '70 (Bucher y Orueta 1977) fue la de dos huevos (72% de los nidos), pero también se registraron posturas de uno (17%), tres y hasta cuatro huevos (11%). El período de incubación fue de 14 días y el tiempo en que las palomas crían a sus pichones osciló entre 12 y 14 días (Figura 1). El intervalo entre el fin de una cría y una nueva postura fue de una a dos semanas.



Figura 1. Esquema del ciclo reproductivo de la paloma torcaza en un nido con dos huevos, según Bucher y Orueta (1977). No se indican meses del año en relación a cada etapa ya que, según la referencia previamente mencionada, este ciclo podría repetirse en múltiples momentos del año.

## 1.2. ESTRATEGIAS DE CONTROL POBLACIONAL DE PALOMAS TORCAZAS IMPLEMENTADAS EN URUGUAY

Esta especie causa pérdidas en producciones agropecuarias en varios países de Sudamérica como Argentina, Colombia, Bolivia, Brasil y Perú, además de Uruguay (Dardanelli et al., 2016; Bucher y Ranvaud, 2006; Robles et al., 2003; Bruggers et al., 1998). En Argentina, se registraron pérdidas que alcanzaron un 40% en girasol (Vitti y Zuil, 2012) y 16% para soja (Scalora et al., 2013). La paloma torcaza causa daños en cultivos de cereales y oleaginosos (Rodríguez et al., 2011) y pérdidas de ración en establecimientos con ganado en confinamiento (Rodríguez y Olivera, 2017). El daño registrado en la implantación de cultivos de soja ascendió a 49 % en bordes de chacras (Bou et al., 2016). En Uruguay, por ejemplo, la Mesa Tecnológica de Oleaginosos (MTO) estimó un costo de US\$ 1.000.000 en resiembras para soja de primera del año 2011, en un área base de 100.000 ha (Rodríguez y Olivera, 2014). En tanto, en establecimientos con ganado en confinamiento, las palomas torcazas causan pérdidas en el acopio de alimento y consumen la fracción de grano de la ración que se le suministra al ganado, causando un desbalance nutricional (Olivera et al., 2021b; Rodríguez y Olivera, 2017). Se midieron pérdidas de ración de hasta 22 g de ración/paloma torcaza/día en corrales y acopio de alimento (Olivera et al., 2021b).

En las décadas 70' y 80', el manejo de los daños producidos por palomas torcazas en cultivos agrícolas se centraba en el control letal (Bruggers et al., 1998). En estos años,

se realizaron campañas de control letal de palomas torcazas a través del uso de cebos tóxicos, con poco éxito en la disminución de los daños y un impacto negativo en el ambiente (Bucher, 1985). Múltiples características biológicas de las palomas torcazas podrían explicar que este tipo de control sea poco exitoso (Bucher, 1998). Entre ellas, la capacidad de esta especie de criar durante todo el año, su alta movilidad, la cría colonial y la regulación poblacional en función de la disponibilidad de alimento. Otro aspecto que hace ineficiente el control letal es que la mortalidad natural y artificial en la paloma torcaza no se suman, sino que se compensan y, en consecuencia, no se logra una disminución de la población (Bucher, 1998). La mortandad realizada de forma artificial aumenta al mismo tiempo las chances de supervivencia del resto, ya que tendrá menos competencia por parte de aquellos individuos eliminados (Bucher, 1998). Por lo tanto, es posible eliminar grandes números de individuos, sin que esto signifique una reducción en la cantidad de palomas que estará presente al año siguiente y menos aún, en el daño que éstas producen.

Conjuntamente, el control letal mediante productos químicos causa riesgos al resto de la fauna y al ambiente debido a que, generalmente, no actúa solamente sobre la especie blanco, sino que el control lleva a la muerte de individuos de otras especies de aves, así como de predadores que se alimentan de los animales envenenados. Además, algunos de los avicidas usados en esos años, como el Endrin® (i.a Endrin), actualmente de uso prohibido, tenían una alta persistencia en el ambiente (Bruggers et al., 1998). Actualmente, no hay productos avicidas registrados en Uruguay y el uso de esta herramienta por particulares está prohibido según decreto 164/996 art. 13 (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 1996).

Debido a las limitaciones y problemas asociados al control letal, la estrategia de manejo para disminuir las pérdidas por palomas torcazas en cultivos en Uruguay se ha reorientado hacia técnicas alternativas tendientes a la disminución del daño. Actualmente, se están estudiando y desarrollando en el plano internacional, regional y nacional, técnicas basadas en este enfoque (Werner et al., 2019; Rodríguez y Olivera, 2017; Tellechea y Rodríguez, 2016; Echevarria y Enriquez, 2016; Addy Orduna y Canavelli, 2010). Las estrategias incluyen la prevención del daño, protección del cultivo o enfocadas al manejo de las poblaciones mediante el desarrollo de métodos contraceptivos.

En particular, en Uruguay, se han desarrollado e implementando técnicas para la prevención de los daños y protección del cultivo, como métodos de repelencia química y física (Olivera y Rodríguez, 2014; Rodríguez et al., 2011; Rodríguez et al., 1995). Estas técnicas tienen limitaciones para su aplicación, incluyendo dificultades para su implementación, debido a problemas de aplicación y a la relación costo/beneficio, entre otros (Olivera et al., 2020). Su efectividad está afectada por varios factores, como el momento y regularidad de la aplicación, la disponibilidad de alimentos alternativos para las aves y el tamaño de la población de aves que ocasiona los daños (Avery, 2014; Rodríguez et al., 2011).

### **1.3. USO DE CONTRACEPTIVOS EN AVES**

La utilización de métodos contraceptivos posee ventajas frente al control letal, haciéndolo una opción más atractiva a la hora de desarrollar planes de manejo poblacionales. Por un lado, no deja carcasas en el ambiente que queden accesibles para los predadores. También representa un menor riesgo para las especies no blanco y es más flexible para la gestión de una población, ya que sus efectos son reversibles (Dell’Omo y Palmery, 2002). Todas estas ventajas determinan un impacto positivo en la opinión pública, facilitando su implementación (Dell’Omo y Palmery, 2002; Kirkpatrick y Turner, 1985).

Sin embargo, el uso de contraceptivos se ve limitado en la práctica debido a una serie de dificultades biológicas, logísticas y legales (Fagerstone et al., 2010; Eisemann et al., 2006; y Guynn, 1997). En primer lugar, debe ser inocuo o presentar el menor impacto posible en las especies no blanco y no presentar riesgos para la salud de las especies tratadas. Por otro lado, es necesario considerar las características biológicas de la especie blanco, como el sistema de apareamiento y el comportamiento social, que impiden y/o limitan los alcances del control. Asimismo, existen casos en donde el químico esterilizante es efectivo en la disminución de la fertilidad, pero no se produce una disminución de la población debido a que ocurren cambios compensatorios en otros parámetros (por ejemplo, aumento de sobrevivencia de individuos tratados, Kirkpatrick et al., 2011; Bomford, 1990). Desde el punto de vista logístico, las dificultades a superar están relacionadas con el desarrollo y aplicación a gran escala de sistemas de entrega del producto (por ejemplo, cebos). Consecuentemente, para la implementación de contraceptivos a las escalas adecuadas, se deben desarrollar métodos que sean

específicos para la especie blanco y que, además, sean suficientemente económicos y sencillos para su aplicación a gran escala (Fagerstone et al., 2010). Finalmente, en ciertos casos la implementación de una campaña de contracepción implica manejar poblaciones que están distribuidas en diferentes territorios legales. Por lo que para garantizar el éxito de la campaña, se debe considerar la inclusión de normativas que permitan coordinar y ejecutar las acciones a implementar (Guynn, 1997).

Para aves, existen diferentes compuestos naturales y químicos que se pueden utilizar como contraceptivos (Fagerstone et al., 2010; Yoder y Miller, 2006; Fagerstone et al., 2002). Estos logran reducir la capacidad reproductiva, interfiriendo con la postura o la eclosión de los huevos. Una de las técnicas más simples para reducir la eclosión, consiste en untarlos en el nido con aceite (Pochop et al., 2016; Rodríguez y Tiscornia, 2002). Al recubrir los huevos se obstruyen los poros de la cáscara, reduciendo la difusión de gases entre este y el medio, lo que provoca la muerte del embrión. Si bien este método es trabajoso desde el punto de vista de su aplicabilidad, son útiles en operaciones a pequeña escala y muy económicos. El primer quimioesterilizante para aves probado fue la trietilenmelamina (TEM) en 1959 (Kirkpatrick y Turner, 1985). Este compuesto fue probado en estorninos (*Sterna vulgaris*) y pájaros negros de alas rojas (*Agelaius phoeniceus*) y demostró tener un efecto contraceptivo al reducir la producción de esperma y el peso de los testículos, en pruebas de laboratorio. Sin embargo, presentaba una alta toxicidad para estas especies (Kirkpatrick y Turner, 1985). Otro de los compuestos evaluados en las décadas del 60' y 70' ha sido el mestranol en codornices *Coturnix coturnix* y palomas domésticas *Columba livia* (Bomford, 1990; Sturtevant, 1970; Wentworth et al., 1968). Este compuesto redujo la fertilidad en adultos de paloma doméstica y provocó esterilidad en juveniles alimentados con leche de buche de adultos tratados (Sturtevant, 1970). Sin embargo, como el caso anterior, problemas de toxicidad, palatabilidad e implementación impidieron su aplicación a gran escala.

En las últimas décadas, en Estados Unidos y Europa se ha estudiado el uso de contraceptivo como herramienta de manejo de poblaciones en especies de aves como cotorra (*Myiopsitta monachus*, Yoder et al., 2007), paloma doméstica (Albonetti et al., 2015; Avery et al., 2008a), gansos de Canadá (*Branta canadensis*, Bynum et al., 2007) y codorniz (Yoder et al., 2004). Si bien se han propuesto diversos químicos, la investigación se ha centrado en el desarrollo de dos compuestos: 20,25-

diazacolesteroldihidrocloruro (DiazaCon®) y nicarbazina (OvoControl®) (Addy Orduna y Canavelli 2010, Yoder y Miller, 2006; Kirkpatrick y Turner, 1985).

El 20,25-diazacolesteroldihidrocloruro fue probado en codorniz, disminuyendo un 85% de la producción de huevos (Yoder et al., 2004), y en cotorra, reduciendo la cantidad de huevos por nido de  $3,6 \pm 1,1$  huevos/nido en parejas control a  $1,6 \pm 0,7$  huevos/nido en parejas tratadas (Avery et al., 2008b). En tanto, la nicarbazina mostró una reducción en la producción y eclosión de huevos en gallinas (*Gallus gallus*) de un 33 % a los seis días de tratamiento y en un 85% a los 14 días de tratamiento con la dosis evaluada más elevada (150 ppm, Johnston et al., 2001). El resto de las dosis disminuyeron la tasa reproductiva únicamente a los 14 días de tratamiento, en un 67% (Johnston et al., 2001).

Además de condiciones de laboratorio o cautiverio, la nicarbazina se evaluó a escala de campo en gansos de Canadá, obteniendo resultados prometedores (Bynum et al., 2007; VerCauteren y Marks, 2002). Ante problemas iniciales de palatabilidad de los cebos (VerCauteren y Marks, 2002), se desarrolló un cebo suficientemente atractivo, y se observó que el promedio de los porcentajes de eclosión en los sitios donde los gansos de Canadá consumían contraceptivo, se redujo 36% al compararlo con los sitios sin tratamiento (Bynum et al., 2007). Asimismo, La cantidad de nidos donde eclosionaron la totalidad de los huevos fue 62% menor en los sitios con contraceptivo, en comparación con el control (Bynum et al., 2007). De este modo, la nicarbazina demostró ser eficaz en la reducción de la reproducción del ganso de Canadá en condiciones de campo.

La nicarbazina también ha sido utilizada en palomas domésticas (Avery et al., 2008a, 2006; Giunchi et al., 2007), obteniendo resultados ambiguos en ensayos de laboratorio con animales en cautiverio. Por un lado, se obtuvo una disminución significativa en la productividad de huevos y número de eclosiones en palomas domésticas utilizando dosis de 500 ppm y 800 ppm durante seis meses, con reducciones de hasta el 48% en el número de pichones eclosionados (Giunchi et al., 2007). En otro estudio, utilizando dosis de 2.500 ppm y 5.000 ppm durante seis semanas de tratamiento no se observaron diferencias significativas en la producción de huevos entre parejas con tratamiento y el control (Avery et al., 2006). Sin embargo, en otro trabajo con palomas domésticas utilizando cebo con 5.000 ppm de nicarbazina, se produjo una reducción en la eclosión de los huevos de 59% (Avery et al., 2008a).

#### **1.4. MODO DE ACCIÓN DE LA NICARBAZINA**

La nicarbazina es un esteroide utilizado en aves de corral desde los años 50' como droga para prevenir coccidios (Fagerstone et al., 2008). Su efecto contraceptivo fue descubierto accidentalmente al observar que las gallinas ponedoras a las que se suministraba esta droga presentaban menor producción de huevos y número de eclosiones. En gallinas tratadas con 25 a 100 ppm de nicarbazina se observó una reducción en la eclosión de los huevos entre el sexto y décimo día de tratamiento (Jones et al., 1990). La máxima dosis testada (100 ppm) disminuía la eclosión de los huevos a menos del 1%. Se observó un aumento en la concentración del 4,4'dinitrocarbanilide (DNC, uno de los componentes activos de la nicarbazina) en huevos proporcional a la cantidad de nicarbazina ingerida (Jones et al., 1990). En el año 2005, se registró este ingrediente activo bajo el nombre de OvoControlG® para gansos de Canadá y en 2007 para palomas domésticas con el nombre de OvoControlP®, ambos en Estados Unidos (Fagerstone et al., 2008).

En base a su estructura química, la nicarbazina es una sal bimodal que consiste en dos componentes: el 4,4'dinitrocarbanilide (DNC) que es el componente activo y el hydroxy-4,6-dimethylpyrimidine (HDP), que actúa como adyuvante, incrementando su absorción intestinal (Cuckler et al., 1955). En el intestino del ave, el complejo equimolar se rompe y se libera, por un lado, el DNC y, por el otro, el HDP, que siguen rutas de excreción diferentes (Porter y Gilfillan, 1955). El DNC queda en el organismo del ave, es metabolizado por el hígado y es excretado en cuatro días. El HDP es metabolizado más rápidamente y es eliminado por completo en menos de 24 horas por la orina (Johnston et al., 2001).

En relación a su modo de acción, cuando la nicarbazina se deposita en el huevo aumenta la permeabilidad de la membrana vitelina, haciendo que la yema y la albúmina se mezclen, interrumpiendo el desarrollo del embrión (Yoder et al., 2006a). Este compuesto aumenta la actividad de la lipoproteína lipasa, reduciendo así la cantidad de lipoproteína de muy baja densidad depositada en el folículo y, por lo tanto, disminuyendo la producción de huevos y de su peso (Yoder et al., 2006a). En machos que consumieron nicarbazina se ha registrado una disminución de la cantidad de células del esperma con calcio intracelular alto, lo que indica que puede actuar como un bloqueador débil del canal de calcio (Yoder et al., 2006a).

La velocidad de absorción intestinal de nicarbazina es diferente en aves de distintas especies, pero excretan el compuesto a tasas similares. En pruebas de absorción de nicarbazina con gansos de Canadá, gallinas y patos, las gallinas tuvieron la mayor tasa de absorción, seguidas por los patos y en último lugar los gansos (Yoder et al., 2005). Por otro lado, las palomas domésticas requieren una mayor exposición al contraceptivo que otras especies, debido a que no absorberían el compuesto de manera eficiente (Avery et al. 2008a). En el intestino de las aves, luego de que el DNC se disocia del HDP, este se agrega para formar partículas grandes que en algunos casos disminuyen la absorción a través de la pared intestinal (Yoder et al., 2006c; Bynum et al., 2005).

En varios estudios se han utilizado las concentraciones de DNC en huevos, plasma sanguíneo y fecas como biomarcador (Bynum et al., 2005; Yoder et al., 2005; Stahl et al., 2003). Estos son importantes porque se utilizan para asociar el efecto del contraceptivo con la disminución de la reproducción. Se midió la eficacia de cuatro dosis de nicarbazina en el alimento de gallinas y se correlacionó la producción de huevos y su éxito de eclosión con las concentraciones de DNC en sangre y en huevos (Johnston et al., 2001). Se obtuvo una relación lineal mostrando que los efectos de una dieta con nicarbazina fueron significativos en los residuos de DNC en huevos y plasma (Johnston et al., 2001). En otro estudio, se verificó que existe una relación similar entre la dosis y la concentración de DNC en la cáscara y el contenido de los huevos de gansos de Canadá (Stahl et al., 2003).

Se determinó el efecto de la nicarbazina en la salud de patos domésticos (*Anas platyrhynchos*) midiendo también el impacto en la reproducción y utilizando el DNC como biomarcador (Yoder et al., 2006b). Estos autores evaluaron tres dosis de 8,5, 17 y 33,75 mg de nicarbazina/kg/ave/día durante 14 días consecutivos. La producción de huevos y proporción de huevos fértiles fueron similares a los del control. El número de eclosiones fue significativamente menor únicamente cuando se aplicó la dosis mayor. Las concentraciones en el plasma, huevo y fecas de DNC variaron entre los tratamientos en función de la dosis.

### **1.5. EFECTO EN ESPECIES NO BLANCO Y EN EL AMBIENTE**

La nicarbazina es un medicamento veterinario seguro y utilizado en la industria avícola desde hace décadas. Varios experimentos han demostrado la baja toxicidad de la nicarbazina en aves y mamíferos (Reinoso, 2008). La Agencia de Protección Ambiental

de EE.UU (EPA) lo caracteriza como prácticamente no tóxico para animales acuáticos y sin efectos potenciales en peces e invertebrados (EPA, 2005). La toxicidad oral consumiendo una única dosis de nicarbazina es baja en roedores, siendo los valores de  $LD_{50} > 25.000$  mg/kg de peso corporal en ratones y  $> 10.000$  mg/kg de peso corporal en ratas. Los componentes individuales también mostraron una baja toxicidad oral aguda, siendo los valores de  $DL_{50}$  en ratones  $> 4.000$  y  $> 18.000$  mg/kg de peso corporal para los componentes HDP y DNC, respectivamente (FAO/WHO, 1999). Finalmente, la literatura también revela que este compuesto no se bioacumula y el ingrediente activo desaparece de la sangre entre cuatro y ocho días luego de que se detiene la ingesta del cebo contraceptivo (Yoder et al., 2005; FAO/WHO, 1999).

La nicarbazina podría llegar al ambiente por dos vías: a través de la materia fecal de las aves que consumen el producto o por los cebos sin consumir. Como se mencionó anteriormente, en el intestino del ave, el complejo DNC-HDP se rompe y, por lo tanto, ambos componentes llegan al ambiente separados. Una vez allí, el DNC y HDP tendrían vías de degradación diferentes. El DNC tiene baja solubilidad en agua (menos de 0,1 mg/L, Elanco, 2017), y se degrada lentamente en el suelo, con una vida media de aproximadamente un año en este medio. Además, no se volatiliza ni se filtra a través del suelo, aunque sí puede escurrirse con agua de lluvia, probablemente absorbida en partículas del suelo (EPA, 2005). El HDP, en cambio, es mucho más soluble en agua que el DNC. Además, absorbe la luz visible, por lo que también puede fotodegradarse (EPA, 2005). En el caso de que el cebo no consumido sea depositado en el suelo o en el agua, este podría tener una descomposición física y sus componentes (DNC y HDP) se liberarían por separado, siguiendo las diferentes rutas de degradación ya mencionadas (Elanco, 2017; EPA, 2005).

El DNC que se encuentra en el suelo no está unido al HDP, por lo que su biodisponibilidad (absorción oral) disminuiría. La diferencia de biodisponibilidad entre un complejo DNC-HDP y una simple mezcla de los dos componentes ha sido demostrada por Cuckler et al. (1955) y Porter y Gilfillan (1955). Estos autores reportaron que la dosificación del DNC en el alimento mediante el complejo con HDP incrementó al menos diez veces la actividad anticoccidial de la nicarbazina en gallinas, en comparación con una dosificación simple de DNC. Porter y Gilfillan (1955) encontraron que las gallinas a las que se les administró una dosis de 1000 mg de nicarbazina/kg de peso corporal tuvieron una concentración plasmática de 8,9  $\mu$ M

DNC/L, mientras que cuando se las dosificó con 650 mg DNC y 350 mg HDP/ kg de peso corporal (sin formar el complejo equimolar) fue solo 1,1  $\mu$ M DNC/L.

### 1.6. ADMINISTRACIÓN DEL CONTRACEPTIVO

Un aspecto fundamental en el uso de esta herramienta es la administración correcta del producto a las aves para que alcancen la dosis mínima necesaria que cause efecto en su ciclo reproductivo. En tanto la nicarbazina es excretada rápidamente del cuerpo del ave (Johnston et al., 2001), es necesario que estos animales ingieran diariamente cantidades suficientes para que se alcance la concentración en sangre deseada (Avery et al., 2008a). La ventaja de este aspecto es que la probabilidad de que cause una disminución de los parámetros reproductivos en una especie no blanco es baja. Por otro lado, es fundamental diseñar una estrategia de administración del producto que garantice un consumo en días consecutivos de la especie problema (Avery et al., 2006).

Según estudios realizados, la nicarbazina no es palatable para gansos de Canadá (Clark, 2005 en Bynum et al., 2005). Bynum et al. (2005) probaron para esta especie la administración de 1.350 ppm de nicarbazina mezclada con aceite de maíz y leche en polvo, aplicada a maíz picado. Esta técnica volvió a la nicarbazina palatable y el cebo fue ingerido por los gansos. Sin embargo, la molécula aplicada de forma tópica sobre el maíz resultó inestable y se continuó modificando el sistema de administración.

En gansos de Canadá también se probó un pellet realizado a base de harina de maíz e imitando el aspecto de este grano (Bynum et al., 2005). Tuvo una aceptación limitada en experimentos de campo y fue completamente rechazado en jaulas de vuelo. Se formuló también un cebo a base de harina de trigo que imitaba el pan y se probaron dos concentraciones: 1.000 ppm y 2.500 ppm. Este cebo fue aceptado por los gansos de Canadá en condiciones de laboratorio y no se registraron diferencias significativas en el consumo de cebos con ambas concentraciones (Bynum et al., 2005).

En patos (*Anas platyrhynchos*) también se ha estudiado el efecto de diferentes formas de administrar el producto sobre la concentración de DNC en plasma y en el peso de los huevos. Se evaluaron cuatro formas de ofrecer nicarbazina: suspendida en aceite de maíz, en agua, en cápsulas y mezclada en la comida. El aceite de maíz fue el sistema de administración del producto más efectivo, ya que fue el que presentó las

concentraciones de DNC en sangre más elevadas. El método menos efectivo fue el que involucraba mezclar el producto y administrarlo con la comida (Yoder et al., 2006b).

Avery et al. (2006) estudiaron cuatro diferentes tipos de cebos con la misma concentración de nicarbazina (2.500 ppm) en paloma doméstica y no encontraron diferencias significativas en su consumo por parte de las aves. No se alcanzaron valores satisfactorios de DNC en sangre con ninguna de las formulaciones. Estos autores también probaron un nuevo cebo con 5.000 ppm de nicarbazina, junto con otros dos de 2.500 ppm. Primero fueron probados solos y, luego, con un recubrimiento de aceite. El consumo de los cebos recubiertos con aceite fue significativamente mayor que de los pellets presentados solos. Con la formulación de 5.000 ppm se alcanzaron valores de DNC satisfactorios en sangre para producir un efecto en el ciclo reproductivo.

La palatabilidad del cebo y la aceptación por parte de las aves es un aspecto que impacta directamente en la eficacia de la nicarbazina como contraceptivo. Senar et al. (2020) midieron la eficacia de la nicarbazina (800 ppm) como método de control de palomas domésticas en la ciudad de Barcelona y encontraron que fue ineficaz para controlar la población de esta especie. El producto utilizado fue formulado sobre granos de maíz y suministrado mediante comederos automáticos en diferentes puntos de la ciudad. Los autores argumentan que la falta de efecto en el tamaño de la población de palomas pudo ser debido a problemas en la aceptación del producto. En un trabajo previo (Giunchi et al., 2007) en el que se utilizó el mismo producto en condiciones de palomas domésticas en cautiverio se registró una reducción de la reproducción del 13%. Sin embargo, los autores registraron una reducción del 48% en la reproducción de palomas suministradas con pellets que contenían la misma concentración de nicarbazina (800 ppm), pero con mayor palatabilidad. Según Senar et al. (2020) la menor palatabilidad del producto sobre granos de maíz en comparación con la oferta de alimentos en la ciudad de Barcelona podría evitar que las hembras alcancen los niveles sanguíneos de nicarbazina necesarios para reducir la fertilidad.

### **1.7. INFORMACIÓN CON CONTRACEPTIVOS EN URUGUAY**

En Uruguay, la factibilidad del uso de contraceptivos como alternativa para disminuir los daños de paloma fue analizada teóricamente por Feare (1991) en el marco del Proyecto “Control Integrado de Aves Plaga” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Bruggers et al., 1998). Este autor

concluyó que, si bien los contraceptivos disminuirían la cantidad de juveniles producidos, no reducirían la cantidad de aves adultas con los principios activos disponibles en ese momento. Además, por las características de alta dispersión, nomadismo y mortalidad natural de juveniles (Bucher, 1998), Feare consideró que habría que poner un gran número de estaciones de cebado. Por tanto, concluyó que los contraceptivos no parecían ser una opción conveniente frente al desarrollo del uso de repelentes para disminuir el daño a corto plazo.

En Uruguay, los primeros experimentos realizados con contraceptivos utilizaron aceite mineral para evitar la eclosión de huevos de cotorra, realizándose pruebas exitosas en laboratorio y campo (Rodríguez y Tiscornia, 2002). Al presente, aún no se cuenta con esta herramienta para disminuir los daños en nuestro país. En el año 2009, técnicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSSAA) visitaron el National Wildlife Research Center (NWRC) para evaluar la posibilidad de una transferencia tecnológica en métodos contraceptivos de este instituto hacia Uruguay. En el año 2013, mediante un convenio entre INIA-DGSSAA-MTO-Alcoholes del Uruguay (ALUR) y el Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas Competitivas (PACC), se realizaron actividades con técnicos uruguayos y del NWRC para revisar antecedentes, evaluar la factibilidad del uso de contraceptivos en palomas torcazas y cotorras, así como formular un perfil de proyecto para desarrollar y evaluar su eficiencia en Uruguay. Como resultado de esta experiencia, se publicó una revisión en español sobre los métodos contraceptivos que se han utilizado en aves (Tellechea y Rodríguez, 2016). Además, se concluyó que el uso de contraceptivos debe ser parte de un plan de manejo integrado para una reducción de la población a largo plazo. Los métodos contraceptivos no serían por sí solos una solución para las pérdidas de daño en cultivos agrícolas y ganado estabulado, sino una herramienta eficaz como parte de un enfoque integrado de varios años para el manejo de daños por aves en Uruguay (Avery, 2014). Su implementación requiere el conocimiento de la biología de la especie objetivo (hábitos alimenticios, patrones de movimiento, reproducción) para desarrollar sistemas eficientes de administración del contraceptivo y evitar un impacto adverso en especies no objetivo (Avery, 2014).

## 1.8. JUSTIFICACIÓN

A partir de la culminación del proyecto con FAO, los esfuerzos de investigación y desarrollo de tecnologías para disminuir las pérdidas ocasionadas por aves en Uruguay se centraron en el desarrollo e implementación de métodos de prevención de daño y protección de cultivos. Estos incluyen la minimización de granos no cosechados en el ambiente, la sincronización de fechas de siembra, uso de variedades menos susceptibles y utilización de repelentes tanto químicos como físicos a escala predial. Sin embargo, los problemas con aves (especialmente con palomas torcazas) aumentaron (Tellechea y Rodríguez, 2016). Esto fue ocasionado por el aumento del área sembrada de cultivos en las últimas dos décadas, el uso generalizado de la siembra directa (que deja alimento en el suelo disponible para las aves), así como la inclusión de nuevos sistemas de producción como son la cría de ganado estabulado y los megatambos, que suministran ración preparada con granos al ganado (Rodríguez y Olivera, 2014). Por consiguiente, es necesario ampliar las estrategias de manejo que se utilizan para prevenir los daños de una manera más efectiva.

En algunos escenarios, la población de aves que causa daño es demasiado grande para ser controlada eficazmente mediante técnicas estándar de prevención y protección de cultivos (Avery, 2014). Esto puede ser ocasionado por la alta densidad de individuos presentes en el área y/o por la ausencia de fuentes alternativas de alimento disponible. En esas situaciones, las estrategias de protección de cultivos pueden requerir un componente de reducción de la población (Avery, 2014). El control letal se practica a menudo para reducir las poblaciones de aves plaga, pero revisiones previas muestran que, en general, este enfoque es costoso, ineficaz y perjudicial para el medio ambiente y, especialmente, para las especies no objetivo (Linz et al., 2015). Además, en algunas especies de aves, como es el caso de la paloma torcaza, debido a sus características biológicas, presenta mortalidad compensatoria, contrarrestando el control letal provocado por las personas con un aumento en la reproducción y, por ende, en el tamaño poblacional (Bucher, 1998).

Se asume que el incremento de los problemas ocasionados por palomas torcazas en Uruguay, se relacionan con un aumento en las poblaciones de esta especie. Por lo tanto, surge la necesidad de considerar la reducción de los tamaños poblacionales a escala regional, como una estrategia complementaria y sinérgica con las técnicas ya existentes implementadas a escala predial, para reducir los daños en sitios específicos. Como ya se

describió anteriormente, en las últimas dos décadas se han desarrollado productos contraceptivos para varias especies de aves con exitosos resultados (Albonetti et al., 2015; Fagerstone et al., 2010; Avery et al., 2006, 2008b). Además, estos compuestos mostraron minimizar el impacto en el ambiente y sobre otras especies de aves que no causan pérdidas y cuyas poblaciones se evita afectar (Avery, 2014). Por otro lado, los establecimientos con ganado en confinamiento presentan una alta abundancia de palomas torcazas, ocasionada por la oferta de alimento que brindan durante todos los meses del año (Olivera et al., 2021b; Rodriguez y Olivera, 2017). Por lo tanto, serían buenos candidatos para suministrar el cebo contraceptivo a las palomas torcazas de forma eficiente y segura para las otras especies de aves.

Por consiguiente, en este contexto de avances logrados en Estados Unidos y Europa en el uso de cebos contraceptivos aplicados a múltiples especies de aves, se considera pertinente explorar el potencial de estos productos como método alternativo al control letal. Se propone evaluar el uso de nicarbazina como contraceptivo oral para paloma torcaza, con el fin de reducir los tamaños poblacionales de esta especie en Uruguay y, consecuentemente, el daño a mediano y largo plazo.

## **1.9. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS**

El objetivo general de esta tesis fue evaluar la factibilidad de utilizar nicarbazina como método contraceptivo para paloma torcaza. Como objetivos específicos se plantearon:

1. Medir la aceptación y preferencia de cebos con nicarbazina.
2. Determinar la dosis efectiva de nicarbazina como contraceptivo en palomas torcazas.
3. Establecer un sistema de administración del cebo y evaluar su eficiencia a escala predial en establecimientos con ganado en confinamiento.

La tesis se encuentra dividida en tres capítulos. El capítulo 1 responde al primer objetivo específico, que comprendió cuantificar la aceptación y preferencia del cebo con nicarbazina. Este se presenta en el formato de artículo según fue publicado en la revista argentina *FAVE* (Olivera et al., 2020) y contiene la información obtenida a partir de los experimentos realizados para medir la aceptación del cebo contraceptivo en cautiverio. Las pruebas de preferencia se presentan en formato de artículo científico en preparación, bajo las normas de la *Revista de Investigaciones Agropecuarias* (RIA). Este se incluye como Anexo I, debido a que la metodología de estos experimentos fue

muy similar a la presentada en el artículo de FAVE y quedaría un texto muy repetitivo en el cuerpo de la tesis. El capítulo 2 corresponde al segundo objetivo específico, que buscó determinar la dosis efectiva de nicarbazina como contraceptivo en palomas torcazas. Esta información se presenta en formato de artículo científico publicado en la revista internacional *Crop Protection* (Olivera et al., 2021). El capítulo 3 comprende el último objetivo específico: delinear un sistema de administración del cebo y evaluar su eficiencia a escala predial en establecimientos con bovinos para carne en confinamiento. Estos trabajos se presentan en formato de un artículo en preparación, bajo las normas de la revista *Agrociencia Uruguay*. Se agrega un último capítulo en la tesis denominado “Consideraciones finales y perspectivas” que incluye un análisis global de toda la información y sugerencias de futuros estudios a realizar. Por último, se presentan las conclusiones de este trabajo.

## **2. CAPÍTULO 1. ACEPTACIÓN DE DIFERENTES PRESENTACIONES DEL CEBO POR PALOMAS TORCAZAS EN CAUTIVERIO**

### **2.1. RESUMEN**

Las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) causan daños en cultivos agrícolas y pérdidas en establecimientos con ganado estabulado. Uno de los métodos utilizados en Estados Unidos y Europa es la regulación de poblaciones utilizando productos contraceptivos. Un aspecto importante es proveer a las aves de la dosis mínima necesaria para causar un efecto en su ciclo reproductivo. El objetivo de este estudio fue medir la aceptación de cebos contraceptivos para palomas torcazas en jaulas individuales (10 aves/tratamiento). Luego de una cuarentena y aclimatación de las aves al aviario y jaula se les ofrecieron durante cuatro horas diarias por 21 días consecutivos tres presentaciones (tratamientos) del pellet con nicarbazina al 0,5%: (1) OvoControlS® diseñado para gorriones, (2) mezcla de OvoControlS® con grano de maíz picado en proporción 78:22, respectivamente, y (3) OvoControlP® partido, diseñado para paloma doméstica (*Columba livia*). Entre las 9:30 y las 13:30 h a cada ave se le suministró el cebo tratamiento y por la tarde se le ofreció dieta de mantenimiento en igual cantidad. La ingesta del alimento correspondiente se registró para cada ave y por día. El consumo promedio semanal de OvoControlS® y de la mezcla OvoControlS® con maíz fue menor a 1,0 g. El OvoControlP® partido fue aceptado por las aves. Su consumo aumentó en las semanas 2 y 3 ( $p < 0,05$ ), superando 1,0 g promedio/semana y fue mayor que las otras presentaciones ( $p < 0,05$ ). Se puede concluir que el OvoControlP® en base a nicarbazina al 0,5% suministrado partido fue aceptado y consumido por palomas torcazas en condiciones de cautiverio en cantidades que podrían causar un efecto en la reproducción de la especie. Se elaboró un artículo científico con estos experimentos que fue publicado en el primer número del año 2020 de la revista *FAVE*, sección Ciencias Agrarias de Argentina. Estos resultados nos permitieron seguir avanzando con el siguiente objetivo de esta tesis, que fue la evaluación del efecto de la nicarbazina sobre los parámetros reproductivos de las palomas torcazas.

## EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DE DISTINTAS PRESENTACIONES DE UN CONTRACEPTIVO ORAL EN PALOMAS TORCAZAS

OLIVERA, L.<sup>1</sup>; RODRÍGUEZ, E.<sup>2</sup>; PEREYRA, S.<sup>3</sup>;

SAWCHIK, J.<sup>3</sup>; CERETTA, S.<sup>3</sup> & BANCHERO, G.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) causan pérdidas que pueden representar hasta 50% de daño en algunos cultivos. El objetivo fue medir la aceptación de cebos contraceptivos para palomas torcazas en jaulas individuales (10 aves/tratamiento). Luego de la cuarentena y la aclimatación de las aves a la jaula, se les ofreció durante cuatro horas diarias por 21 días consecutivos tres presentaciones (tratamientos) del pellet con nicarbazina al 0,5%: (1) OvoControlS® diseñado para gorriones; (2) mezcla de OvoControlS® con maíz picado en proporción 78:22 y (3) OvoControlP® partido, diseñado para paloma doméstica (*Columba livia*). En la mañana se ofreció a cada ave el cebo del tratamiento, y por la tarde se ofreció dieta de mantenimiento en igual cantidad, y se registró lo ingerido. El consumo promedio/semana de OvoControlS® y de la mezcla OvoControlS® con maíz fue menor a 1,0g. El OvoControlP® partido fue aceptado por las aves. El consumo aumentó en las semanas 2 y 3 ( $p < 0,05$ ), superando 1,0g promedio/semana y fue mayor que las otras presentaciones ( $p < 0,05$ ). Se puede concluir que esta presentación de nicarbazina al 0,5% fue aceptada y consumida por palomas torcazas en condiciones de cautiverio, en cantidades que podrían causar un efecto en la reproducción de la especie.

*Key words:* *Zenaida auriculata*, control reproductivo, Ovocontrol, nicarbazina.

---

1.- Contratado por proyecto marco del Acuerdo Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – Dirección General de Servicios Agrícolas. Av. Millán 4703. Montevideo. Uruguay. Tel: (+598) 23098410.

Email: lourdes.m.olivera@gmail.com

2.- Dirección General de Servicios Agrícolas. Av. Millán 4703. Montevideo. Uruguay. Tel: (+598) 23098410.

3.- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Ruta 50, Km 11. Colonia, Uruguay. Tel: (+598) 45748000. Manuscrito recibido el 30 de diciembre de 2019 y aceptado para su publicación el 14 de mayo de 2020.

---

Olivera, L.; Rodríguez, E.; Pereyra, S.; Sawchik, J.; Ceretta, S.; Banchero, G. Evaluación de la aceptación de distintas presentaciones de un contraceptivo oral en palomas torcazas.

FAVE - Ciencias Agrarias 19 (1): 55-66. CC BY-NC-SA 4.0



## ABSTRACT

### Evaluation of different presentation's acceptance of an oral contraceptive in eared doves.

Eared doves (*Zenaida auriculata*) may cause up to 50% of losses in some damaged crops. The objective of this study was to measure a contraceptive bait (nicarbazin pellets 0,5%) acceptance by Eared Doves in individual cages (10 birds/treatments). After quarantine and an adaptation period to the cages, the bait (nicarbazin pellets 0,5%) was offered to the doves for four hours per day for 21 consecutive days in three formulations (treatments) according to the bait: (1) OvoControlS® developed for sparrows; (2) OvoControlS® mixed with cracked corn in a 78:22 ratio; (3) was offered the corresponding bait treatment, cracked OvoControlP® elaborated for rock pigeon (*Columba livia*). Every morning each bird was offered the bait of the treatment, and in the afternoon a maintenance diet was offered in the same amount and daily consumption was registered. The average consumption/week of OvoControlS® and OvoControlS® with corn was less than 1.0g. Cracked OvoControlP® bait was accepted by birds. The consume increased in weeks 2 and 3 ( $p<0.05$ ), exceeding 1.0 g average/week and was higher than the other formulations ( $p<0.05$ ). It can be concluded that this treatment was accepted and consumed by eared doves in captivity in amounts that could cause an effect on this species reproduction.

*Key words:* *Zenaida auriculata*, reproductive control, Ovocontrol, Nicarbazin.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la expansión agrícola y la incursión en la cría de ganado en confinamiento, ha aumentado la disponibilidad de alimento para las aves granívoras. En Uruguay, estos sistemas productivos se encuentran formando un paisaje en mosaico, alternados con parches de arbustos y montes naturales o implantados, así como fuentes de agua. La paloma torcaza (*Zenaida auriculata*) se adaptó a estos ambientes donde posee disponibilidad de alimento, agua y sitios para descansar y nidificar (9, 20), favoreciendo una explosión poblacional de la especie mencionada. Las palomas torcazas dañan cultivos de cereales y oleaginosos, además de producir pérdidas en establecimientos con ganado en confinamiento. Por ejemplo, se reportaron pérdidas en plántulas de soja de hasta un 49% y

9% en bordes y centro de chacras y el daño consistía en la pérdida total o parcial de los cotiledones (5).

Desde la década de los 80', las estrategias de manejo se enfocaron en las medidas de prevención de los daños y protección del cultivo, desarrollando e implementando métodos de repelencia física y química (15, 18, 20). Sin embargo, debido al aumento de las áreas productivas de las últimas décadas, se han incrementado los problemas de aves (especialmente de palomas torcazas). Además, estas medidas tienen sus limitaciones y a veces son difíciles de implementar, debido a problemas de aplicación y a la relación costo/beneficio, entre otros. Por lo tanto, es necesario ampliar las estrategias que se utilizan para mitigar los daños.

Una herramienta de manejo implementada en Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos y algunos países de Europa, es la

regulación de poblaciones utilizando métodos contraceptivos (10, 12, 14). Desde la década de los 60' estos químicos están siendo estudiados y se basan en la disminución de las tasas de nacimiento o reclutamiento (4). Desde sus comienzos, la investigación en contraceptivos estuvo orientada hacia mamíferos y es donde se han puesto más esfuerzos. En las aves, la investigación ha sido más restringida; y si bien se han propuesto diversos químicos, los estudios han estado centrados en el desarrollo de dos compuestos: 20,25-diazacolesteroldihidrocloruro (Diaza-Con®) y nicarbazina (OvoControl®) (14, 24). El 20,25-diazacolesteroldihidrocloruro fue probado en codorniz (*Coturnix coturnix*), disminuyendo en 85% de la producción de huevos (22); y en cotorra (*Myiopsitta monachus*), reduciendo la cantidad de huevos por nido de  $3,6 \pm 1,1$  huevos/nido en parejas control a  $1,6 \pm 0,7$  huevos/nido en parejas tratadas (3). Por su parte, la nicarbazina administrada a palomas domésticas (*Columba livia*) redujo en 59% el número de pichones y disminuyó hasta el 56% en la eclosión de los huevos de gansos de Canadá (*Branta canadensis*) (2, 7, 23).

La nicarbazina es un esteroide utilizado en aves de corral desde los años 50' como droga para prevenir coccidios (11). Se trata de una sal bimodal que consiste en dos componentes: el 4, 4'-dinitrocarbanilide (DNC) que es el componente activo y el hydroxy-4, 6-dimethylpyrimidine (HDP), que actúa como "adyuvante", incrementando su absorción intestinal (17). Su efecto contraceptivo fue descubierto en gallinas ponedoras donde se observó una reducción en la eclosión de los huevos entre el sexto y décimo día de tratamiento. Posteriormente, en 2005, se registró este ingrediente activo bajo el nombre de OvoControlG® para gansos de Canadá (*Branta canadensis*), y en 2007 para palomas domésticas con el nombre de OvoControlP® (11).

Un aspecto fundamental en el uso de esta herramienta de manejo es la administración correcta del producto a las aves, de forma que alcancen la dosis mínima necesaria para causar efecto en su ciclo reproductivo. Según estudios, la nicarbazina no es palatable para gansos de Canadá (6), lo que llevó a proponer modificaciones en las características del cebo (forma, composición y tamaño), para aumentar su atraktividad (1, 6, 24). Dentro de los cebos evaluados, se aplicó la nicarbazina a maíz picado, mezclada con aceite y leche en polvo (6). Si bien esta técnica aumentó la palatabilidad para los gansos, la formulación presentaba problemas de estabilidad de la molécula, al ser aplicada de forma tópica sobre el maíz, además de registrarse consumo por especies no-blanco. Otro tipo de cebo evaluado fue un pellet elaborado a base de harina de maíz e imitando el aspecto de éste grano, el cual tuvo una aceptación limitada en experimentos de campo y nula en semi-cautiverio. Finalmente, al utilizar un cebo formulado a base de harina de trigo, imitando pan, se obtuvo aceptación por parte de los gansos de Canadá en condiciones de laboratorio (6). En paloma doméstica, se estudiaron cuatro diferentes tipos de cebos con nicarbazina al 0,25%, no encontrando diferencias significativas en su consumo ni alcanzando valores satisfactorios de DNC en sangre (1). Posteriormente se probaron tres nuevos cebos: dos formulados con 0,25% y uno con 0,5% de nicarbazina. Todos fueron evaluados con y sin recubrimiento de aceite. El consumo de los cebos recubiertos fue significativamente mayor que cuando eran presentados solos (1). Con la formulación de 0,5% se alcanzaron valores de DNC satisfactorios en sangre, suficientes como para producir un efecto en el ciclo reproductivo (1), cuando el consumo diario alcanzado fue  $116,9 \pm 12,7$  mg de nicarbazina/Kg de masa corporal (2).

En Uruguay, los primeros experimentos realizados con contraceptivos utilizaron aceite mineral para evitar la eclosión de huevos de cotorra (*Myiopsitta monachus*), realizándose pruebas exitosas en laboratorio y campo (19). En el año 1991, se evaluó el posible rol que los quimioesterilizantes podrían tener en un programa de manejo integrado de aves y se concluyó que, con los compuestos contraceptivos disponibles en ese momento, el método no sería efectivo para disminuir el daño inmediato (13). Al presente, no se encontraron antecedentes del uso de contraceptivos en paloma torcaza, ni en otras palomas del género *Zenaida*. Debido a los avances logrados en Estados Unidos sobre nuevos contraceptivos aplicados a otras especies de aves (1, 2, 3, 12), se propone evaluar en Uruguay el uso de nicarbazina, como una medida complementaria a las existentes, para la reducción del daño a mediano y largo plazo.

Debido a que la nicarbazina es excretada rápidamente del cuerpo del ave, es necesario que ingieran diariamente cantidades suficientes, para que el tratamiento sea efectivo. Esto es una ventaja para las especies no-blanco, ya que si consumen una cantidad de nicarbazina que produzca una disminución de sus parámetros reproductivos, el efecto desaparecerá cuando no ingiera el cebo (2). Esto genera el desafío de garantizar un consumo en días consecutivos de la especie problema, que debe ser tenido en cuenta para diseñar una estrategia de administración del producto (1).

El objetivo de este estudio fue medir la aceptación de tres diferentes presentaciones de cebo con nicarbazina (Ovocontrol®) para palomas torcazas. La hipótesis de trabajo es que la nicarbazina a la dosis formulada (0,5%), es palatable para las palomas torcazas en al menos una de las presentaciones evaluadas. Se asume en este trabajo como palatable aquel alimento con un con-

sumo promedio semanal superior a 1,0 g (adaptado de Avery *et al.*, 2006<sup>1</sup>).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos dieron inicio en diciembre de 2018 y finalizaron en abril de 2019, en los aviarios ubicados en la Dirección General de Servicios Agrícolas, Montevideo, Uruguay. Ambos aviarios poseen luz natural y temperatura controlada. Las evaluaciones constaron de tres etapas: 1- captura de las palomas, 2- cuarentena, 3- experimentación.

La *captura de las palomas* se realizó en un tambo del departamento de Durazno (33°20'27.58"S, 56° 33'50.40"O), Uruguay. Se utilizaron dos trampas de suelo de un metro cuadrado colocadas junto con el almacenaje de alimento para el ganado.

En la *cuarentena*, las palomas se ubicaron en jaulas individuales de 40,5 cm de largo, 23,5 cm de alto y 24,0 cm de profundidad, de malla de alambre de 1,5 por 13,0 cm de sección, un posadero, dos comederos y un bebedero. Esta etapa tuvo una duración de 22 días, durante la cual se les ofreció agua y alimento *ad libitum*, que consistió en partes iguales de trigo, sorgo y maíz picado. Se les suministró además antibióticos, antiparasitario y vitaminas. Esto se realizó para lograr un óptimo estado físico, similar en todas las aves y prevenir enfermedades en las etapas posteriores del experimento.

La etapa de *experimentación* se llevó a cabo en un aviario con jaulas de 1,20 x 1,20 mts, con 0,85 mts de profundidad, con un individuo por jaula. Esta incluye una primera fase de aclimatación, cuya duración fue de cinco días. Allí se midió el consumo diario de la dieta de mantenimiento por paloma, mientras se permitió a las aves que se habituaran al nuevo aviario.

Para registrar cambios en el peso de la ración ocasionados por ganancia o pérdida de humedad, se colocó un comedero con la misma cantidad de alimento ofrecida a las aves como testigo negativo fuera del alcance de éstas. Se calculó el consumo de alimento, por paloma, por día como:  $C = \text{Piaju} - \text{Pf}$ , siendo Piaju el peso inicial en función de la variación medida en el testigo negativo y Pf el peso final del contenido remanente en el comedero agregando lo que el ave vuelca al alimentarse. A su vez, Piaju se calculó como  $(\text{Pi} * \text{Pft}) / \text{Pit}$ , siendo Pi el peso inicial del alimento, Pit el peso inicial testigo negativo, y Pft: peso final testigo negativo.

En la aclimatación, se calculó el consumo diario promedio (g/día) de las aves. A este valor se lo denominó consumo diario medido (CDM) de alimento por paloma. Luego, se promediaron los valores obtenidos en los cinco días de esta etapa.

Culminada la aclimatación, se ofreció a las aves el alimento a evaluar. Los productos utilizados fueron dos formulaciones de OvoControl® con una concentración de nicarbazina de 0,5%. Ambos fueron formulados como pellets por Innolytics LLC (Rancho Mirage, Estados Unidos). El OvoControlP® está registrado para paloma doméstica (*Columba livia*) en todo Estados Unidos, con excepción del estado de New Hampshire. Su formulación es en forma de pellet cilíndrico de aproximadamente 7,0 mm de largo y 5,0 mm de diámetro. El OvocontrolS® es una nueva formulación de contraceptivo para gorriones (*Passer domesticus*), también de forma cilíndrica, con tamaño de pellet de 1,5 mm de largo y de diámetro, aún en fase de experimentación en Innolytics.

Cada día, se ofreció 10 g de contraceptivo a cada ave en un comedero plástico de 8,5 cm de diámetro y 4,5 de alto a las 9:30 h. Esta cantidad corresponde al CDM promedio, medido en la aclimatación. Debajo de cada

comedero, se colocó una bandeja para recoger lo que el ave puede volcar al alimentarse. A las 13:30 h se retiró el comedero con el remanente de contraceptivo de cada jaula y se registró su peso (g). Durante este período las aves sólo tenían disponible para su consumo una de las presentaciones de contraceptivo a ser evaluadas. Desde las 13:30 h a las 8:00 h de la mañana se colocaba un comedero de iguales dimensiones conteniendo 10 g con dieta de mantenimiento.

A las 8:00 h del día siguiente, se retiraba el comedero con el remanente de la ración y se pesaba. A las 9:30 h se volvía a colocar el contraceptivo, al igual que el día anterior. Este proceso se repitió durante 21 días consecutivos. Al igual que en la etapa de aclimatación, se agregó un testigo negativo para registrar las fluctuaciones en el peso debidas a pérdida o ganancia de humedad. Este consistió en un comedero sin acceso a las aves, con las mismas dimensiones y contenido de cada uno de los alimentos evaluados.

En todos los tratamientos, se trabajó con un n=10 palomas. En el tratamiento 1, el alimento de prueba fue contraceptivo OvoControlS®. En el tratamiento 2 se empleó una técnica sugerida por Avery y Wolf Innolytics-LLC (com. pers.) para hacer más atractivo el cebo. Ésta consistió en mezclar el contraceptivo OvoControlS® con granos de maíz picados, los cuales se incluyeron en una proporción 78/22 de contraceptivo y maíz respectivamente. Al retirar este alimento de las jaulas, se registró el remanente del comedero y posteriormente se apartó el maíz del contraceptivo para poder discriminar su consumo. En el tratamiento 3 el alimento evaluado fue OvoControlP® partido. Para facilitar la ingestión por parte de las aves, en este último tratamiento los pellets fueron partidos mediante compresión hasta lograr partículas con un diámetro de entre 0,5 a 3,0 mm.

Además, en la etapa de cuarentena previa, el contraceptivo también fue ofrecido a las aves junto con la ración de mantenimiento.

Posteriormente, se calculó el consumo diario (C) como se detalló previamente, para el contraceptivo y la ración de mantenimiento de cada paloma. Se empleó estadística descriptiva, promediando el CDM por semana para conocer si se alcanza el valor promedio semanal de 1,0 g definido como umbral para ser considerado un alimento palatable. Se presentan los resultados como medias diarias y semanales  $\pm$  desvíos estándar. Se comprobó el grado de ajuste de los datos a una distribución normal con el test de Shapiro-Wilk. Se realizó

un Test de Friedman por no ajustarse los datos a una distribución normal, con la presentación del contraceptivo como principal efecto. Para discriminar las diferencias entre tratamientos y entre semanas, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se trabajó con el paquete estadístico R (versión 3.4.3). En todos los casos se utilizó de referencia un  $\alpha \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

En el tratamiento 1, (OvoControlS®) se encontró que solo dos palomas consumieron el cebo. Una de ellas ingirió en prome-

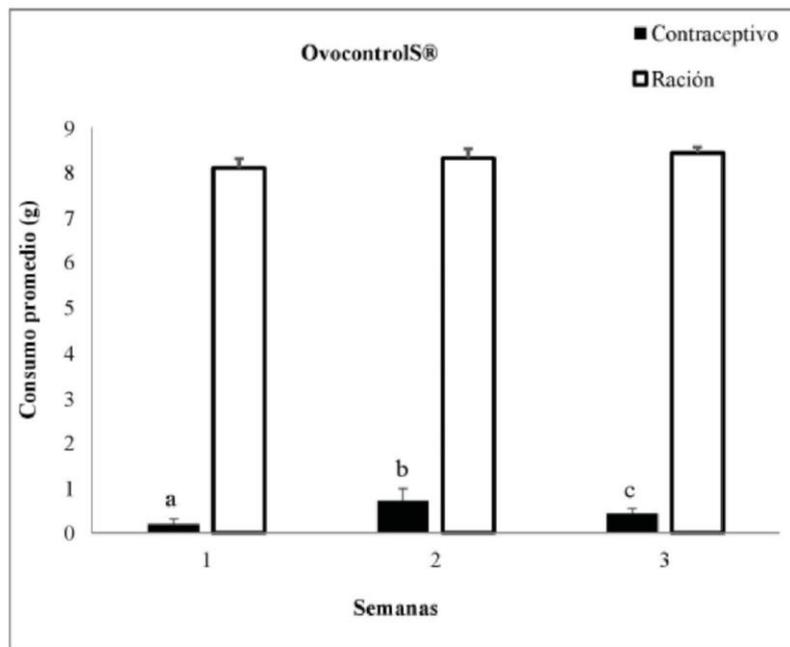


Figura 1. Consumo diario promedio (g) y su desvío estándar del contraceptivo OvocontrolS® y ración de mantenimiento en las tres semanas del experimento para un  $n=10$  palomas. El contraceptivo fue ofrecido diariamente durante cuatro horas, teniendo disponible ración de mantenimiento durante el resto del día. Letras distintas indican diferencias significativas entre semanas basadas en prueba de rangos con signo de Wilcoxon ( $\alpha \leq 0,05$ ). Figure 1. Daily mean consumption (g) and standard deviation of OvocontrolS® and maintenance diet. The experiment lasted for three weeks and involves 10 eared doves. Contraceptive bait was offer daily during four hours. Maintenance diet was available the rest of the day. Different letters indicate significant differences among weeks based on signed rank test Wilcoxon ( $\alpha \leq 0.05$ ).

dio  $0,9 \pm 0,7$  g/día a partir del día 6 y otra consumió  $5,3 \pm 2,1$  g/día a partir del día 9.

Se registraron diferencias significativas entre semanas, siendo el mayor valor en la semana 2 ( $p < 0,05$ ). No obstante, ninguno de los valores promedios semanales fueron superiores a 1,0 g (Figura 1). Al comparar la ingesta de ración de mantenimiento, no se observaron diferencias significativas.

El consumo de la mezcla OvocontrolS® + maíz (tratamiento 2) incrementó en el

tiempo (Figura 2), alcanzando su máximo en la tercera semana ( $p < 0,05$ ). Al discriminar el contraceptivo de la mezcla, se puede apreciar que su consumo acompañó esta tendencia, siendo significativamente mayor en la semana 3 ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, en esta última semana, la ingesta de las aves fue igual o menor a 0,09 g/ave/día, resultando en un promedio semanal menor a 1,0 g. El consumo de ración presentó el mismo patrón siendo significativamente mayor en la última semana ( $p < 0,05$ ).

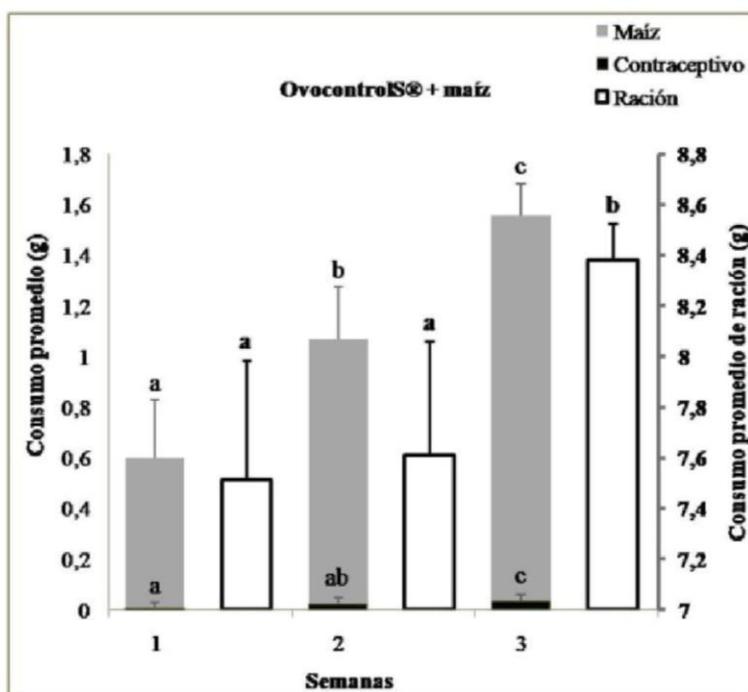


Figura 2. Consumo diario promedio (g) y su desvío estándar para la mezcla OvocontrolS® + maíz (discriminada la ingesta de contraceptivo del maíz) y de la ración de mantenimiento, durante tres semanas de experimento para un  $n=10$  palomas. La mezcla OvocontrolS® + maíz en el mismo comedero fue ofrecida diariamente durante cuatro horas, teniendo disponible ración de mantenimiento durante el resto del día. Letras distintas indican diferencias significativas entre semanas basadas en prueba de rangos con signo de Wilcoxon ( $\alpha \leq 0,05$ ). Figure 2. Daily mean consumption (g) and standard deviation of OvocontrolS® + corn (contraceptive consumption differentiated from corn) and maintenance diet. The experiment lasted for three weeks and involve 10 eared doves. The mix OvocontrolS® + corn in the same feeder was offer daily during four hours. Maintenance diet was available the rest of the day. Different letters indicate significant differences among weeks based on signed rank test Wilcoxon ( $\alpha \leq 0.05$ ).

El consumo promedio semanal de OvoControlP® partido (tratamiento 3, Figura 3), fue superior a 1,0 g y éste aumentó en el tiempo hasta ser significativamente mayor en las semanas 2 y 3 ( $p < 0,05$ ). De manera consecuente, el consumo de ración disminuyó significativamente en las 2ª y 3ª semanas ( $p < 0,05$ ).

Al comparar los resultados de las tres presentaciones del contraceptivo (Figura 4), se puede observar que el consumo del OvocontrolP® partido es superior al de las otras presentaciones ofrecidas ( $p < 0,05$ ). Además, el consumo del OvoControlS® ofrecido en la mezcla con maíz (tratamiento 2), resultó en un menor consumo ( $p < 0,05$ ) en relación al del contraceptivo ofrecido solo (tratamiento 1).

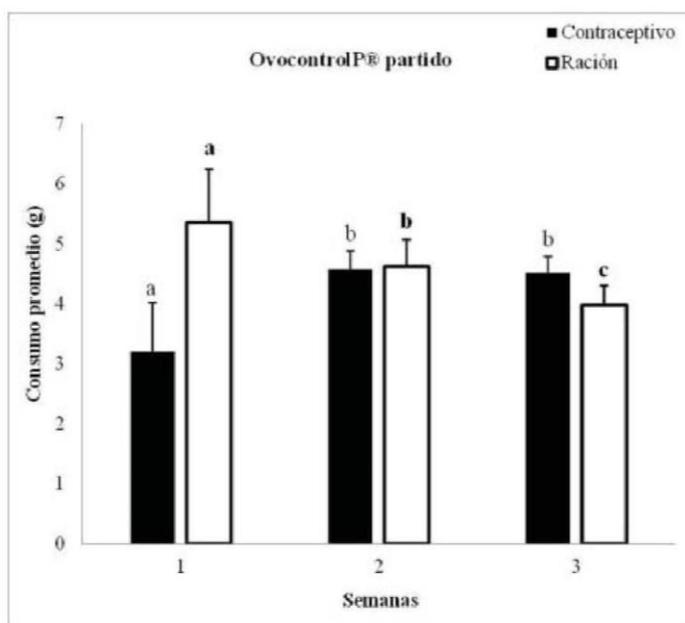


Figura 3. Consumo diario promedio (g) y su desvío estándar para el contraceptivo OvocontrolP® partido y la ración de mantenimiento en las tres semanas del experimento para un  $n=10$  palomas. El contraceptivo fue ofrecido diariamente durante cuatro horas, teniendo disponible ración de mantenimiento durante el resto del día. Letras distintas indican diferencias significativas entre semanas basadas en prueba de rangos con signo de Wilcoxon ( $\alpha \leq 0,05$ ). Figure 3. Daily mean consumption (g) and involved 10 eared doves. The experiment lasted three weeks and involves 10 eared doves. Contraceptive bait was offered daily during four hours. Maintenance diet was available for the rest of the day. Different letters indicate significant differences among weeks based on signed rank test Wilcoxon ( $\alpha \leq 0.05$ ).

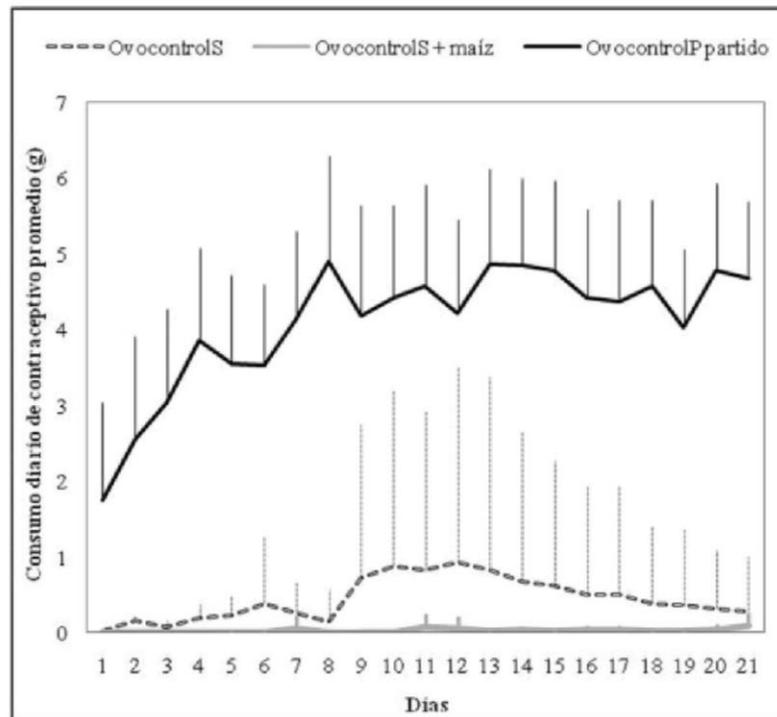


Figura 4. Consumos diarios promedio (g) con sus respectivos desvíos estándar, de las tres presentaciones de contraceptivo evaluadas. Cada alimento en estudio se ofreció diariamente a 10 palomas durante cuatro horas, teniendo disponible ración de mantenimiento durante el resto del día. Figure 4. Daily mean consumption (g) and standard deviation of three contraceptive formulations. Each treatment was daily offered to 10 eared doves during four hours. Maintenance diet was available the rest of the day.

## DISCUSION

La hipótesis de trabajo fue aceptada, ya que la nicarbazina a la dosis formulada (0,5%), es palatable para las palomas torcazas como cebo OvoControlP® partido. Con la mencionada presentación, se logró un consumo por masa corporal del animal y por día, que podría llegar a disminuir la reproducción de éstas.

Asumiendo que en nuestro experimento una paloma torcaza pesa en promedio 123 g (8), podríamos estimar el consumo medio de nicarbazina en  $166,9 \pm 33,4$  mg por kilo de masa corporal del ave por día. Este valor

es superior al registrado para paloma doméstica, con la cual era necesario un consumo de  $116,9 \pm 12,7$  mg de nicarbazina diario por kilo de masa corporal del ave (2).

Por otro lado, el consumo de OvocontrolS® en sus dos presentaciones, fue menor al reportado por Avery et al. (2006<sup>1</sup>) para paloma doméstica. En estudios previos realizados con ración para ganado se determinó que las palomas torcazas eran capaces de buscar y consumir selectivamente algunos de los ítems que componían la dieta del ganado (16, 21). En ambos estudios se encontró que los granos partidos entre 2 y 3 mm presentaban un consumo preferencial. Este tamaño

de partícula es superior al tamaño de los pellets de OvocontrolS®. En ambos experimentos con este último contraceptivo, la ingesta de dieta de mantenimiento (un alimento conocido y aceptado por las aves), no varía o incluso aumenta en el transcurso de las semanas. Esto último indicaría que, en ambos casos, rechazan el contraceptivo en las horas de la mañana, esperando para consumir la ración de la tarde.

En el caso del OvocontrolS®, el consumo del contraceptivo se registró en muy pocas aves (20%) y cuando fue mezclado con maíz picado (OvocontrolS® + maíz), su ingesta fue incluso menor. Se observó que, al transcurrir los días, las palomas comenzaron a seleccionar el maíz de la mezcla en detrimento del contraceptivo, lo que explica el aumento en las semanas 2 y 3 del consumo de la mezcla OvocontrolS® + maíz. Estos resultados coinciden parcialmente con lo registrado por Yoder *et al.*, (2006<sup>24</sup>). En el mencionado estudio con patos, se midió el efecto en el consumo y la concentración de DNC en plasma al administrar la nicarbazina por cuatro métodos diferentes. Los autores encontraron que suministrar el producto con la comida, fue la forma menos efectiva.

En tanto, las aves utilizadas en los experimentos, fueron capturadas en un tambo y es posible que se encuentren familiarizadas con el alimento peleteado. Además, para el caso del OvoControlP® partido, las palomas fueron expuestas al contraceptivo evaluado, ofrecido junto con la ración de mantenimiento.

Los resultados de este estudio estarían indicando que, las palomas pueden tener un aprendizaje rápido a la hora de alimentarse con sus dietas preferidas. Este es un aspecto a tener en cuenta al diseñar e implementar la estrategia de administración de un contraceptivo oral en esta especie. Mezclarlo con un

alimento de aspecto similar y/o apetecido por ellas, no necesariamente aumentaría su consumo. En cambio, generar un cebo con un tamaño de partícula preferido y ofrecerlo a poblaciones de palomas familiarizadas con este tipo de alimento peleteado, sí podría incrementar el consumo del contraceptivo. En este sentido, los establecimientos que alimenten ganado con pellets, podrían ser buenos candidatos para distribuir el cebo contraceptivo.

Con estos resultados, podemos concluir que el contraceptivo OvoControlP® partido fue aceptado y consumido por palomas torcazas en condiciones de cautiverio, en cantidades que potencialmente podrían causar un efecto en los parámetros reproductivos de la especie.

Futuros trabajos deberían evaluar si la dosis de nicarbazina utilizada en este estudio e ingerida por las palomas torcazas en cautiverio, efectivamente disminuye su éxito reproductivo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por brindar apoyo financiero para la realización de los trabajos mediante fondos INIA-FPTA. A la Mesa Tecnológica de Oleaginosos y a la Dirección General de Servicios Agrícolas por el apoyo logístico y edilicio. A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por financiar la beca de doctorado POS\_NAC\_2016\_1\_130028 de Lourdes Olivera. A los asistentes de laboratorio que colaboraron en la manutención de las aves. Al Dr. Michael Avery, Dr. Alexander MacDonald, Erick Wolf y a Scott Werner (PhD) por sus aportes y sugerencias en la metodología. A la empresa Innolytics, LLC por donar el producto.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **AVERY, M.L.; KEACHER, K.L. & TILLMAN, E.A.** 2006. Development of nicarbazin bait for managing rock pigeon populations. *Vertebrate Pest Conference* 22: 116-120.
- 2.- **AVERY, M.L.; YODER, C.A. & TILLMAN, E.A.** 2008. Nicarbazin reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildlife Res* 35: 80-85
- 3.- **AVERY, M.L.; YODER, C.A. & TILLMAN, E.A.** 2008. Diazacon inhibits reproduction in invasive monk parakeet populations. *Journal of wildlife management*, 72 (6): 1449 -1452.
- 4.- **BOMFORD, M.** 1990. A Role for Fertility Control in Wildlife Management. *Bulletin No. 7. Bureau of Rural Resources and the Australian Government Publishing Service, Canberra.* 50 pp.
- 5.- **BOU, N.; DARDANELLI, S.; OLIVERA, L.; TELLECHEA, G.; ORDUNA, L.A.; CANAVELLI, S. & RODRÍGUEZ, E.** 2016. Desarrollo de un método para evaluar el daño ocasionado por aves en cultivos comerciales de soja recién emergida. *Idesia* 34 (6): 67-74.
- 6.- **BYNUM, K.; YODER, C.A.; EISEMANN, J.; JOHNSTON, J. & MILLER, L.A.** 2005. Development of nicarbazin as a reproductive inhibitor for resident Canada geese. *Proc. of the Wildlife Damage Management Conf.* 11: 179-189
- 7.- **BYNUM, K.; EISEMANN, J.D.; WEAVER, G.C.; YODER, C.A.; FAGERSTONE, K.A. & MILLER, L.A.** 2007. Nicarbazin OvoControl G bait reduces hatchability of eggs laid by resident Canada geese in Oregon. *J. Wildl. Manage* 71 (1): 135-143.
- 8.- **CALVO, M.V.** 2006. Alimentación de la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*) en relación con las prácticas agrícolas en Córdoba, Argentina. Tesis de Maestría en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional de Córdoba. 35p.
- 9.- **DARDANELLI, S.; CALAMARI, N.C.; CANAVELLI, S.B. & ZACCAGNINI, M.E.** 2011. Biología de la paloma mediana (*Zenaida auriculata*), manchada (*Patagioenas maculosa*) y picazuro (*Patagioenas picazuro*). INTA EEA Paraná. Serie Extensión N° 64:11-22.
- 10.- **FAGERSTONE, K.A.; COFFEY, M.A.; CURTIS, P.D.; DOLBEER, R.A.; KILLIAN, G.J.; MILLER, L.A. & WILMOT, L.M.** 2002. Wildlife fertility control. Technical Review. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. 30 pp.
- 11.- **FAGERSTONE, K.A.; MILLER, L.A.; EISEMANN, J.D.; O'HARE, J.R. & GIONFRIDDO, J.P.** 2008. Registration for wildlife contraceptives in the United States of America, with Ovo-Control and GonaCon immunocontraceptive vaccines as examples. *Wildlife Res.* 35: 586 - 592.
- 12.- **FAGERSTONE, K.A.; MILLER, L.A.; KILLIAN, G. & YODER, C.A.** 2010. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-wildlife conflicts in North America. *Integ. Zool.* 1:15-30.
- 13.- **FEARE, C.J.** 1991. Bird pests in Argentina and Uruguay non-lethal control: chemosterilants. Unpublished report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 30 pp.
- 14.- **KIRKPATRICK, J.F. & TURNER, J.W.** 1985. Chemical fertility control and wildlife management. *Bioscience* 35: 485-491.
- 15.- **OLIVERA, L. & RODRÍGUEZ, E.** 2014. Aumentando el rendimiento de cultivos extensivos disminuyendo el daño de aves. Serie FPTA-INIA N° 56. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 44p.

- 16.- OLIVERA, L.; TELLECHEA, G.; LAMANNA, A.; BANCHERO, G.E.; FERNÁNDEZ, E. & RODRÍGUEZ, E.N. Sin publicar. Diagnóstico y cuantificación de la problemática causada por la concentración de aves en un tambo estabulado de Uruguay.
- 17.- ROGERS, E.F.; BROWN, R.D.; BROWN, J.E.; KAZAZIS, D.M.; LEANZA, W.J.; NICHOLS, J.R.; OSTLIND, D.A. & RODRINO, T.M. 1983. Nicarbazin complex yields dinitrocarbanilide as ultrafine crystals with improved anticoccidial activity. *Science* 222: 630-632.
- 18.- RODRÍGUEZ, E.; BRUGGERS, R.L.; BULLARD, R.W. & COOK, R. 1995. An integrated strategy to decrease eared dove damage in sunflower crops. National Wildlife Research Center Repellents Conf. 1995. 409-421.
- 19.- RODRÍGUEZ, E. & TISCORNIA, G. 2002. Evaluación de alternativas de control de la cotorra (*Myiopsitta monachus*). Serie FPTA – INIA N° 8. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 48 p.
- 20.- RODRÍGUEZ, E.; TISCORNIA, G. & OLIVERA, L. 2011. Disminución del daño por aves en pequeños predios. Serie FPTA-INIA N° 29. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 64p.
- 21.- RODRÍGUEZ, E. & OLIVERA, L. 2017. Aumentando la protección de los cultivos de secano y feedlots al daño de aves mediante nuevas técnicas de repelencia. Reporte técnico proyecto INIA-FPTA 314.
- 22.- YODER, C.A.; ANDELT, W.F.; MILLER, L.A. & GOODALL, M.J. 2004. Effectiveness of twenty, twenty-five diazacholesterol, avian gonadotropin-releasing hormone, and chicken riboflavin carrier protein for inhibiting reproduction in Coturnix quail. *Poultry Science* 83: 234 - 244.
- 23.- YODER, C.A.; MILLER, L.A. & BYNUM, K.S. 2005. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poultry Science*. J. 84: 1491-1494.
- 24.- YODER, C.A. & MILLER, L.A. 2006. Avian contraceptive tools: one size does not fit all. *Vertebrate Pest Conf.* 22: 110-115.

### **3. CAPÍTULO 2. USO DE NICARBAZINA COMO CONTRACEPTIVO ORAL EN PALOMAS TORCAZAS**

#### **3.1. RESUMEN**

El uso de contraceptivos es una estrategia para reducir las poblaciones de aves plaga minimizando el impacto sobre otras poblaciones de aves y el medio ambiente. En Estados Unidos, la nicarbazina está registrada como anticonceptivo para gansos de Canadá (*Branta canadensis*) y paloma doméstica (*Columba livia*). El objetivo de este estudio fue medir el efecto de la nicarbazina en los parámetros reproductivos de las palomas torcazas en cautiverio. Se trabajó con 11 parejas de palomas en tres fases experimentales: pretratamiento, tratamiento y recuperación. La primera correspondió a un ciclo reproductivo completo antes de iniciar el tratamiento. La segunda fase consistió en un ciclo reproductivo bajo el efecto del cebo contraceptivo. La fase de recuperación incluyó la totalidad de un tercer ciclo reproductivo, luego de interrumpido el suministro de producto a las aves. El cebo contraceptivo fue OvoControlP® (nicarbazina 0,5 %) formulado como pellets, que fueron partidos con un molino de muela en partículas de 0,5 a 3,0 mm. El cebo contraceptivo fue ofrecido a cada pareja durante cuatro horas diarias. Se registró el consumo de cebo por día (gramos) y los parámetros reproductivos por pareja (número de huevos y pichones con 14 días de edad). Se midieron los niveles de 4,4 ' dinitrocarbanilida en heces y huevos sin eclosionar. El consumo promedio fue de 4,2 g de cebo/pareja/día. Observamos una reducción del 62 % en el número de huevos viables y pichones exitosos en la fase de tratamiento en contraste con el pretratamiento ( $V = 36$ ;  $p = 0,006$ ). No hubo diferencias significativas en el número de huevos viables entre las fases de pre-tratamiento y recuperación ( $V = 0$ ;  $p = 1$ ). El consumo promedio de cebo por día de las parejas que produjeron cero o un pichón (4,4 y 5,0 g/pareja/día respectivamente) fue significativamente mayor que el de las parejas que tuvieron dos pichones (3,4 g/pareja/día) durante la fase de tratamiento ( $t = 2,0$ ;  $p = 0,002$ ). La nicarbazina fue efectiva en disminuir los parámetros reproductivos de las palomas torcazas y su efecto fue reversible cuando finalizó el tratamiento. Este estudio proporciona un avance importante en el desarrollo de una herramienta de manejo complementaria a las ya existentes, para mitigar las pérdidas ocasionadas por esta especie. Los resultados fueron publicados en la revista internacional Crop Protection en abril de 2021.



Contents lists available at ScienceDirect

## Crop Protection

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cropro](http://www.elsevier.com/locate/cropro)

## Review

## Nicarbazin as an oral contraceptive in eared doves

Lourdes Olivera<sup>a,\*</sup>, Silvia Pereyra<sup>b</sup>, Georget Banchemo<sup>b</sup>, Guillermo Tellechea<sup>a</sup>,  
Jorge Sawchik<sup>b</sup>, Michael L. Avery<sup>c</sup>, Ethel Rodríguez<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Agricultural Technology Promotion Fund (FPTA), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Uruguay), Av. Millán 4703, Montevideo, Uruguay

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Uruguay), Ruta 50, Km 11, Colonia, Uruguay

<sup>c</sup> USDA APHIS National Wildlife Research Center, Washington, D.C., USA

<sup>d</sup> Dirección General de Servicios Agrícolas, Uruguay, Av. Millán 4703, Montevideo, Uruguay



## ARTICLE INFO

## Keywords:

*Zenaida auriculata*

Reproductive control

## ABSTRACT

Eared doves (*Zenaida auriculata*) are responsible for substantial losses in cereal and oil crops as well as in dairy and feedlot production in the southern cone of South America. Various strategies have been shown to be effective in reducing damage at the farm scale, but in some scenarios, it is necessary to also incorporate population control methods due to excessive bird population size. An alternative approach to reduce pest bird populations is the use of contraceptive methods, minimizing the impact on the environment and non-target populations. Nicarbazin is registered in the United States as a contraceptive for *Branta canadensis* and *Columba livia*. The aim of this study was to measure the effect of nicarbazin on the reproductive performance of eared doves in captivity. This study included eleven caged pairs of nesting eared doves in three experimental phases (pre-treatment, treatment, recovery). Each pair was exposed to nicarbazin bait for 4 h per day. The contraceptive used was OvoControlP® (0.5% nicarbazin) ground with a millstone into particles of 0.5–3.0 mm. Daily bait consumption and reproductive variables per pair (egg laying and 14-day-old fledgling) were recorded, and levels of 4,4'-dinitrocarbanilide were measured in feces and unhatched eggs. Median consumption was 4.2 g of bait/pair/day. We observed a 62% reduction in the number of viable eggs and successful nestlings in the treatment phase in contrast to pre-treatment ( $V = 36$ ;  $p = 0.006$ ). There were no significant differences ( $V = 0$ ;  $p = 1$ ) in the number of viable eggs between the pretreatment and recovery phases. Median daily bait consumption by pairs producing zero or one nestling (4.4 and 5.0 g/pair/day respectively) was significantly higher than that of pairs that had two nestlings (3.4 g/pair) during the treatment phase ( $t = 2.0$ ;  $p = 0.002$ ). Nicarbazin was effective in reducing reproductive performance of eared doves, and its effect was reversible when the treatment finished.

## 1. Introduction

Wild birds cause economic damage to agriculture crops throughout the world. Resources impacted include aquaculture (Otieno, 2019), fruit and berry crops (Tracey et al., 2007), seeds and grain crops (Klosterman et al., 2011; De Mey and Demont, 2012) and livestock feed (Carlson et al., 2018).

Farmers use various methods to reduce bird damage, including modified agronomic practices, bird-resistant varieties (Linz et al., 2015), auditory and visual scare techniques (Bishop et al., 2003) and chemical repellents (Werner and Avery, 2017). Such non-lethal techniques applied properly may be effective in reducing damage on a farm scale. However, in some situations the depredating bird population is so great that it is necessary to complement non-lethal control with population

management practices as part of an integrated management strategy (Avery, 2014).

Lethal control is often practiced to reduce pest bird populations, but this approach has been found to be costly, ineffective and detrimental to the environment, especially to non-target species (Linz et al., 2015). An alternative approach to reduce pest birds populations would be the use of contraceptive methods that minimize the impact on the environment and on non-target populations (Avery, 2014). Field applications of nicarbazin baits will address factors such as location, timing, duration, and amount of bait deployed to reduce likelihood of exposure of non-target species to the contraceptive.

In several South American countries, eared doves (*Zenaida auriculata*) cause damage to cereal and oil-production crops (Dardanelli et al., 2016; Rodríguez et al., 2011; Bucher and Ranvaud, 2006; Robles et al.,

\* Corresponding author.

E-mail address: [lourdes.m.olivera@gmail.com](mailto:lourdes.m.olivera@gmail.com) (L. Olivera).

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105643>

Received 22 December 2020; Received in revised form 23 March 2021; Accepted 27 March 2021

Available online 1 April 2021

0261-2194/© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

2003; Bruggers et al., 1998) and food losses in dairies and feedlots. For example, in Uruguay losses up to 49% have been documented along crop edges in soybean fields (Bou et al., 2016). In Argentina, losses range from 5% to 40% in sunflower (Vitti and Zuñil, 2012) and up to 16% in soybean crops (Scalora et al., 2013). Furthermore, eared doves consume as much as 22 g of cattle ration/bird/day in Uruguayan cattle feedlot systems (Olivera et al., in press). Consequently, eared doves represent a major constraint for agricultural producers in Uruguay and elsewhere in the region.

In Uruguay, control strategies have been focused on preventing damage and protecting crops at the farm level, such as chemical and physical repellency methods (Rodríguez et al., 1995, 2011). Spraying problems and high cost/benefit ratios (Olivera et al., 2020) limit the use of these methods. Also, effectiveness is affected by timing and regularity of application, availability of alternative food for birds, and bird population size (Avery, 2014; Rodríguez et al., 2011). Additionally, agricultural expansion in recent decades has caused increased conflicts with depredating birds, especially eared doves (Tellechea and Rodríguez, 2016) which has reduced the possibility of effectively controlling bird damage with standard crop prevention and protection techniques. In such cases, crop protection strategies might require a population reduction component (Avery, 2014). New alternatives should be explored given the economic consequences of avian damage and the limitations to its control.

Although contraceptives have been evaluated for population management in bird species such as monk parakeet *Myiopsitta monachus* (Rodríguez and Tiscornia, 2002; Yoder et al., 2007), rock pigeon *Columba livia* (Albonetti et al., 2015; Avery et al., 2008), Canada geese *Branta canadensis* (Bynum et al., 2007) and quail *Coturnix coturnix* (Yoder et al., 2004), their effectiveness has not been investigated in eared dove.

Avian contraceptive research has focused on two compounds: 20,25-diazacholesterol (DiazaCon®) and nicarbazin (OvoControl®) (Yoder and Miller, 2006; Kirkpatrick and Turner, 1985). Nicarbazin was registered in the United States in 2005 as OvoControlG® for Canada geese and OvoControlP® for rock pigeon in 2007 (Fagerstone et al., 2008). The compound is a bimodal salt consisting of two components: 4, 4'-dinitrocarbanilide (DNC) (active ingredient) and hydroxy-4, 6-dimethylpyrimidine (HDP, adjuvant). The adjuvant is added to increase DNC absorption at the intestinal level (Cuckler et al., 1955). Nicarbazin acts inside the eggs and increases the permeability of the yolk membrane causing the yolk and the albumin to mix, interrupting embryo development (Yoder et al., 2006a). When nicarbazin was provided to rock pigeons, the number of chicks was reduced by 59% and in the case of Canada geese eggs hatching decreased by 56% (Bynum et al., 2007; Avery et al., 2008).

In a previous assessment of the possible role for chemosterilants in integrated pest bird management programs, Feare (1991) concluded that the contraceptive method was not effective in reducing immediate damage. We agree that contraception should not be viewed as a short-term solution to bird damage in crops. Instead, it is best viewed as a method for long-term population reduction which might be an effective tool as part of a multi-year integrated approach to bird damage management in Uruguay (Avery, 2014).

Recent progress in the USA and Europe on avian contraceptives (Albonetti et al., 2015; Fagerstone et al., 2010; Avery et al., 2008) and the need to add new strategies to mitigate damage caused by eared doves prompted this study. Our aim was to measure the effect of nicarbazin consumption on the reproductive performance of eared doves in captivity. Our hypotheses were that (1) nicarbazin would reduce the numbers of viable eggs and successful nestlings (14 days after hatching) relative to reproductive performance without treatment; (2) since the nicarbazin ingested by birds is transported through blood and deposited in the eggs, it would be detected in unhatched eggs; and (3) the effect of the contraceptive is reversible, so after discontinuing nicarbazin consumption the reproductive variables would be restored to

pre-treatment levels.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Description of aviaries and cages

Experiments were conducted from April 2019 to July 2020 in two aviaries at the Ministry of Livestock, Agriculture and Fisheries (MGAP), Montevideo, Uruguay.

A quarantine aviary, with natural light conditions and controlled temperature (from 18 °C to 25 °C) was used as the first step with the aim of achieving a standard optimal physical condition in all doves and to prevent diseases. It had 22 individual cages (40.5 cm long, 23.5 cm high, 24.0 cm deep) made of steel wire mesh 1.5 by 13.0 cm in section. Each cage had two external metal feeders, a drinker, and a perch stick.

The experimental aviary, used during the second phase, also had natural light and controlled temperature (from 12 °C to 32 °C). It comprised 26 cages (1.20 m long, 1.20 m high, 0.85 m deep) made of braided netting of 1 cm × 1 cm section and steel wire floor. Each cage was provided with branches, pine needles and three types of artificial nests: platform (metal netting), plastic open (cup-shaped) and plastic closed nest (simulating a hollow). Materials for nest construction were offered daily.

### 2.2. Birds

A total of 42 adult doves were caught using two "walk in" funnel bird traps (1 m × 1 m side × 0.15 m high steel wire mesh) in an industrial dairy farm located in Durazno, Uruguay (33°20'27.58"S, 56°33'50.40"W). Birds were transported to the quarantine aviary and maintained there for 22 days.

The health routine at the quarantine phase included providing water with the following drugs: sulfametazine and sulfaquinoxaline sodium 2.0 mL.L<sup>-1</sup> for six days (Nitro Sulfa Aviar, Laboratorios Sur, Montevideo, Uruguay); metronidazole 4.6 g.L<sup>-1</sup> for five days (formulated by veterinary "Garibaldi", Montevideo, Uruguay); piperazine adipato 4.0 g.L<sup>-1</sup> one day (Piper Vetcross, Portinco S.A, Montevideo, Uruguay); and vitamins and amino acids 1.0 mL.L<sup>-1</sup> for two days (Promotor L, Calier, Montevideo, Uruguay). Food and water were offered *ad libitum*. Diet in this period consisted of a feed ration made of equal parts of wheat, sorghum, and cracked corn grains.

During the experiment, doves were fed a diet containing 13.33% of sorghum, 13.33% cracked corn, 13.33% wheat and 13.33% sunflower grains, each: 6.67% of foxtail-millet, 6.67% millet, 6.67% birdseed, 6.67% rapeseed, 6.67% peeled oats, 6.67% flax, 6.67% poultry pellets (Molino San José, San José, Uruguay). Magnesium biocalcium (CaCO<sub>3</sub> 96%; Mg<sub>3</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 1%; ZnSO<sub>4</sub> 1.7%; BioLab, Montevideo, Uruguay) was added to the mixed feed ration (8.75 g.Kg<sup>-1</sup>).

All procedures with birds were carried out in accordance with Uruguayan Law N°18,611 regarding the use of experimental animals. The protocols were approved by the Ethics Committee for the Use of Experimental Animals of the General Directorate of Agricultural Services (MGAP), form 01. No birds died in the course of the experiments.

### 2.3. Contraceptive bait

The product used was OvoControlP®, registered for rock pigeons in all states of United States of America (except New Hampshire), by Innolytics LLC (Rancho Mirage, United States). The formulated cylindrical granules (ca.7.0 mm long and 5.0 mm diameter) contained 0.5% nicarbazin. Pellets were cracked with a millstone (OrientSun Model N° 500 hand mill) into particles of 0.5–3.0 mm.

The amount of contraceptive bait offered was estimated based on the recommendation for rock pigeons (Avery et al., 2008). As the bait was cracked, it comprised variable particles sizes. Consequently, two additional grams of the contraceptive bait were added to the estimated dose

to anticipate that the eared doves might have preferences for some specific particle sizes (Olivera et al., in press).

#### 2.4. Variables measured

The experimental unit was the dove pair. Contraceptive consumption (C) was estimated per pair and per day as  $C = W_{i_{cor}} - W_f$ .  $W_f$  feeder final weight.  $W_{i_{cor}}$ : feeder initial weight as a function of the variation measured in an extra feeder (ef) without access to birds. This was used to record fluctuations in weight due to loss or gain of humidity, calculated as:  $W_{i_{cor}} = (W_i * W_{f_{ef}}) / W_{i_{ef}}$ , being  $W_i$ : initial weight of the bird feeder,  $W_{i_{ef}}$ : initial extra feeder weight,  $W_{f_{ef}}$ : final extra feeder weight.

For every dove pair, the following reproductive variables were recorded: number of laid eggs, viability of each egg and number of flying 14-day-old nestlings. The amount of 4,4'-dinitrocarbanilide (DNC) was quantified in fecal matter when eggs were laid and in unhatched eggs. Samples were stored at  $-18^{\circ}\text{C}$ . DNC quantification was done according to Stahl and Johnston (2002) and Stahl et al. (2003).

#### 2.5. Experimentation phases

##### 2.5.1. Pairing and maintenance

Individuals were sexed following Bucher et al. (1981) and by polymerase chain reaction (PCR) amplification at Institute for Biological Research "Clemente Estable" (IIBCE) using wing feathers. Twenty-one male and female pairs were randomly arranged and their behavior was observed to determine their compatibility. In case the pair was not compatible, new pairings were arranged. In some cases, we put two females and one male together in a cage. In other cases, we connected two cages with one pair each, until suitable mates were found. Then, the extra female was removed from the cage and compatible pairs were maintained for the experiment.

Reproductive behaviors such as male vocalizations, mutual grooming, or material collection for nest construction were daily monitored. After four months in captivity, 11 pairs started their reproductive phase successfully. Four pairs laid eggs that were not viable and six pairs did not lay eggs throughout the study period.

##### 2.5.2. Pre-treatment phase

The purpose of this phase was to measure the reproductive variables of the species, represented by 21 pairs, without contraceptive effect. It began when the first egg was laid. Six days later presentation of the contraceptive started. This was to ensure that the levels of nicarbazin in the blood would be effective the next time the females ovulated. The phase ended when the flying nestlings were 14 days old. At egg laying, fecal matter produced by each pair in one day was collected for DNC analysis from pans placed under their cage.

##### 2.5.3. Treatment phase

The objective of treatment phase was to measure the effect of contraceptive consumption on reproductive variables. It started when the chicks from the previous phase (pre-treatment) were taken out of the parental cage. The contraceptive bait supply to each pair continued from the previous phase. Food was offered at 9:30 a.m. in two plastic feeders (8.5 cm in diameter and 4.5 cm high), with 8 g of contraceptive each. During a 4 hr-period the contraceptive was available without any other alternative food. At 01:30 p.m. the remaining bait was collected and weighed as was spillage (feeder final weight). Subsequently, 11 g of maintenance feed were offered. This amount was then increased to 14 g when the pre-treatment chicks were 10 days old. Additionally, an extra plastic feeder with 8 g of contraceptive was added without access to birds in order to record fluctuations in weight due to loss or gain of humidity.

The contraceptive bait supply was discontinued with the laying of at least one egg. If no eggs were laid for 21 days after the end of the pre-treatment phase, the contraceptive routine was discontinued, and the

treatment phase was ended. Fecal samples were taken for DNC analysis at egg laying or at the end of treatment phase.

If eggs from the treatment phase hatched, chicks were removed from the cage when they were 14 days old and the treatment phase ended. Non-viable eggs were removed from the nest five days after the calculated hatching date and the amount of DNC was measured.

##### 2.5.4. Recovery phase

The recovery phase began when nestlings from the previous phase were removed from the parental cage or the treatment phase was concluded. It ended when the chicks were 14 days old. Only untreated food was offered during this phase. At egg laying, fecal samples were taken for DNC analysis.

#### 2.6. Statistical analysis

The effect of the contraceptive was analyzed by calculating the median of reproductive traits and contrasting pre-treatment vs. treatment and pre-treatment vs. recovery. Wilcoxon range test was used to determine significant differences among treatments, in number of eggs and successful nestlings. Consumption median were compared with Kruskal-Wallis test, according to the number of nestlings in the treatment phase.

Associations among traits were also investigated. We were interested in the relationship between the median of daily and accumulated consumption of contraceptive and the number of successful nestlings produced. We tested linear correlations with Spearman and assessed the fit to other functions such as the second-degree polynomial. In addition, the association between DNC residues in feces and eggs, with the consumption of contraceptive was examined. In all cases, the Spearman's rank correlation coefficients were calculated.

### 3. Results

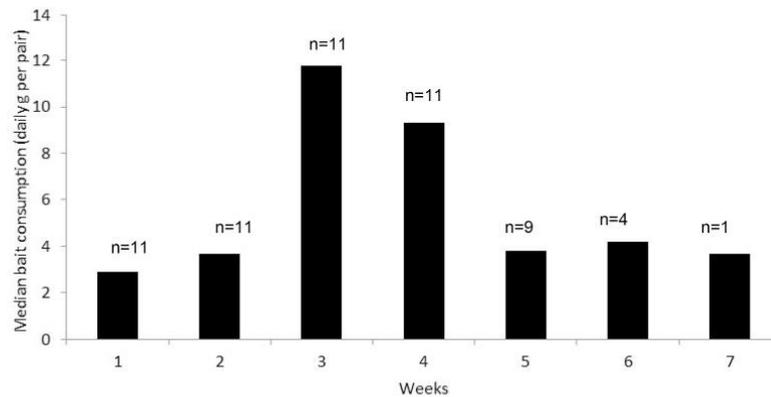
Levels of daily and accumulated consumption of nicarbazin bait varied among pairs of doves, in amount consumed and number of days the doves were exposed to the bait (Table 1). During the 7-week treatment period, median consumption of nicarbazin bait was 3.8 g/pair/day, ranging from 2.9 to 11.8 g/pair/day, with a coefficient of variation of 50.1% (Fig. 1). Since the contraceptive supply was interrupted at egg laying, the length of this period varied among pairs. Two pairs laid eggs in the fourth week after the contraceptive bait offer started. Five pairs did not lay eggs until the fifth week and two others completed their laying at the sixth week after supplying the contraceptive. Three pairs of doves did not lay eggs and therefore, the provision of contraceptive continued until the end of the treatment phase.

The number of eggs decreased marginally in the treatment phase compared to pre-treatment ( $V = 6$ ;  $p = 0.09$ ). The number of viable eggs and successful nestlings produced under treatment decreased 62% compared to pre-treatment ( $V = 36$ ;  $p = 0.006$ ) (Table 2). On the other

**Table 1**  
Median consumption of contraceptive bait.

	Accumulated consumption (g per pair)	Median consumption (daily g per pair)	Period of consumption (days)
Median	208	4.2	35
Maximum	327	5.9	43
Minimum	131	2.5	27
Coefficient of variation (%)	29.1	23.9	17.6

Eleven pairs of eared doves (*Zenaidura macroura*) were offered 16 g of contraceptive Ovocontrol® daily for 4 h in the morning with no alternative food. Accumulated consumption is the total intake of the pair during the treatment period. Median consumption was calculated considering each pair. Period of consumption is the number of days that the contraceptive was consumed.



**Fig. 1.** Median daily consumption of contraceptive Ovocontrol® bait (g per pair). Eleven pairs of eared doves (*Zenaida auriculata*) were offered 16 g of contraceptive for 4 h in the morning without another food. The number of pairs in the treatment is indicated above each bar.

**Table 2**

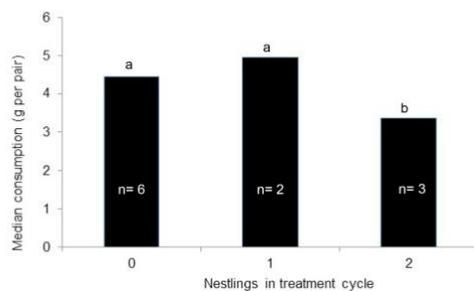
Reproductive variables of pairs of eared doves (*Zenaida auriculata*) in the experiment.

	Pre-treatment	Treatment	Recovery
Pairs (n)	11	11	11
Pairs that did not lay eggs	0	3	0
Number of eggs laid	21 <sup>a</sup>	16 <sup>b</sup>	21 <sup>a</sup>
Number of viable eggs	21 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	18 <sup>a</sup>
Number of unviable eggs	0	8	3
Number of successful nestlings	21 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	18 <sup>a</sup>

A reproductive cycle before the administration of the contraceptive Ovocontrol® (pre-treatment), during (treatment) and after its administration (recovery). Different letters in the same row indicate significant differences ( $\alpha = 0.05$ ). Successful nestlings are those that reach 14 days of age.

hand, the number of eggs in the recovery phase did not differ from pre-treatment ( $V = 0$ ;  $p = 1$ ). Also, the number of successful nestlings decreased marginally in the recovery phase compared to pre-treatment ( $V = 6$ ;  $p = 0.07$ ).

Consumption of treated bait by pairs of doves that produced zero or one nestling was significantly higher than that observed in pairs that had two nestlings in the treatment phase (Fig. 2;  $t = 2.0$ ;  $p = 0.002$ ). There was no difference in consumption of treated bait between pairs with zero



**Fig. 2.** Median daily consumption of contraceptive Ovocontrol® bait (g per pair) and standard deviation as a function of the number of nestlings produced in the treatment phase. The number of pairs of eared doves (*Zenaida auriculata*) in each category is indicated. Different letters indicate significant differences ( $\alpha \leq 0.05$ ).

and one nestling in the treatment phase ( $p = 0.24$ ).

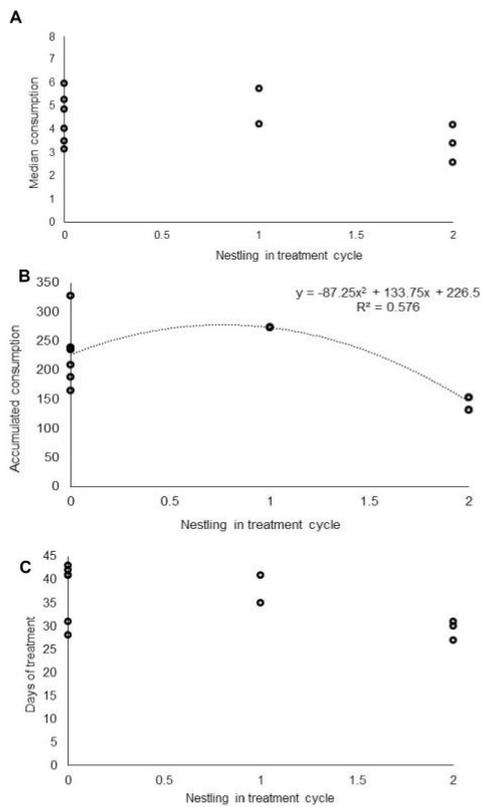
No relationship was found between successful nestlings in the treatment phase and median contraceptive consumption using either linear regression ( $\rho = -0.32$ ;  $p = 0.34$ ) or a second-degree polynomial function ( $R^2 = 0.29$ ;  $p = 0.24$ ; Fig. 3A). The number of nestlings did not have a linear association with the accumulated consumption of contraceptives ( $\rho = -0.50$ ;  $p = 0.11$ ), which was better explained with a second-degree polynomial function ( $R^2 = 0.58$ ;  $p = 0.03$ ; Fig. 3B). The length of the period (days) in which the birds consumed contraceptive showed a non-significant linear correlation with the number of successful chicks ( $\rho = -0.55$ ;  $p = 0.08$ ). However, a second-degree polynomial function was not significant ( $R^2 = 0.40$ ;  $p = 0.13$ ; Fig. 3C).

The contraceptive residues (DNC - 4,4'-dinitrocarbanilide) recovered from feces and unhatched eggs (Fig. 4) did not show a linear association with the median contraceptive consumption ( $\rho = 0.18$ ;  $p = 0.59$  for DNC in feces;  $\rho = 0.30$ ;  $p = 0.62$  for DNC detected in eggs).

#### 4. Discussion

Under our study conditions, nicarbazin reduced reproductive success in caged eared doves. The numbers of viable eggs and successful nestlings (14 days) in the treatment phase were significantly lower than those produced by the same birds in the previous phase without treatment. The magnitude of the reduction on successful nestlings in our study was similar to that described by Bynum et al. (2007) and Avery et al. (2008), who reported reductions in nesting numbers of 59% for rock pigeons and up to 56% in eggs hatching in Canada geese, respectively. Nicarbazin, used as contraceptive, has an effect on egg development at the time of onset of follicle development (Avery et al., 2008; Yoder et al., 2006a). Yoder et al. (2006a) found that nicarbazin increases the activity of lipoprotein lipase, reducing the amount of very low-density lipoprotein deposited in the follicle and consequently decreases the production of eggs and their weight.

The dose of nicarbazin that Avery et al. (2008) found to be effective for rock pigeons ranged between 90 and 120 mg kg<sup>-1</sup> body mass/day. Based on the manufacturer's suggestions, we expected the dose of nicarbazin for eared dove would be approximately 1/3 of that used in rock pigeons, equivalent to 11–15 mg of nicarbazin/dove/day. This dose could be achieved by the consumption of 2–3 g/bait/dove/day. In fact, the proposed intake level was similar to the actual median consumption registered per pair, which was 4.2 g of bait/pair/day, assuming that both individuals ate similar amounts. Based on previous aviary evaluations and the feeding behavior of eared doves, we assumed that this amount of



**Fig. 3.** Associations between the numbers of successful nestlings produced in the treatment phase and contraceptive Ovocontrol® bait consumption variables for the eleven pairs of eared doves (*Zenaida auriculata*) that ingested the product daily in the morning without any other food alternative. A- Second degree polynomial function with the median consumption per pair. B- Second degree polynomial function with the accumulated consumption of total contraceptive. C- Second degree polynomial function with the number of days that the contraceptive was consumed in the treatment phase.

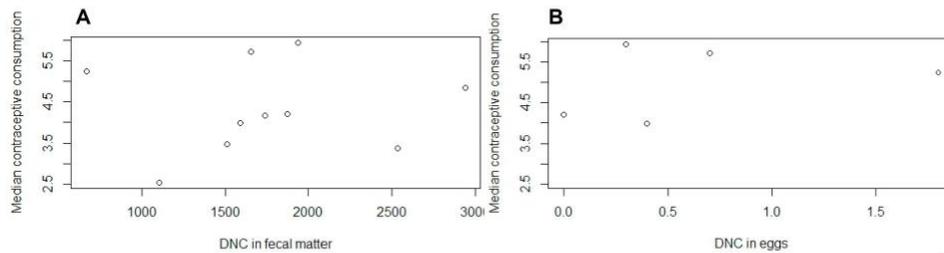
contraceptive would represent a realistic consumption in the field tests.

This study demonstrated that the accumulated consumption was the variable that best explained the contraceptive effect as measured by the number of nestlings. Cumulative consumption rose when doves increased their daily intake of nicarbazin and/or elevated the number of days that birds consumed the contraceptive. The necessary dose of nicarbazin in the blood must be ensured at the time of egg development. DNC may remain in the bird's body and might be metabolized by the liver and excreted within four days. HDP is metabolized faster and is completely eliminated in less than 24 h through the urine (Johnston et al., 2001). Therefore, nicarbazin should be ingested prior to ovulation and through continuous consumption in subsequent days (or weeks) in order to maintain the target blood concentration of nicarbazin at ovulation. In studies with chickens (*Gallus gallus*), four doses and different delivery periods were tested, the highest dose (150 ppm in feed) reduced the reproductive rate by 33% after six days of treatment and by 85% after 14 days of treatment (Johnston et al., 2001). The lowest doses (0.25 ppm in feed) tested by Johnston et al. (2001) reduced chick production by 67% after 14 days of nicarbazin treatment. In that study, DNC values measured in blood were higher at the end of the treatment. Therefore, the lowest doses that chickens consumed for 14 days were more effective than the highest doses consumed for six days. To obtain an effect on reproductive variables, it might be necessary to attain an effective dose of contraceptive consumption prior to ovulation. Thus, it is necessary that the population of birds returns repeatedly to consume the contraceptive bait. It would be informative to conduct a study with individually identified eared doves to ensure this occurs on a regular basis.

Our results showed that pairs of doves that produced one nestling consumed the same amounts of contraceptive in the treatment phase than pairs with no nestling. This fact could be related to the experimental design. Individual consumption was estimated from two birds in a cage and perhaps in some situations, the male consumed more contraceptive bait than the female. The contraceptive effect in males has not been studied as thoroughly as in females. Yoder et al. (2006a) reported a decrease in the number of sperm cells with high intracellular calcium content in male doves consuming nicarbazin compared to control males. These results indicated that the nicarbazin may act as a weak calcium channel blocker in the male dove's testis.

Contraceptive consumption by doves varied among weeks. This might be explained by the feeding of nestlings in the cage. They were in the parent cage for two weeks during pre-treatment period. Even though the intake of maintenance feed was increased, the consumption of contraceptive increased markedly in the days prior to the removal of the nestlings from the cage. The nestlings were fed by the parents and therefore, the demand for maintenance feed and contraceptive increased as the nestlings grew.

We also confirmed that the effect of nicarbazin was reversible. When



**Fig. 4.** Associations between median contraceptive Ovocontrol® consumption and residue variables of 4,4'-dinitrocarbanilide (DNC). The contraceptive was given to eleven pairs of eared doves (*Zenaida auriculata*) which ingested the product daily in the morning hours without any other alternative food. A- Association with residues in feces at the time of laying the eggs under the effect of the contraceptive. B- Relationship with the residues recovered in the unhatched eggs of the treatment phase; when the pairs laid two nonviable eggs, they were analyzed together (n = 5 pairs, total 8 eggs).

the treatment ceased, the reproductive variables did not differ between the recovery and pre-treatment phases. Similar findings were reported by Avery et al. (2008); Yoder et al. (2006b) and Johnston et al. (2001), consistent with the high excretion rates of nicarbazin.

Nevertheless, the number of viable eggs and number of successful nestlings were lower in the recovery phase compared to the pre-treatment phase. This could be explained by an effect of the reproductive seasonality of the doves, rather than by a residual effect of the contraceptive (Maldonado et al., 2020). Although evidence has been reported that at similar latitudes, eared doves can reproduce throughout the year, greater breeding activity was observed in spring and summer (Bucher and Orueta, 1977). In addition, male testosterone plasma concentrations were analyzed throughout the year by Maldonado et al. (2020), who found two peaks in October and February and the lowest testosterone plasma concentrations between March and July. In our study, five dove pairs completed their treatment phase and started the recovery in March and April. This overlap with the season of less intense breeding activity may have contributed to the fact that three of these pairs were the ones producing an unviable egg each.

Measuring contraceptive consumption requires experiments in captivity. In our study some pairs did not reproduce normally in captivity. The percentage of pairs that laid at least one egg was 71%, and 52% produced at least one successful nestling. We found no published accounts of eared doves bred in captivity, although there are reports in *Zenaida macroura* (Buerger et al., 1983) and *Zenaida asiatica* (Burkepile et al., 2002). Buerger et al. (1983) does not mention the percentage of pairs that did not reproduce. In a three-year study, Burkepile et al. (2002) found a mean of 75% pairs laid at least one egg and 59% had at least one successful nestling.

We did not find an association between contraceptive residues in unhatched eggs and contraceptive consumption. The concentrations we obtained from unhatched eggs were lower than those reported by Johnston et al. (2001) and Avery et al. (2008). This difference could be explained because in some cases only the shell could be analyzed. The birds tended to remove the egg from the nest and sometimes the entire yolk could not be recovered. In addition, there were pairs that consumed contraceptive but did not produce eggs. Therefore, their data were not included in the analysis.

The association between contraceptive residues in feces and contraceptive consumption was not significant. In our study, the contraceptive consumption was variable among days and weeks, which might indicate that residues from a one-day sample of fecal matter may be a poor indicator of the average consumption of the entire period. Yoder et al. (2006b) found that ducks eliminated the active ingredient in a non-uniform way when they ingested it in a single daily dose. Therefore, the rate of excretion would depend on whether they consumed small amounts of contraceptive or a large intake in a short time. In addition, we did not collect some feces that were in inaccessible places in the cage (nest, floor). Future studies should consider plasma blood residues that might better correlate with contraceptive consumption, as reported by Avery et al. (2008). These authors used DNC from blood samples collected at the end of the treatment period after the second egg was laid. However, the critical time at which egg viability occurs might have occurred weeks before sample collection. In addition, drawing blood provides stress for the eared doves which could have negative effects on the reproductive success of the pair.

## 5. Conclusion

Nicarbazin is an effective contraceptive in caged eared doves. To achieve this goal, an intake of 4.2 g of bait/day (approximately 2 g/bird) is necessary in captivity. The use of nicarbazin baits should begin before ovulation and continue until the stage of egg development in order to maintain an effective titer in the blood. The contraceptive effect proved reversible and reproductive variables returned to pre-treatment levels when the treatment ended.

We recognize that our results are preliminary, but they provide a solid step toward development of an effective management alternative for this economically important species. Our next set of experiments will measure contraceptive bait acceptance and consumption in the field, followed by evaluation of the efficiency of the contraceptive in reducing reproductive variables in eared dove breeding colonies. Future research might also include a cost-benefit analysis (e.g., Peer et al., 2003) of contraceptive use for reducing crop losses by eared doves.

## 6. Management implications

Since dove population size is regulated by the amount of available food (Bucher, 1986), this population management measure must be accompanied by other techniques directed at reducing food availability for the birds. Practices such as closing food storage sites or protect them using a bird proof net when not used to feed livestock might aid. In our opinion, the use of an oral contraceptive would be complementary tool to the existing measures to mitigate the damage caused by this species. It should be investigated within the context of an integrated crop protection strategy, including reduction of available food, prevention measurements and protection at the farm level.

## Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## Acknowledgments

This study was financial by Agricultural Technology Promotion Fund (grant number FPTA N° 352) in National Research Agricultural Institute (INIA). Lourdes Olivera had a doctoral fellowship from National Research and Innovation Agency (ANII- grant numbers POS\_NAC\_2016\_1\_130028). We want to thank Erick Wolf from Innolytics LLC (USA) for donating the contraceptive product. We are grateful to General Directorate of Agricultural Services (MGAP) for its support in the experiments. We thank Dr. Elly Navajas for reviewing the manuscript and for her valuable contributions.

## References

- Albonetti, P., Marletta, A., Repetto, I., Sasso, E., 2015. Valutazione retrospettiva dell'efficacia della nicarbazina (Ovistop®) per il contenimento e la riduzione delle popolazioni di *Columba livia* var. domestica nella città di Genova. *Vet. Ital.* 51, 63–72. <https://doi.org/10.12834/VetIt.337.1448.3>.
- Avery, M.L., 2014. Feasibility of Applying Contraception for Reducing Crop Damage by Avian Pest Species in Uruguay – Final Report Michael L. Avery. PhD US Department of Agriculture National Wildlife Research Center.
- Avery, M.L., Keacher, K.L., Tillman, E.A., 2008. Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildl. Res.* 35, 80–85. <https://doi.org/10.1071/WR07017>.
- Bishop, J.D., McKay, H.V., Parrott, D., Allan, J., 2003. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. *Dep. Food Rural Aff.* 1–52.
- Bou, N., Dardanelli, S., Olivera, L., Tellechea, G., Addy Orduna, L., Canavelli, S., Rodríguez, E., 2016. Development of a method for assessing damage caused by birds in sprouting soybean in commercial crops. *IDESIA* 34, 67–74. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000036>.
- Bruggers, R.L., Rodríguez, E., Zaccagnini, M.E., 1998. Planning for bird pest problem resolution: a case study. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 42, 173–184. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(98\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(98)00046-8).
- Bucher, E.H., 1986. The influence of changes in regional land-use patterns on *Zenaida* Dove populations. *Granivorous birds Agric. Landsc.* 291–303.
- Bucher, E.H., Orueta, A., 1977. Ecología de la reproducción de la paloma *Zenaida auriculata*. *Ecosur* 4, 157–185.
- Bucher, E.H., Ranvaud, R.D., 2006. Eared dove outbreaks in South America: patterns and characteristics. *Acta Zool. Sin.* 52, 564–567.
- Bucher, E.R., Bonino, E.E., Di Tada, I., 1981. Criterios para determinar edad y sexo en la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*). *Neotropica* 27, 151–157.
- Buerger, T.T., Mirarchi, R.E., Lisano, M.E., 1983. Effects of lead shot ingestion on captive mourning with a Perkin-Elmer atomic absorption. *J. Wildl. Manag.* 1–8.

- Burkpele, N.A., Hewitt, D.G., Waggener, G.L., Small, M.F., Hellgren, E.C., 2002. Effects of methyl parathion on white-winged dove productivity and reproductive behavior. *J. Wildl. Manag.* 66, 202. <https://doi.org/10.2307/3802886>.
- Bynum, K.S., Eisemann, J.D., Weaver, G.C., Yoder, C.A., Fagerstone, K.A., Miller, L.A., 2007. Nicarbazin OvoControl G bait reduces hatchability of eggs laid by resident Canada geese in Oregon. *J. Wildl. Manag.* 71, 135–143. <https://doi.org/10.2193/2005-603>.
- Carlson, J.C., Stahl, R.S., DeLiberto, S.T., Wagner, J.J., Engle, T.E., Engeman, R.M., Olson, C.S., Ellis, J.W., Werner, S.J., 2018. Nutritional depletion of total mixed rations by European starlings: projected effects on dairy cow performance and potential intervention strategies to mitigate damage. *J. Dairy Sci.* 101, 1777–1784. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12858>.
- Cuckler, A.C., Malanga, C.M., Basso, A.J., O'Neill, R.C., 1955. Antiparasitic Activity of Substituted Carbanilide Complexes 122, 244–255.
- Dardanelli, S., Fandiño, B., Calamari, N.C., Canavelli, S.B., Zaccagnini, M.E., 2016. ¿Eligen las palomas y cotorras los lotes de soja (Glycine max) en emergencia? Un caso de estudio en agroecosistemas de Entre Ríos, Argentina. *Rev. Mex. Biodivers.* 87, 1308–1314. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.09.006>.
- De Mey, Y., Demont, M., 2012. Bird damage to rice in Africa: evidence and control. In: Wopereis, M.C.S., Johnson, D.E., Ahmadi, N., Tollens, E., Jalloh, A. (Eds.), *Book: Realizing Africa's Rice Promise Chapter: 19* Publisher: CABI Publishing Editors, pp. 241–249. <https://doi.org/10.1079/9781845938123.0241>.
- Fagerstone, K.A., Miller, L.A., Eisemann, J.D., O'Hare, J.R., Gionfriddo, J.P., 2008. Registration of wildlife contraceptives in the United States of America, with OvoControl and GonaCon immunocontraceptive vaccines as examples. *Wildl. Res.* 35, 586–592. <https://doi.org/10.1071/WR07166>.
- Fagerstone, K.A., Miller, L.A., Killian, G., Yoder, C.A., 2010. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-Wildlife conflicts in North America. *Integr. Zool.* 5, 15–30. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00185.x>.
- Feare, C.J., 1991. Bird Pests in Argentina and Uruguay. Consultant's Report on Non-lethal Control: Chemosterilants. Unpublished consultancy report for the Food and Agriculture Organization (FAO), Rome Italy.
- Johnston, J.J., Britton, W., Macdonald, A., Primus, T., Goodall, M., Yoder, C., Miller, L., Fagerstone, K., 2001. Quantification of plasma and egg 4', 4'-dinitrocarbanilide (DNC) residues for the efficient development of a nicarbazin-based contraceptive for pest waterfowl. *Pest Manag. Sci.* 58, 197–202. <https://doi.org/10.1002/ps.439>.
- Kirkpatrick, J.F., Turner, J.W., 1985. Chemical fertility control and wildlife management. *Bioscience* 35, 485–491. <https://doi.org/10.2307/1309816>.
- Klosterman, M.E., Linz, G.M., Slowik, A.A., Bleier, W.J., 2011. Assessment of bird damage to sunflower and corn in north Dakota. 14th Wildl. Damage Manag. Conf. 119–123.
- Linz, G.M., Bucher, E.H., Canavelli, S.B., Rodríguez, E., Avery, M.L., 2015. Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation: a review. *Crop Protect.* 76, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.005>.
- Maldonado, L., Tempesti, T.C., Somaza, G.M., Peluc, S.I., Valdez, D.J., 2020. Reproduction in the Eared Dove: an exception to the classic model of seasonal reproduction in birds? *Zoology* 140, 125769. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125769>.
- Olivera, L., Tellechea, G., Lamanna, A., Baucher, G. E., Fernández, E., Rodríguez, E.N., In press. Diagnóstico y cuantificación de la problemática causada por la concentración de aves en un tambó establecido de Uruguay. *Rev. Argentina Prod. Anim.*
- Olivera, L., Rodríguez, E., Pereyra, S., Sawchik, J., Ceretta, J., Baucher, G., 2020. Evaluación de la aceptación de distintas presentaciones de un contraceptivo oral en palomas torcazas. *Rev. FAVE - Ciencias Agrar.* 19, 7–18.
- Otiño, N.E., 2019. Economic impact of predatory piscivorous birds on small-scale aquaculture farms in Kenya. *Aquac. Reports* 15, 100220. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100220>.
- Peer, B.D., Homan, H.J., Linz, G.M., Bleier, W.J., 2003. Impact of blackbird damage to sunflower: bioenergetic and economic models. *Ecol. Appl.* 13, 248–256. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)013\[0248:IOBDTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)013[0248:IOBDTS]2.0.CO;2).
- Robles, J., Jacobsen, S.E., Rasmussen, C., Otazu, V., Mandujano, J., 2003. Plagas de aves en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central, vol. 43. *Revista Peruana de Entomología*, pp. 147–151.
- Rodríguez, E., Bruggers, R.L., Bullard, R., Cook, R., 1995. An integrated strategy to decrease eared dove damage in sunflower crops. *Natl. Wildl. Res. Cent. Repellents Conf.* 409–421.
- Rodríguez, E., Tiscornia, G., 2002. Evaluación de alternativas de control de la cotorra (*Myiopsitta monachus*). Serie FPTA. FPTA N° 08, SerieMontevideo, Uruguay.
- Rodríguez, E., Tiscornia, G., Olivera, L., 2011. Diminución del daño por aves en pequeños predios. Estrategia de disminución del daño por aves en pequeños predios de alto valor utilizando métodos no contaminantes. Serie FPTA INIA, Montevideo, Uruguay. ISBN 9789974383227.
- Scalora, A.S., Casmuz, A.S., Cazado, L.E., Arale, M.R., Aybar Guécha, Matías, Gómez, M., Fadda, L.A., Colledani Toranzo, G.A., Fernández, J.L., Vera, M.A., Gómez, C.H., Gastaminza, G.A., 2013. Evaluación del daño ocasionado por la paloma torcaza (*Zenaidura macroura*) en el cultivo de soja, en las campañas 2011/2012 y 2012/2013. *Publicación Espec. - Estac. Exp. Agro-Industrial Obispo Colombes*.
- Stahl, R.S., Johnston, J.J., 2002. High-performance liquid chromatography-based determination of nicarbazin excretion in waterfowl. *J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 775, 103–108. [https://doi.org/10.1016/S1570-0232\(02\)00165-4](https://doi.org/10.1016/S1570-0232(02)00165-4).
- Stahl, R.S., VerCauteren, K.C., Kohler, D., Johnston, J.J., 2003. 4,4'-dinitrocarbanilide (DNC) concentrations in egg shells as a predictor of nicarbazin consumption and DNC dose in goose eggs. *Pest Manag. Sci.* 59, 1052–1056. <https://doi.org/10.1002/ps.746>.
- Tellechea, G., Rodríguez, E., 2016. Prospección del uso de métodos contraceptivos en dos aves plaga de agricultura de Uruguay. *Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología*, ISBN 978-9974-38-368-5.
- Tracey, J., Bomford, M., Hart, Q., Saunders, G., Sinclair, R., 2007. *Managing Bird Damage to Fruit and Other Horticultural Crops*. Bureau of Rural Sciences. Australian Government, Canberra.
- Vitti, D., Zuñi, S., 2012. Evaluaciones del daño generado por aves en girasol. *Voces y ecos* 29, 11–13.
- Werner, S.J., Avery, M.L., 2017. Chemical repellents. *Ecol. Manag. Blackbirds North Am.* 135–158. <https://doi.org/10.4324/9781315156439-8>.
- Yoder, C.A., Andelt, W.F., Miller, L.A., Johnston, J.J., Goodall, M.J., 2004. Effectiveness of twenty, twenty-five diazacholesterol, avian gonadotropin-releasing hormone, and chicken riboflavin carrier protein for inhibiting reproduction in coturnix quail. *Poultry Sci.* 83, 234–244. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.234>.
- Yoder, C.A., Avery, M.L., Keacher, K.L., Tillman, E.A., 2007. Use of DiazaCon™ as a reproductive inhibitor for monk parakeets (*Myiopsitta monachus*). *Wildl. Res.* 34, 8–13. <https://doi.org/10.1071/WR06069>.
- Yoder, C.A., Graham, J.K., Miller, L.A., 2006a. Molecular effects of nicarbazin on avian reproduction. *Poultry Sci.* 85, 1285–1293. <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1285>.
- Yoder, C.A., Graham, J.K., Miller, L.A., Bynum, K.S., Johnston, J.J., Goodall, M.J., 2006b. Evaluation of nicarbazin as a potential waterfowl contraceptive using mallards as a model. *Poultry Sci.* 85, 1275–1284. <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1275>.
- Yoder, C.A., Miller, L.A., 2006. Avian contraceptive tools: one size does not fit all. *Proc. Vertebr. Pest Conf.* 22. <https://doi.org/10.5070/v422110263>.

#### **4. CAPÍTULO 3. ACEPTACIÓN DE CEBOS CONTRACEPTIVOS POR PALOMA TORCAZA EN EL CAMPO**

##### **4.1 RESUMEN**

En tanto en estudios previos encontramos que el uso de nicarbazina como cebo contraceptivo para palomas torcazas en cautiverio resultó en una disminución de 62 % en los parámetros reproductivos, el objetivo de este trabajo fue diseñar un sistema de administración del cebo y evaluar su eficiencia a escala predial en establecimientos con ganado en confinamiento. Para ello relevamos cinco establecimientos con estas condiciones y, luego, seleccionamos los dos con mayor cantidad de palomas torcazas para realizar los experimentos (Nvisión y Las Tres Marías). El estudio constó de dos fases, pretratamiento y tratamiento. En ambas etapas, el alimento para las palomas fue instalado en estaciones de cebado. La primera etapa (pretratamiento) se realizó con el fin de alcanzar una población estable de aves que estuvieran consumiendo el cebo. Para ello, a las aves se les ofreció una mezcla de partes iguales de ración para ponedoras fase 2 y trigo durante ocho días. Se evaluó el número de aves en las estaciones de cebado y el consumo de alimento. En la etapa tratamiento se les ofreció el contraceptivo mezclado con trigo en partes iguales por cuatro días. Se cuantificó la cantidad de aves en las estaciones de cebado y la ingesta de contraceptivo. No se registraron diferencias significativas en el número de aves del pretratamiento y tratamiento para ambos experimentos. En Nvisión el consumo de ración disminuyó significativamente en el tratamiento ( $p=0,0004$ ) respecto al pretratamiento, mientras que en el establecimiento Las Tres Marías no se registraron diferencias significativas en esta variable. La cantidad de palomas torcazas que visitó las estaciones de cebado fue significativamente mayor que el número de individuos pertenecientes a otras especies de aves ( $p = 0,0008$  Nvisión;  $p = 0,002$  Las tres Marías). Al menos un 98 % de los ejemplares registrados en las estaciones eran palomas torcazas. La estimación de la ingesta de contraceptivo por paloma fue de 0,19 g/ave/día en Nvisión y 0,12 g/ave/día en Las Tres Marías. En ninguno de los establecimientos se alcanzó la dosis necesaria calculada en los experimentos de cautiverio (2,1 g/ave/día) para causar efecto sobre la reproducción. En conclusión, el sistema de administración del cebo fue aceptado por las palomas torcazas, aunque el consumo no fue satisfactorio. Es necesario continuar con el desarrollo de este producto, buscando incorporar el ingrediente activo a un grano preferido por las palomas.

**Editor**

Name Surname  
Organization, city, country.  
ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

**Correspondence**

Lourdes Olivera  
[lourdes.m.olivera@gmail.com](mailto:lourdes.m.olivera@gmail.com)

**Received** dd month yyyy  
**Accepted** dd month yyyy  
**Published** dd month yyyy

**Citation**

Olivera L, Pereyra S, Sawchik J,  
Bancho G, Rodríguez E.  
Nicarbazin bait administration for  
eared dove in the field.  
Agrociencia Uruguay [Internet].  
yyyy [cited dd mmm  
yyyy];v(i):artíclenº. Available  
from: <http://agrocienciauruguay.ojs/index.php/agrociencia/artíclenº/view/xx>

## Nicarbazin bait administration for eared dove in the field.

## Administración de cebo con nicarbazina para paloma torcaza en campo

## Administração de isca com nicarbazina para pomba de bando no campo

Olivera, L.<sup>1</sup>; Pereyra, S.<sup>2</sup>; Sawchik, J.<sup>2</sup>; Bancho, G.<sup>2</sup>; Rodríguez, E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesional independiente contratado por proyecto

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Ruta 50, Km 11. Colonia, Uruguay.

<sup>3</sup> Dirección General de Servicios Agrícolas. Av. Millán 4703. Montevideo. Uruguay

## Resumen

En Uruguay las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) ocasionan daño en cultivos agrícolas y producen pérdidas de ración en establecimientos con bovinos estabulados. La nicarbazina utilizada como cebo contraceptivo en palomas en cautiverio disminuyó en 62 % el potencial reproductivo de las aves. El objetivo del presente estudio fue delinear un sistema de administración del cebo y evaluar su eficiencia a escala predial, utilizando establecimientos con bovinos en confinamiento. Para ello, se relevaron cinco sitios y luego se seleccionaron los dos con mayor cantidad de palomas torcazas: Nvisión y Las Tres Marías. Se realizó un pretratamiento usando estaciones de cebado (EDC) durante ocho días hasta obtener un número estable de aves a lo largo de los días y durante el tratamiento (4 días) se midió la ingesta de contraceptivo y la cantidad de aves en las EDC. La cantidad de palomas torcazas que visitó las EDC fue significativamente mayor que el número de individuos pertenecientes a otras especies de aves ( $p=0,0008$  Nvisión;  $p=0,002$  Las Tres Marías). Al menos el 98 % de los ejemplares registrados en las estaciones eran paloma torcaza. No se registraron diferencias significativas en el número de aves del pretratamiento y tratamiento para ambos experimentos. En Nvisión, el consumo de alimento de las aves disminuyó significativamente en el tratamiento ( $p=0,0004$ ) respecto al pretratamiento, mientras que en Las Tres Marías no se registraron diferencias significativas en esta variable. La estimación de la ingesta de contraceptivo por paloma no alcanzó la dosis experimental en cautiverio de 2,1 g/ave/día necesaria para causar efecto sobre la reproducción. En conclusión, el sistema de administración del cebo fue aceptado por las palomas torcazas, aunque el consumo estimado de contraceptivo no alcanzó la dosis mínima necesaria para producir un impacto en las variables reproductivas.

**Palabras claves:** contraceptivo para aves, OvocontrolP®, *Zenaida auriculata*

## Abstract

Eared doves (*Zenaida auriculata*) in Uruguay cause damage to agricultural crops and generate loss of ration in farms with feedlot livestock. Nicarbazine was evaluated as a contraceptive bait in captivity, obtaining a 62 % decrease in reproductive parameters. The objective of this study was to establish a bait administration system and evaluate its efficiency at the farm scale, using confined-livestock farms. Five sites were evaluated and two were selected based on the highest quantity of eared doves (Nvisión and Las Tres Marías). A pre-treatment was carried out using baiting stations for eight days until obtaining a stable number of birds throughout the days. During the treatment (4 days) the contraceptive intake and the number of birds in the baiting stations were measured. There were no significant differences in the number of birds of the pre-baiting and treatment for both experiments. In “Nvisión”, consumption decreased in the treatment ( $p = 0.0004$ ), while in “Las Tres Marías” no significant differences were recorded in this variable. Estimation of contraceptive intake per dove did not reach the necessary dose calculated in the captivity experiments (2.1 g/bird/day) to cause an effect on reproduction. The number of doves that visited bait stations was significantly higher than the number of individuals belonging to other bird species ( $p=0.0008$  Nvisión;  $p=0.002$  Tres Marías). At least 98 % of the birds registered at the stations corresponded to eared doves. The bait administration system was accepted by doves, although the estimated contraceptive consumption did not reach the minimum dose necessary to produce an impact on the reproductive variables.

**Keywords:** birds contraceptive, OvocontrolP®, *Zenaida auriculata*

## Resumo

No Uruguai, as pombas de bando (*Zenaida auriculata*) causam danos às lavouras agrícolas e perdas de ração em estabelecimentos com gado em estábulo. A nicarbazina foi testada como isca anticoncepcional em cativeiro, obtendo-se uma redução de 62 % nos parâmetros reprodutivos. O objetivo deste trabalho foi delinear um sistema de administração de iscas e avaliar sua eficiência numa escala de fazenda, utilizando estabelecimentos com rebanho em confinamento. Foram selecionados dois locais (“Nvisión” e “Las Tres Marías”) que continham um grande número de aves se alimentando, na hora de oferecer a isca. Uma pré-isca foi realizada em estações de isca por oito dias até a obtenção de um número estável de aves ao longo dos dias. No tratamento, foi medido o consumo de anticoncepcional e o número de aves nas estações de iscas. Não houve diferenças significativas no número de aves do pré-priming e tratamento para ambos experimentos. Em “Nvisión”, o consumo diminuiu no tratamento ( $p = 0,0004$ ), enquanto em “Las Tres Marías” não foram registradas diferenças significativas nesta variável. A ingestão de anticoncepcionais por pomba não atingiu a dose necessária calculada nos experimentos de cativeiro (2,1 g/ave/dia) para causar efeito na reprodução. O número de pombas de bando que visitaram as estações de engorda foi significativamente maior ao número de indivíduos pertencentes a outras espécies de aves ( $p = 0,0008$  Nvisión;  $p = 0,002$  Las Tres Marías). Pelo menos 98 % dos exemplares registrados nas estações eram pombos-pombos de bando. O sistema de administração de iscas foi aceito pelas pombas, embora o consumo estimado de anticoncepcionais não atingiu níveis detectáveis nas variáveis reprodutivas.

**Palavras-chave:** anticoncepcional para aves, OvocontrolP®, *Zenaida auriculata*

## 1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) ocasionan daño en cultivos de cereales y oleaginosos<sup>(1)</sup>, además de producir pérdidas de ración en establecimientos con bovinos para carne estabulado<sup>(2)</sup>. En las últimas décadas, las estrategias de manejo se han enfocado en medidas de prevención de los daños y protección del cultivo, desarrollando e implementando diferentes métodos de repelencia<sup>(1)(3)(4)</sup>. Dichas técnicas aplicadas correctamente son efectivas para disminuir los daños a escala predial. Sin embargo, en algunas situaciones, el tamaño de la población de aves que causa el daño en un establecimiento es muy grande para ser controlada de manera efectiva por métodos no letales<sup>(5)</sup>.

Una herramienta para la regulación de poblaciones silvestres es el uso de métodos contraceptivos<sup>(6)</sup>. Existen distintos compuestos naturales y químicos que logran reducir la capacidad reproductiva interfiriendo con la postura o la eclosión de los huevos <sup>(6)(7)(8)</sup>. Uno de los contraceptivos orales más utilizados ha sido la nicarbazina. Con este compuesto se ha obtenido una disminución de las tasas reproductivas en condiciones de laboratorio y en evaluaciones en pequeños predios <sup>(9)(10)(11)(12)</sup>.

Este compuesto se encuentra registrado en varios países como Estados Unidos, Australia, Italia y España (<https://www.ovocontrol.com/>; <http://www.zooethics.com/>). La nicarbazina es una sal bimodal que consiste en dos componentes: el DNC (4, 4'-dinitrocarbanilide), ingrediente activo y el HDP (hydroxy-4, 6-dimethylpyrimidine), que actúa como adyuvante<sup>(13)</sup>. Este producto ha sido probado en varias especies: gansos de Canadá (*Branta canadenses*), palomas domésticas (*Columba livia*), codorniz (*Coturnix coturnix*), patos (*Anas platyrhynchos domesticus* y *Anas platyrhynchos*) y gallinas (*Gallus gallus*)<sup>(9)(14)(15)(16)</sup>.

Recientemente su efectividad se evaluó en palomas torcazas en cautiverio y se obtuvo una disminución del 62 % en el número de huevos viables y pichones exitosos que alcanzaron los 14 días de edad<sup>(17)</sup>. En el mencionado estudio se encontró que para lograr un impacto en los

parámetros reproductivos, cada individuo debería consumir en promedio 2,1 g de cebo contraceptivo/día previo a la ovulación de la hembra<sup>(17)</sup>.

Un aspecto fundamental en el uso de esta herramienta de manejo es el procedimiento utilizado al administrar el producto a las aves para que alcancen la dosis necesaria que cause un efecto en su ciclo reproductivo<sup>(10)</sup>. Estudios previos con gansos de Canadá y paloma doméstica han demostrado que la nicarbazina posee escasa palatabilidad. Esto genera problemas de aceptación y preferencia del cebo contraceptivo<sup>(10)(18)</sup>. Según mencionan Senar y colaboradores<sup>(19)</sup>, la distribución de un cebo formulado con nicarbazina, que no fue palatable para las palomas domésticas, repercutió en que ellas progresivamente fueran abandonando los comederos que contenían el contraceptivo.

Otro aspecto para destacar es que para que el tratamiento con nicarbazina sea eficaz, el cebo debe ser suministrado diariamente en la dosis necesaria, en tanto este principio activo es excretada rápidamente del cuerpo del ave. Por ello, es importante diseñar una estrategia de administración del producto que garantice un consumo efectivo en días consecutivos por parte de la especie que se desea controlar<sup>(10)</sup>. Además, se debe tener en cuenta que este compuesto tiene un potencial efecto contraceptivo en otras aves además de paloma torcaza (especies no blanco), por lo que es necesario excluir la presencia de otros animales que no pertenezcan a la especie blanco en el comedero<sup>(20)</sup>.

Los sitios para administrar el cebo contraceptivo en campo se deben seleccionar en función de los requerimientos anteriormente detallados. Los establecimientos con ganado que consume ración preparada con grano tienen una mayor abundancia de palomas torcazas que de otras especies de aves<sup>(2)(21)</sup>. Por ese motivo, serían candidatos promisorios donde suministrar el producto. Olivera y colaboradores<sup>(2)</sup> cuantificaron que el 86 % de las aves presentes en establecimiento lechero correspondía a palomas torcazas, mientras que el restante 14 % pertenecía a otras cuatro especies. Las palomas son atraídas a este tipo de lugares por la presencia de granos y pellets en la ración preparada para el ganado, así como en el acopio de alimento<sup>(21)</sup>. Esta oferta se encuentra disponible diariamente durante meses y en algunos casos todo el año y, por tanto, le aseguran una fuente de alimento permanente.

El objetivo del presente estudio fue delinear un sistema de administración del cebo y evaluar su eficiencia a escala predial utilizando establecimientos con ganado en confinamiento. Las hipótesis de trabajo fueron: (1) el consumo de cebo contraceptivo mezclado con trigo no difiere estadísticamente del registrado en el pretratamiento, que consta de pellets para gallina con forma y tamaño equivalentes al contraceptivo mezclado con trigo, (2) la dosis estimada de cebo contraceptivo en cautiverio (2,1 g/ave/día) es ingerida por las palomas torcazas en las estaciones de cebado, y (3) la cantidad de individuos de especies no blanco en las estaciones de cebado es menor al 10 % de la abundancia total de aves registrada.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Elección de los sitios**

Como primer paso, se buscaron establecimientos con ganado en confinamiento suplementado con ración a base de grano que presentaran problemas con aves. Se seleccionaron cinco sitios candidatos para realizar las pruebas con contraceptivos: Sitio 1 (33°19'13.57"S; 57°16'6.54"O), Sitio 2 (33°19'22.59"S; 57° 2'38.52"O), Sitio 3 (34° 9'47.56"S; 58° 5'31.35"O), Sitio 4 (34°15'7.45"S; 57°17'37.15"O) y Sitio 5 (34°38'7.98"S; 55°29'21.83"O), todos ubicados al sur del río Negro (Uruguay).

En los meses de octubre y noviembre de 2020, se visitaron los cinco establecimientos con el fin de estimar la riqueza y abundancia de la ornitofauna en el lugar y, posteriormente, seleccionar dos de ellos para realizar los experimentos. En cada uno de los cinco establecimientos se definieron tres puntos al azar separados por al menos 150 m entre sí y ubicados en el área de los comederos del ganado y/o en el acopio de alimento. Allí se realizó un censo de punto<sup>(22)</sup>, cuantificando número y especies de aves en un radio fijo de aproximadamente 100 m durante 10 min de cada hora, separados por 50 min entre ellos. Estas evaluaciones se llevaron a cabo durante 3 h, luego de que se suministraba la ración al ganado durante la mañana (8:00 -12:00).

En cada establecimiento, se calculó el promedio y desvío estándar de la variable número de aves total y se discriminó qué porcentaje de individuos correspondía a palomas torcazas y cuántos a otras especies de aves. Se verificó el ajuste de los datos a una distribución normal y se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) al número de palomas torcazas y se diferenciaron las medias entre establecimientos con una prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## **2.2. Aceptación del cebo contraceptivo**

Para realizar los experimentos se utilizaron los dos establecimientos que presentaron la mayor abundancia de palomas torcazas, con el fin de contar con una alta cantidad de aves alimentándose en el lugar al momento de ofrecer el cebo. Para poder poner a prueba la hipótesis 3 era de interés que en el sitio hubiera un porcentaje de individuos de especies no blanco mayor al 10 % y así poder verificar que porcentaje efectivamente ingresaba a las estaciones de cebado. Ambos experimentos se realizaron entre diciembre de 2020 y febrero de 2021.

El cebo contraceptivo utilizado fue OvocontrolP®, con 0,5 % de nicarbazina y formulado para paloma doméstica en forma de pellets (7,0 mm de largo por 5,0 mm de diámetro). El producto fue partido con molino de muela (OrientSun Nº 500) en partículas de 0,5 a 3,0 mm<sup>(17)</sup>.

Para ofrecer el contraceptivo en el campo se usaron estaciones de cebado (EDC) siguiendo el modelo evaluado en un tambo por Rodríguez et al. (2019) que resultó más aceptado por las aves. Se construyeron siete EDC que consisten en marcos de madera de 1 m x 1 m x 0,1 m de alto que se colocaron sobre un nylon de 1,1 x 1,1 m.

El experimento constó de dos fases consecutivas: una de pretratamiento y otra de tratamiento. El objetivo de la primera etapa fue atraer aves a las EDC, cuantificar su abundancia y alcanzar una población estable que se alimentara en ellas. En la etapa tratamiento se midió el consumo de contraceptivo y se cuantificó la cantidad y especies de aves presentes en las EDC.

### *2.2.1. Pretratamiento*

En cada establecimiento se identificaron los lugares donde se alimentaban las palomas torcazas (comederos del ganado, acopio de alimento y silos) y se definieron seis puntos donde se instalaron las EDC. En cada EDC se colocaron 4 kg de alimento. Para esta etapa, se utilizó como cebo una mezcla en partes iguales de trigo y pellet partido para gallinas ponedoras fase 2 de forma y tamaño equivalentes al contraceptivo, fabricado por Molino San José (Uruguay). Además, se esparció esta mezcla del pretratamiento en las cercanías de la EDC para atraer a las aves. Se instaló un marco con igual forma, tamaño y contenido que el ya descrito, cubierto con red antiaves, con el objetivo de registrar cambios en el peso del alimento a causa de la humedad ambiente.

Las EDC se instalaron en la mañana (entre las 7:30 y las 9:00 h), luego de finalizado el abastecimiento de ración al ganado, y se dejaron expuestas a las aves durante cuatro horas. En ese período, se estimó la cantidad de aves que concurrían a alimentarse del cebo. Para ello, se contabilizó especie y número de aves que ingresaban a la estación durante 10 min de cada hora.

Al finalizar el período de cuatro horas, se recogió y pesó el remanente del alimento en cada una de ellas, incluida la que se encontraba cubierta con la red.

El consumo diario (C) en cada estación de cebado se calculó como:  $C = P_{ia} - P_f$ , donde:

$P_f$ : el peso final en cada estación de cebado;  $P_{ia}$ : el peso inicial de cada estación de cebado, en función a la variación medida en la estación cubierta con red, ocasionada por el ambiente.  $P_{ia}$  se calculó como:  $P_{ia} = (P_i * P_{ft}) / P_{it}$ . Siendo:  $P_i$ : peso inicial de cada estación de cebado;  $P_{it}$ : el peso inicial de la estación cubierta;  $P_{ft}$ : peso final de la estación cubierta.

Este procedimiento se repitió durante ocho días, hasta observar que la población de aves que concurrió a alimentarse de las EDC se estabilizó. Esto se definió cuando el número de aves registrado durante tres días no presentó diferencias significativas.

Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de los resultados, incluyendo mediana, Q1 y Q3 visualizado en un diagrama de caja para el número de aves por día y por EDC. Debido a que esta variable no se ajustó a una distribución normal, las comparaciones se realizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis y las diferencias entre días se analizaron siguiendo el criterio de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD).

### 2.2.2. Tratamiento

Para esta etapa, se seleccionaron las tres EDC que presentaron el mayor consumo y número de aves. En cada EDC se sustituyó el pellet partido para ponedoras por el cebo contraceptivo OvocontrolP® a razón de 2 kg de cebo contraceptivo mezclado con 2 kg de trigo (total: 4 kg de alimento). Se repitió el mismo procedimiento con las EDC detallado en el pretratamiento.

Para estimar la población de aves que concurrieron a alimentarse de las EDC, se utilizó censo de punto<sup>(22)</sup> y registro fotográfico. En el primero, se contabilizó especie y número de aves que ingresaban a cada EDC durante 10 min de cada hora durante 4 h. El registro fotográfico se realizó colocando una cámara trampa en cada estación. Estas fueron programadas para tomar una fotografía de la EDC cada 5 min durante 4 h. Posteriormente, en cada registro se contabilizó el número y especie de aves que estaban dentro de la EDC y se sumó la cantidad de individuos por día y por especie. Aunque el censo de punto es un método que también cuantifica el número y especie de aves, este se realizó para poder comparar esta variable con el pretratamiento.

Al finalizar el período de exposición a las aves se recolectó y pesó el remanente de alimento en cada EDC y la estación cubierta con red antiaves. Este procedimiento de la etapa tratamiento se repitió diariamente durante cuatro días.

El contenido de cada EDC fue llevado al laboratorio de la Dirección General de Servicios Agrícolas (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo, Uruguay) para su procesamiento. Como primer paso, se separó la fracción de contraceptivo que contenía partículas menores a 2 mm con tamiz. De esta manera, quedaban sobre el tamiz las partículas de contraceptivo mayores a 2 mm y los granos de trigo. Estos últimos fueron separados manualmente de las partículas de contraceptivo.

## 2.3 Análisis de datos

Las variables de número de aves y consumo en las EDC por día, se presentó con medianas y las comparaciones entre pretratamiento y tratamiento se realizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis, porque los datos no presentaban una distribución normal. En todos los casos, para las comparaciones estadísticas entre pretratamiento y tratamiento se utilizaron los resultados de los últimos cuatro días de la primera etapa.

Luego de obtenido el peso final de contraceptivo y trigo en cada EDC, se calculó el consumo (C) de cada ítem por día, del mismo modo que se detalló previamente (párrafo final de sección

2.2.2). Se comparó mediante una prueba de Kruskal-Wallis esta variable para contraceptivo y trigo.

Se estimó en cada EDC la ingesta individual de las palomas torcazas por día, utilizando la cantidad de aves contabilizada en el muestreo por fotografía. Este procedimiento se realizó en aquellas estaciones que fueron visitadas en promedio, por al menos 10 palomas torcazas por día. Para minimizar la probabilidad de que se trataran de los mismos individuos es que se tomaron las fotografías cada 5 minutos. En los registros donde se detectó la presencia de otras especies de aves, se estimó su ingesta (en base a estudios previos y revisión bibliográfica) y fue restada del consumo total.

Por último, se calculó qué proporción de las aves que visitaban las EDC qué eran paloma torcaza y qué proporción correspondía a miembros de otras especies. Se comparó la cantidad de individuos pertenecientes a cada una de estas categorías mediante un ANOVA en el sitio 2 y utilizando una prueba de Kruskal y Wallis en el sitio 5 ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Elección de los corrales

Los sitios 2 y 5 presentaron la mayor cantidad de aves total y los porcentajes más elevados de palomas torcazas (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Riqueza (cantidad de especies), abundancia (cantidad absoluta estimada de aves), porcentaje de individuos que pertenecían a la especie paloma torcaza (*Zenaida auriculata*) y porcentaje de individuos que pertenecían a otras especies de aves en los establecimientos con ganado en confinamiento seleccionados para realizar las visitas.

Corral	Riqueza	Abundancia	Porcentaje de palomas torcazas	Porcentaje de otras especies
Sitio 1	12	488	66	34
Sitio 2	12	1.457	85	15
Sitio 3	17	259	41	59
Sitio 4	9	790	82	18
Sitio 5	9	1.477	87	13

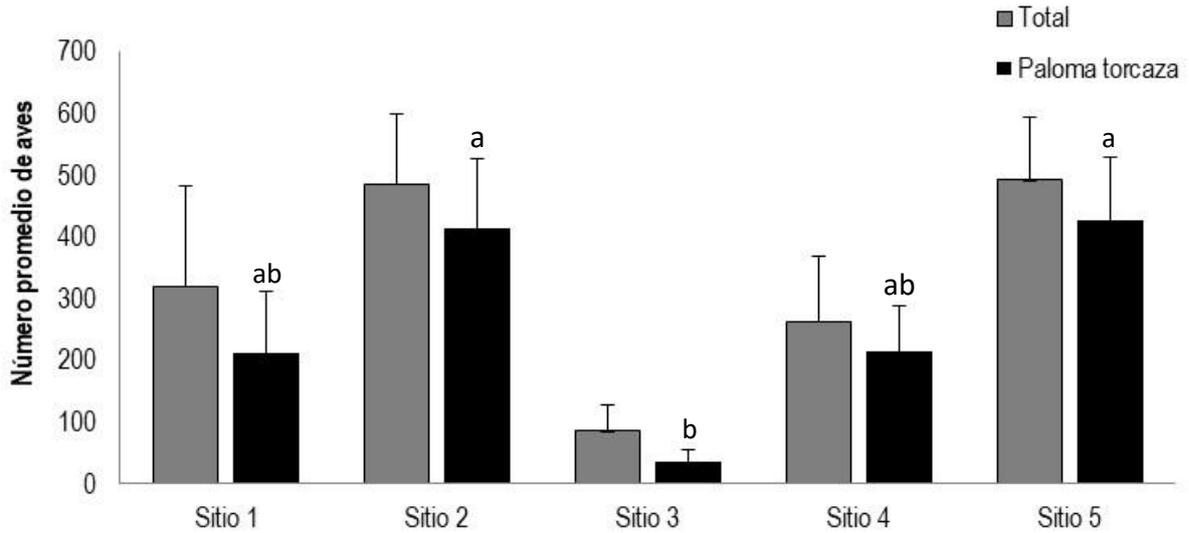


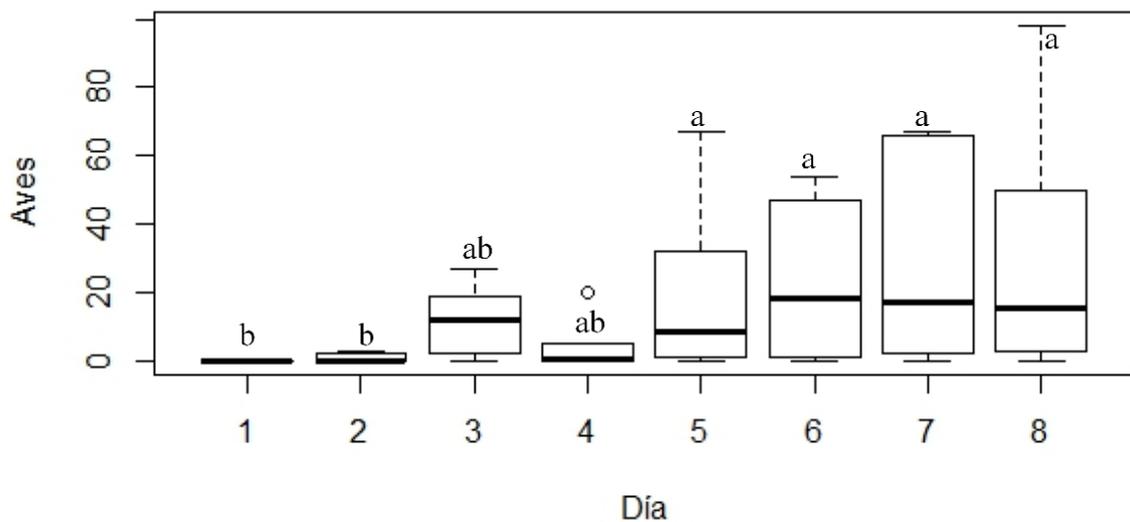
Figura 1. Número de aves total y de palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) estimado en observaciones realizadas en establecimiento relevado. Se muestran los promedios con sus respectivos desvíos estándar. Letras distintas en el gráfico muestran diferencias en la cantidad de palomas torcazas registrada según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ).

Según la cantidad de palomas torcazas y el porcentaje de aves de otras especies observadas en los establecimientos evaluados, se seleccionaron los sitios 2 y 5 para la realización de las pruebas con el cebo contraceptivo.

### 3.2. Aceptación del cebo contraceptivo

#### 3.2.1. Pretratamiento

Esta etapa tuvo una duración de ocho días en ambos sitios (Figura 2).



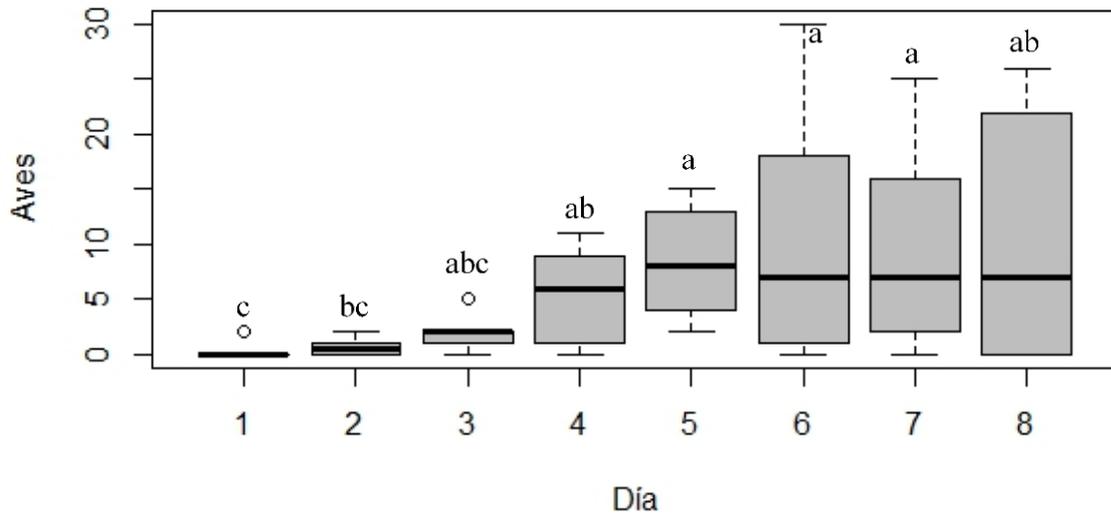
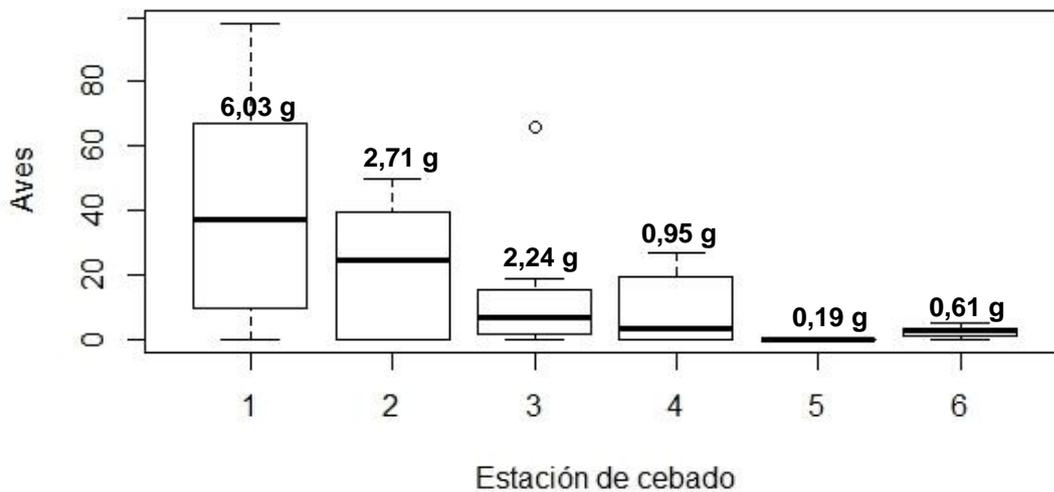


Figura 2. Promedio del número de aves estimado en las Estaciones de Cebado (EDC) en cada día del pretratamiento. Letras diferentes en cada día muestran diferencias significativas según Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD)  $p = 0,05$ . En blanco el sitio 2 y en gris el sitio 5. Los círculos en el área del gráfico muestran los valores atípicos.

Se eligieron las tres EDC que contenían el mayor número de aves y consumo registrado para la próxima etapa de tratamiento. En el sitio 2 se seleccionaron las estaciones 1, 2 y 3 y en el sitio 5 fueron las estaciones 1, 3 y 4 (Figura 3).



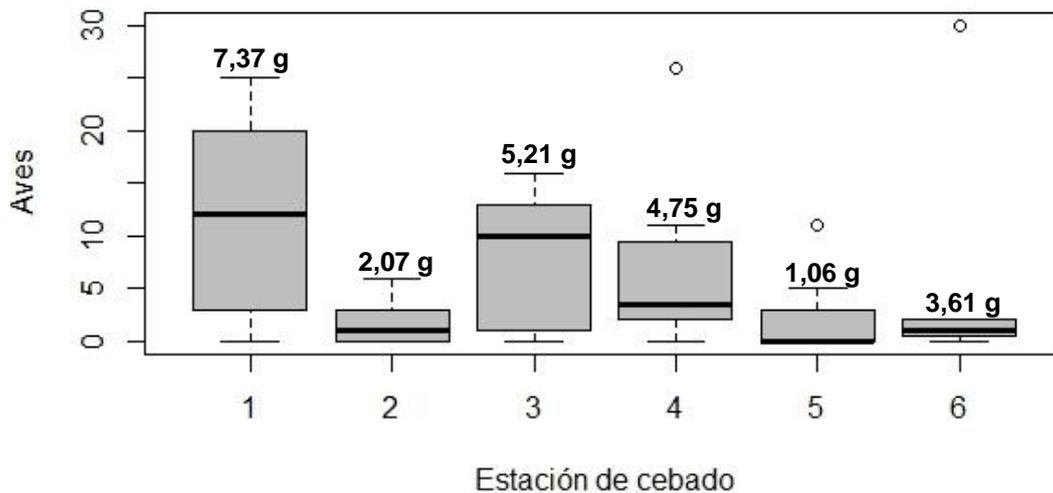


Figura 3. Promedio del número de aves estimado en cada estación de cebado (EDC) en la etapa de pretratamiento en el sitio 2 (blanco) y en el sitio 5 (gris). Arriba de cada caja se encuentra el valor del consumo total en esa estación de cebado (g). Los círculos en el área del gráfico muestran los valores atípicos.

### 3.2.2. Tratamiento

En el sitio 2 no se registraron diferencias significativas en el número de aves estimado ni en el consumo de cebo en las EDC al comparar el pretratamiento con el tratamiento (Figura 4).

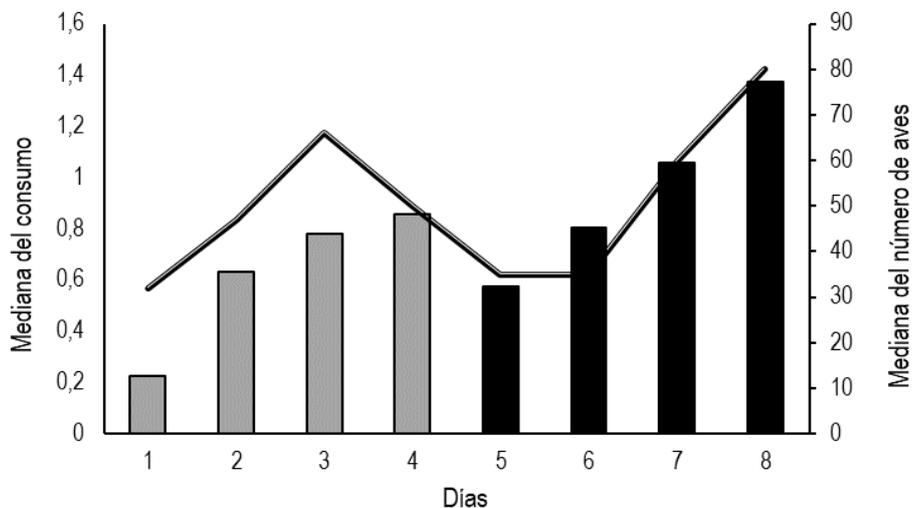


Figura 4. Número de aves promedio (línea) y consumo registrado (barras) en tres estaciones de cebado utilizadas con contraceptivo durante los últimos cuatro días del pretratamiento (barras grises) y los cuatro días de tratamiento (barras negras).

En el sitio 5 no se registraron diferencias significativas entre el pre-tratamiento y el tratamiento para el número de aves, aunque el consumo disminuyó significativamente durante el tratamiento respecto al pre-tratamiento ( $p=0,0004$ ; figura 5).

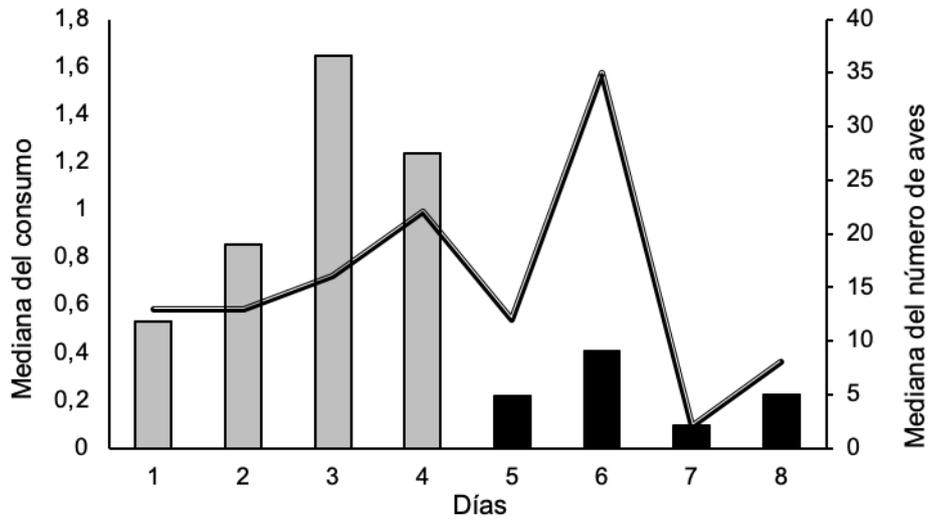
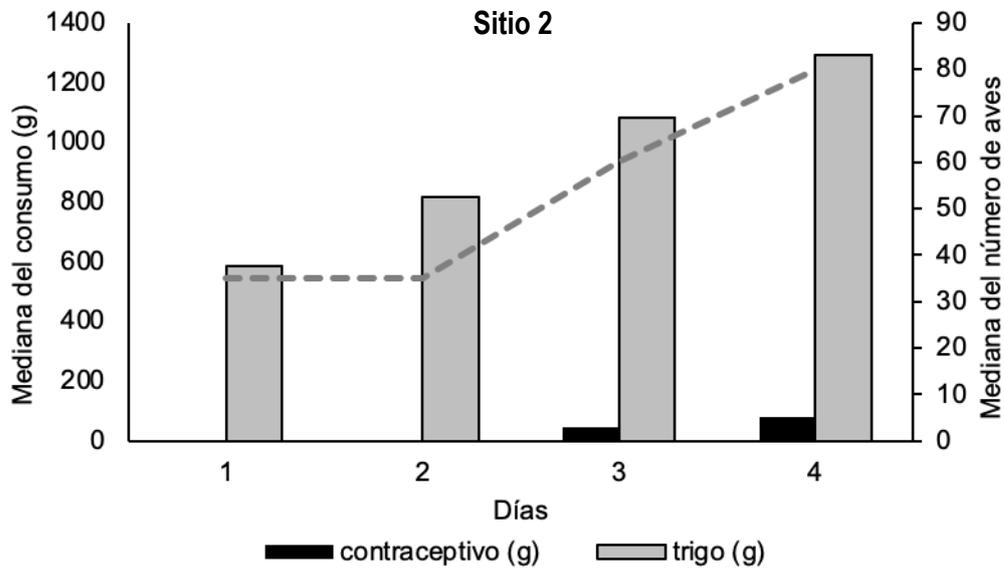


Figura 5. Mediana del número de aves estimado (línea) y consumo registrado (barras) en tres estaciones de cebado (EDC) utilizadas con contraceptivo durante los últimos cuatro días del pretratamiento (barras grises) y los cuatro días de tratamiento (barras negras).

El consumo de trigo fue significativamente mayor que de contraceptivo en ambos establecimientos ( $p = 0,00003$  sitio 2;  $p = 0,0008$  sitio 5; figura 6). No se registraron diferencias en el consumo de ambos ítems entre días ni entre estaciones de cebado.



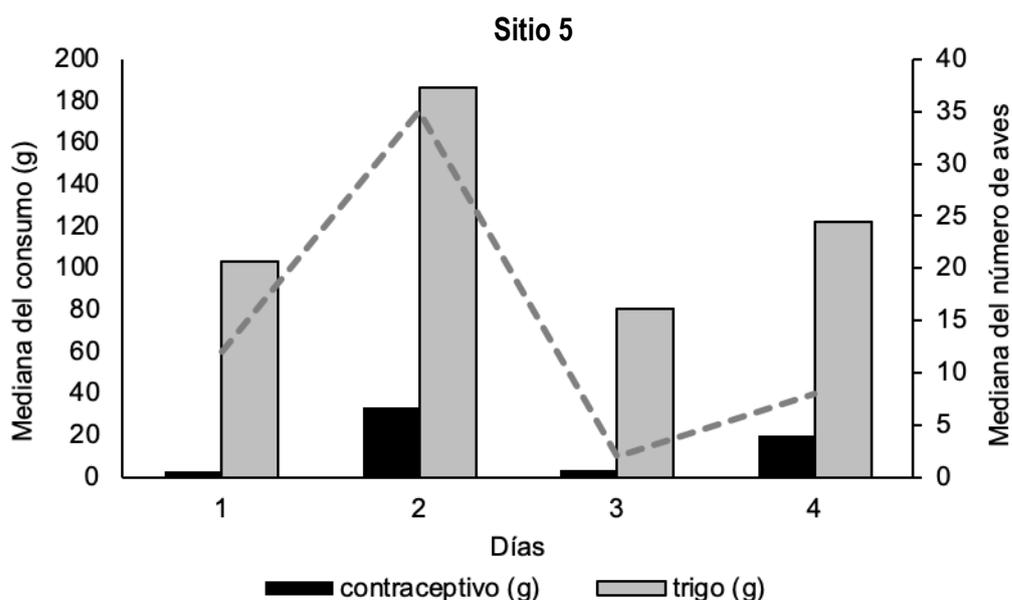


Figura 6. Mediana del número de aves por día (línea) y consumo registrado (barras) en tres estaciones de cebado, por ítem por día, durante los cuatro días del tratamiento.

La cantidad de palomas torcazas visitando las EDC fue significativamente mayor que el número de aves pertenecientes a otras especies ( $p = 0,009$  sitio 2;  $p = 0,0008$  sitio 5). En el establecimiento 2 el 99 % de los individuos registrados eran de palomas torcazas y en el sitio 5 alcanzó el 98 %. Las otras especies de aves que visitaron las EDC fueron paloma de ala manchada (*Patagioenas maculosa*), chingolo (*Zonotrichia capensis*) y tordo (*Molothrus bonariensis*).

El consumo estimado de contraceptivo por individuo no superó la dosis necesaria calculada (2,1 g/ave/día) para lograr un efecto sobre la reproducción en los experimentos de cautiverio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consumo estimado (g) por paloma (*Zenaida auriculata*) por día en ambos experimentos. Se detalla mediana, mínimo, máximo y coeficiente de variación para ambos ítems colocados en tres estaciones de cebado, durante la etapa tratamiento (cuatro días).

Consumo estimado (g/paloma/día)				
	Sitio 2		Sitio 5	
	Contraceptivo	Trigo	Contraceptivo	Trigo
<b>Mediana</b>	0,12	12,47	0,19	4,43
<b>Mínimo</b>	0	3,95	0	2,94
<b>Máximo</b>	3,92	15,13	0,39	5,78
<b>CV</b>	83 %	17 %	107 %	28 %

#### 4. DISCUSIÓN

Estos resultados demostraron la aceptación del cebo contraceptivo OvocontrolP® por palomas torcazas en condiciones de campo. En ambos experimentos, la cantidad de aves que visitaron las EDC en el pretratamiento fue aumentando, hasta alcanzar su valor máximo entre el día cinco y seis, manteniéndose sin variaciones significativas en los subsiguientes días. En la bibliografía se han encontrado pocos trabajos que evalúen la aplicación de cebos contraceptivos para diferentes especies de aves en campo. No obstante, Bynum y colaboradores<sup>(9)</sup> realizaron evaluaciones con gansos de Canadá y definieron un período de precebado en campo de 14 días para atraer los animales al lugar. Sin embargo, los estudios que utilizan cebos tóxicos para el control letal de aves en distintas especies han obtenido resultados variados. Por ejemplo, Glahn<sup>(24)</sup> recomendó que la duración del precebado en el campo debe ser de entre tres a cinco días con estorninos (*Sturnus vulgaris*), Cummings y colaboradores<sup>(25)</sup> precebaron durante tres a cuatro días para tordos de alas rojas (*Agelaius phoeniceus*) y Pipas y colaboradores<sup>(26)</sup> mencionaron que al trabajar con pájaros negros (ictéridos) el precebo debe aplicarse hasta que el número de aves alcance su punto máximo, aproximadamente siete días.

Si bien se logró una población de aves estable consumiendo en las EDC, la aceptación del cebo contraceptivo fue deficiente. La mediana del consumo estimado por individuo no superó los 2,1 g/paloma/día, necesarios para causar un efecto en la reproducción de paloma torcaza<sup>(17)</sup>. Si bien los valores de consumo en el establecimiento Las Tres Marías fueron ligeramente mayores que los de Nvisión, se superó el valor de 2,1 g/paloma/día únicamente en un día en una de las EDC.

Basándonos en el consumo del alimento colocado en las EDC, podríamos afirmar que las palomas torcazas habrían aceptado el sistema diseñado para ofrecer el cebo. Sin embargo, ellas concurren a las estaciones atraídas por presencia de trigo en ambas mezclas. Como se registró en el precebado, se logró estabilizar la cantidad de aves que visitaban las estaciones y estas continuaron frecuentándolas durante el tratamiento. La formulación del cebo como pellets no fue elegida por las palomas torcazas, como ya se concluyó en experimentos anteriores (Anexo 1), y por ese motivo las palomas habrían seleccionado el trigo en relación al cebo contraceptivo. Un comportamiento similar fue observado (aunque no pudo ser cuantificado) en el pretratamiento, donde consumieron el trigo en una proporción mayor que los pellets de ponedoras (obs. pers.). A pesar de los resultados detallados en el Anexo 1, se decidió ofrecer el cebo mezclado con trigo para atraer a las palomas a las EDC. Dado que los pellets no serían un alimento preferido por las palomas torcazas, si el cebo se hubiera ofrecido como única opción, las EDC no hubieran sido atractivas para ellas frente a la oferta de alimento presente en el ambiente. VerCauteren y colaboradores<sup>(27)</sup> ofrecieron a gansos de Canadá cebo contraceptivo formulado como pellets, mezclado con un alimento comercial también con forma de pellet. En los sitios de alimentación, los gansos seleccionaron este último alimento mencionado y dejaban el cebo contraceptivo. En el transcurso del tratamiento, cada vez menos individuos visitaban los sitios de alimentación. Según los autores esto indicaba que la nicarbazina contenía un sabor desagradable para esta especie.

El sistema de administración del cebo contraceptivo fue exitoso en disminuir la cantidad de especies no objetivo alimentándose de las EDC. Avery y colaboradores<sup>(14)</sup> utilizaron cebos contraceptivos aplicados en semillas de girasol para cotorra y registraron una proporción de individuos de la especie objetivo que oscilaba entre el 98,8 % y 99,1 %, similares a los encontrados en el presente estudio.

Los resultados obtenidos nos demostraron que es necesario continuar investigando para adaptar la administración del contraceptivo al comportamiento de la paloma torcaza en el sistema productivo utilizado. El siguiente desafío debería ser incorporar el producto a un grano preferido por las palomas torcazas. Posteriormente se debe verificar, mediante experimentos de

cautiverio, que la percepción del sabor y el aspecto que tienen las palomas del grano utilizado no cambie por la adición de nicarbazina. Si no se logra un cebo con estas características, ellas aprenderán a reconocer y rechazar el contraceptivo, como lo hicieron en condiciones de cautiverio y en campo.

## 5. CONCLUSIONES

El sistema diseñado para la administración del cebo fue aceptado por las palomas torcazas. Sin embargo, estas habrían concurrido a las EDC atraídas por el trigo, en función de su consumo diferencialmente más alto que el de contraceptivo. La dosis necesaria para causar un efecto en la reproducción de las palomas no fue lograda con el consumo estimado de nicarbazina en las EDC. Por último, el sistema de suministro del cebo logró atraer en su mayoría palomas torcazas, siendo la cantidad de especies no blanco menor al 2 % de la cantidad total de aves.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por financiar los trabajos mediante fondos INIA-FPTA 352. A la Mesa Tecnológica de Oleaginosos y a la Dirección General de Servicios Agrícolas (MGAP) por brindar apoyo logístico e instalaciones, respectivamente. A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por financiar la beca de doctorado POS\_NAC\_2016\_1\_130028 de Lourdes Olivera. A los asistentes de campo Guillermo Tellechea y Rubén Canavese que colaboraron con los trabajos y a la empresa Innolytics LLC por donar el producto utilizado. Por último, los autores expresan su agradecimiento a todo el personal de los establecimientos Nvisión y Las Tres Marías.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez E, Tiscornia G, Olivera L. Diminución del daño por aves en pequeños predios. Serie FPTA-INIA 29. Montevideo, Uruguay; 2011: 64 p.
2. Olivera L, Tellechea G, Lamanna A, Banchemo G, Fernández E, Rodríguez EN. Diagnóstico y cuantificación de la problemática causada por la concentración de aves en un tambo estabulado de Uruguay. *Rev Argentina Prod Anim.*: 2021
3. Olivera L, Rodríguez E. Aumentando rendimiento cultivos extensivos disminuyendo daño de aves. Serie FPTA - INIA 56; 2014:47p.
4. Rodríguez E, Bruggers RL, Bullard R, Cook R. An Integrated Strategy to Decrease Eared Dove Damage in Sunflower Crops. *Natl Wildl Res Cent Repellents Conf.* 1995: 409–21.
5. Avery ML. Feasibility of applying contraception for reducing crop damage by avian pest species in Uruguay – Final Report Michael L. Avery, PhD US Department of Agriculture National Wildlife Research Center. 2014:29p
6. Fagerstone KA, Coffey MA, Curtis PD, Dolbeer RA, Killian GJ, Miller LA, et al. Wildlife fertility control. *Wildl Soc Tech Rev.* 2002;2(02–2):29p.
7. Fagerstone KA, Miller LA, Killian G, Yoder CA. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-Wildlife conflicts in North America. *Integr Zool.* 2010;5(1):15–30.
8. Yoder CA, Miller LA. Avian Contraceptive Tools: One Size Does Not Fit All. *Proc Vertebr Pest Conf.* 2006;22:110–5.

9. Bynum KS, Eisemann JD, Weaver GC, Yoder CA, Fagerstone KA, Miller LA. Nicarbazin OvoControl G Bait Reduces Hatchability of Eggs Laid by Resident Canada Geese in Oregon. *J Wildl Manage.* 2007;71(1):135–43.
10. Avery ML, Keacher KL, Tillman EA. Development of Nicarbazin Bait for Managing Rock Pigeon Populations. In: *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 22.* 2006:161-121
11. Yoder CA, Miller LA, Bynum KS. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poult Sci.* 2005;84(9):1491–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/ps/84.9.1491>
12. Bynum KS, Yoder C, Eisemann JD, Johnston JJ, Miller LA. Development of nicarbazin as a reproductive inhibitor for resident canada geese. In: *Proceedings of the 11th Wildlife Damage Management Conference.* 2005: 179–89. Available from: <d:%5CDimitri%5CBibliografia%5CArchivio%5CFauna%5CFU00560.pdf>
13. Cuckler AC, Malanga CM, Basso AJ, O'Neill RC. Antiparasitic Activity of Substituted Carbanilide Complexes. *Science.* 1955;122:244–255.
14. Avery ML, Keacher KL, Tillman EA. Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildl Res.* 2008;35(1):80–5.
15. Reinoso V. Contraceptive action of nicarbazin in white pekin ducks. The Pennsylvania State University. Master's Thesis; 2008. 74p
16. Yoder CA, Graham JK, Miller LA, Bynum KS, Johnston JJ, Goodall MJ. Evaluation of nicarbazin as a potential waterfowl contraceptive using mallards as a model. *Poult Sci.* 2006;85(7):1275–84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.7.1275>
17. Olivera L, Pereyra S, Banchemo G, Tellechea G, Sawchik J, Avery ML, Rodríguez E. Nicarbazin as an oral contraceptive in eared doves. *Crop Prot.* 2021;146:105643. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219421001137>
18. Giunchi D, Baldaccini NE, Sbragia G, Soldatini C. On the use of pharmacological sterilisation to control feral pigeon populations. *Wildl Res.* 2007;34(4):306–18.
19. Senar JC, Navalpotro H, Pascual J, Montalvo T. Nicarbazin has no effect on reducing feral pigeon populations in Barcelona. *Pest Manag Sci.* 2020;7(1):131–7.
20. Avery ML, Yoder CA, Tillman EA. Diazacon Inhibits Reproduction in Invasive Monk Parakeet Populations. *J Wildl Manage.* 2008;72(6):1449–52.
21. Rodríguez E, Olivera L. Aumentando la protección de los cultivos de secano y feedlots al daño de aves mediante nuevas técnicas de repelencia. Reporte técnico final no publicado. Proyecto INIA-COPAGRAN-DGSA-FPTA 314. 2017;125p
22. Colin JB, Burgess ND, Hill D. *Bird Census Techniques.* 1st ed. Cambridge: British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds. Academic Press.; 1992. 257 p.
23. Rodríguez E, Olivera L, Muñoz N. Plan piloto - Prueba de cebos repelentes. Proyecto ANII-INIA-DGSA-ESTANCIAS DEL LAGO. 2019.
24. Glahn JF. Use Of starlicide to reduce starling damage at livestock feeding operations. *Gt Plains Wildl Damage Control Work Preceeding.* 1981;273–7.
25. Cummings JL, Glahn JF, Wilson EA, Davis JE. Potential hazards of DRC-1339 treated rice to non-target birds when used at roost staging areas in Louisiana to reduce local populations of depredating blackbirds. *Int Biodeterior Biodegrad.* 2002;49(2–3):185–8.

26. Pipas PA, Cummings JL, Eisemann JD, Engeman RM. Nontarget bird use of DRC-1339 bait sites during operational baiting programs in Louisiana and Texas. USDA Natl Wildl Res Center- Staff Publ. 2003:265p.
27. VerCauteren K, Pipas M, Tope K. Evaluations of nicarbazin-treated pellets for reducing the laying and viability of Canada goose eggs. Wildl Damage Manag Conf -- Proc. 2000: 337-346. Available from: [http://digitalcommons.unl.edu/icwdm\\_wdmconfproc/46](http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_wdmconfproc/46)

## **5. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS**

En esta tesis se estudió la factibilidad del uso de contraceptivos en palomas torcazas como un método complementario para reducir las pérdidas que estas ocasionan en cultivos agrícolas y sistemas ganaderos que suministran grano. Se estudió la efectividad de la nicarbazina para disminuir los parámetros reproductivos de la especie en cautiverio y se avanzó en el conocimiento sobre cómo administrar este producto a las palomas torcazas en condiciones de campo.

Según Kreeger (1997) existen dos componentes fundamentales para el uso exitoso de contraceptivos en vida silvestre. El primero consiste en la caracterización del producto a utilizar y el segundo en la forma de administración a la especie que se desea controlar (especie objetivo). En relación con el primer componente, el compuesto debe ser seguro para los animales que lo consumen y para el ambiente, además de efectivo en causar un impacto en la reproducción de la especie objetivo. El autor menciona que el segundo componente (sistema de administración del producto) también debe ser eficiente y seguro para los animales y el medio. Si aplicamos la premisa de Kreeger (1997) a nuestro estudio, podemos afirmar que obtuvimos un producto que fue efectivo como contraceptivo para palomas torcazas en cautiverio. Sin embargo, debemos continuar con el desarrollo de esta estrategia para el control poblacional. El producto utilizado (nicarbazina) tuvo un impacto significativo en la reproducción de las palomas, disminuyendo 62 % la cantidad de huevos viables y pichones exitosos mediante un consumo de 2,1 g/paloma/día antes de la ovulación (Olivera et al., 2021a).

La investigación futura debería abordar estudios relacionados con la implementación de este método en poblaciones silvestres. Por un lado, mejorar el sistema de administración del cebo para lograr un suministro efectivo de la dosis necesaria a las palomas torcazas. Por otro lado, se debe conocer si la utilización de contraceptivos en campo para la especie objetivo logra disminuir sus parámetros reproductivos en los nidaderos y si finalmente se obtiene una disminución de los daños y las pérdidas que las palomas ocasionan. Estos aspectos se detallarán a continuación.

### **5.1 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL CEBO**

Según Bynum et al. (2005), el cebo ideal de nicarbazina sería aquel altamente apetecible para las palomas y formulado de tal manera que conserve su forma e integridad en

condiciones ambientales adversas (calor, frío y/o precipitación). Además, debe tener un diseño que minimice el consumo de especies no objetivo (forma, textura y friabilidad). Según los estudios realizados en esta tesis, el OvocontrolP® administrado en condiciones de campo no cumple totalmente con estos requerimientos mencionados.

Como varios autores ya lo han mencionado (Giunchi et al., 2007; Avery et al., 2006; Bynum et al., 2005) la nicarbazina tiene escasa palatabilidad para las aves. Esta dificultad ha sido subsanada mediante el desarrollo de distintos tipos de cebos, buscando ser aceptados por las especies objetivo y logrando un consumo de la dosis necesaria para producir un impacto en la reproducción (Avery et al., 2006; Bynum et al., 2005). Para realizar los experimentos en torcazas se adaptó un producto formulado para paloma doméstica que se encuentra fabricado como pellets. Estos fueron partidos en partículas de 0,5 a 3 mm con el objetivo de que las palomas contaran con distintos tamaños de cebo que son de su preferencia (Olivera et al., 2021b). Esta forma de presentar el alimento no fue preferida por las palomas torcazas, al igual que lo obtenido por Rodríguez (1994) y los resultados incluidos en el Anexo 1 de esta tesis. Si bien en condiciones de cautiverio se logró adaptar el cebo para conseguir la aceptación por parejas de palomas torcazas, en los experimentos de campo (capítulo 3) no se logró que las palomas prefirieran este tipo de alimento.

Sería deseable obtener una formulación del cebo que incorpore granos como sustrato, al cual adicionarle la nicarbazina. Esto lograría, potencialmente, un consumo satisfactorio del ingrediente activo por parte de las palomas torcazas. Al presente, en Europa existe un producto contraceptivo (Ovistop®) que utiliza granos de maíz a los cuales se les incorporó nicarbazina de forma tópica. Sin embargo, estos contienen una concentración cinco veces menor que el cebo utilizado en esta tesis. Para usar este producto con palomas torcazas, sería necesario formular la nicarbazina en un tipo de grano preferido por la especie (trigo o sorgo, ver Anexo 1) manteniendo la dosis evaluada de 0,5 % de nicarbazina. Este grano contraceptivo debería respetar los requerimientos mencionados por Bynum et al. (2005), conservando su forma y características químicas en condiciones ambientales adversas y prestando especial atención de no alterar significativamente el aspecto, sabor ni olor del grano utilizado.

Por otra parte, con el sistema de administración de cebo evaluado en condiciones de campo se minimiza la presencia de individuos pertenecientes a otras especies no blanco (capítulo 3 de esta tesis). Esto se consiguió debido a la elección de los sitios utilizados

en los experimentos y sus características. Estos fueron establecimientos de ganadería intensiva que suministraban ración a base de grano. Este tipo de sistemas de producción, así como los tambos y los silos de almacenamiento de semillas, tiene disponibilidad de alimento durante varios meses del año. Tanto la ración que se brinda al ganado como el acopio de granos atraen una alta cantidad de aves, siendo mayoritariamente palomas torcazas (Olivera et al., 2021b; Rodríguez y Olivera, 2017). Más del 90 % de las aves que ingresaron a las estaciones de cebado fueron palomas torcazas. Esto pudo ser debido a dos factores. Por un lado, la proporción alta de individuos de esta especie presente en el sitio. Y por el otro, el comportamiento agresivo que exhiben las palomas torcazas a la hora de alimentarse, que inhibe a los ejemplares de otras especies de aves a utilizar las estaciones de cebado. Por lo tanto, estos sitios anteriormente mencionados, se convierten en una fuente de alimento que atrae diariamente palomas torcazas al lugar que explotan este recurso durante todo el año. Además, estos establecimientos cuentan con fuentes de agua que son accesibles para las palomas, constituyendo lugares aún más atractivos. Según Bucher y Ranvaud (2006), las poblaciones de torcazas estarían controladas por los siguientes factores: un aumento en la oferta de alimentos (granos) que es relativamente estable durante todo el año; disponibilidad de agua para beber, generalmente de ríos, estanques o canales de riego y presencia de áreas adecuadas para la cría en colonias (monte nativo). Por consiguiente, los establecimientos con ganadería intensiva cercanos a parches de monte apropiados para la reproducción de las palomas torcazas serían lugares que favorecerían el incremento, así como el mantenimiento de poblaciones locales de la especie.

## **5.2 APLICACIÓN DE CONTRACEPTIVOS A ESCALA DE CAMPO**

Al utilizar un método de control sobre una población silvestre, la respuesta más esperable sería una disminución en la cantidad de individuos y, por consiguiente, en su densidad poblacional. Sin embargo, existen diferentes impactos posibles, dependiendo de los factores de regulación densodependiente que tenga la especie y sus respuestas al tratamiento aplicado. En algunos escenarios se logra la tendencia deseada de reducir el número de animales, mientras que en otros la población se estabiliza o incluso aumenta (Bomford y O'Brien, 1997). En este sentido, la utilización de modelos poblacionales ayuda a predecir el impacto que los programas de control letal o reproductivo tendrán en las poblaciones locales, regionales o continentales. Además, sirven para proyectar cómo

será la respuesta de los individuos a las acciones de manejo realizadas (Dolbeer, 1998). Un primer paso fundamental para evaluar las estrategias más apropiadas para el control de una población es la determinación de los factores que regulan su densidad. Esto brinda un indicativo de la probabilidad de éxito o fracaso que se tenga en la disminución de una población, con las técnicas aplicadas para controlar la tasa de natalidad (Bomford y O'Brien, 1992). Existen varios factores que influyen en la dinámica poblacional de las aves plaga. Por ejemplo, los nacimientos, las tasas de mortalidad que se dan dependiente e independientemente de la densidad poblacional (predación) y las fluctuaciones por inmigración y emigración de individuos (Feare, 1995). En el caso de la paloma torcaza, esta tiene una estrategia reproductiva que consiste en una importante producción de pichones a lo largo de todo el año (Bucher y Orueta, 1977; Bucher, 1986). Esto genera una alta densidad poblacional regulada principalmente por la tasa de mortalidad densodependiente, la cual está determinada por la cantidad de alimento disponible en el ambiente (Bucher, 1998).

Las respuestas compensatorias que generan las poblaciones pueden tener una gran influencia en su densidad (Bomford y O'Brien, 1992). En la especie de estudio, la mortalidad densodependiente se da principalmente en los juveniles, debido a que estos son menos exitosos en la competencia por el alimento (Bucher, 1998). Por lo tanto, es poco probable que la supresión parcial de la reproducción, utilizada como única medida de manejo, reduzca el tamaño de la población. En este escenario, la disminución en la fertilidad podría solo prevenir el nacimiento de pichones que, de todas maneras, habrían muerto como juveniles por no poder acceder al alimento. De esta forma, sería necesario suprimir la reproducción de esta especie en una proporción muy alta de individuos para causar una disminución en la tasa de crecimiento de la población (Bomford y O'Brien, 1992). Consecuentemente, es esencial complementar esta medida de control poblacional con un impacto en la variable que regula la densidad poblacional de la especie, como es el acceso al alimento.

Para abordar el control poblacional de paloma torcaza sería necesario trabajar simultáneamente con dos metodologías sinérgicas: 1) el uso de contraceptivos, para disminuir la natalidad y 2) la limitación de la disponibilidad de alimento para las aves. Esta estrategia de trabajo ayudaría a contrarrestar la respuesta compensatoria de la población, que se manifestaría al reducir la mortalidad densodependiente causada por el descenso en la tasa de natalidad. Es decir, al disminuir la cantidad de juveniles en la

población y el acceso al alimento, se continuaría dando la competencia entre adultos y juveniles por alimentarse, donde éstos últimos tienen menos posibilidades de ganar. Como se mencionó anteriormente, los establecimientos con ganado que suministran ración con base en granos y los centros de acopio, juegan un rol fundamental en la disponibilidad de alimento para las palomas torcazas durante varios meses del año, principalmente en aquellos con ausencia de cultivos en pie. Cabe destacar que las tasas de inmigración y emigración también tienen un impacto en la dinámica poblacional de la especie (Feare, 1995). En este caso podría causar que nuevos individuos de palomas torcazas lleguen a la población. Por lo tanto, la estrategia antes explicitada debe ser contemplada en una escala de trabajo regional.

Debido a que el uso de contraceptivos es un método a largo plazo, para poder documentar resultados de éxito con esta medida y registrar una reducción en la población puede ser necesario aplicar el tratamiento durante varios años (Avery, 2014). El tiempo en el que debe ser utilizado este método de control dependerá de la proporción de animales afectados en la población, de la tasa de inmigración de nuevos animales al sitio (Avery, 2014) y del éxito que se tenga en contrarrestar la respuesta compensatoria de la especie (mortalidad densodependiente). Actualmente, no conocemos la tendencia poblacional que presentan las palomas torcazas en nuestro país. Es decir, no tenemos cuantificado si el tamaño de la población se mantiene sin cambios respecto a años anteriores o si está en crecimiento debido a la alta disponibilidad de alimento durante todos los meses del año. En consecuencia, no podemos asegurar si el excedente de pichones que se menciona anteriormente muere en la competencia por el acceso al alimento (mortalidad densodependiente) o migra en busca de nuevas fuentes disponibles, logrando sobrevivir y establecerse.

Cabe destacar que el principal objetivo de implementar el uso de contraceptivos en palomas torcazas es mitigar los daños en cultivos y las pérdidas en sitios de acopio de alimento, además de reducir o enlentecer el crecimiento de la población. Según Bomford y O'Brien (1992), los efectos del tratamiento sobre la población objetivo deben ser de suficiente magnitud, rapidez y duración para lograr mitigar los daños. Por lo tanto, es importante insertar el uso de métodos contraceptivos en un plan integrado de manejo de aves plaga (Avery, 2014). Este también debería incluir el uso de distintas técnicas que estén enfocadas en reducir las pérdidas que estas ocasionan, así como restringir el acceso de las palomas a los sitios que ofrecen grandes cantidades de

alimento durante todo el año (silos, tambos y corrales con cría de ganado). Como se detalló en la introducción, para el caso de los cultivos agrícolas, existen diversas alternativas para protegerlos del daño de aves (Rodríguez y Olivera, 2014; Rodríguez et al., 2011). En los establecimientos que acopian grano y/o suministran al ganado se debe limitar el acceso al alimento mediante el uso de cerramientos con redes y/o la instalación de puertas corredizas en galpones. Además, se debe realizar el armado y mantenimiento de los silos de manera tal que impida el ingreso de las aves.

### **5.3 FUTUROS TRABAJOS**

Como se mencionó anteriormente, es necesario continuar adaptando este método para ser aplicado en poblaciones de paloma torcaza. Uno de los siguientes estudios debe ser la evaluación de la eficiencia del tratamiento en las colonias reproductivas que forma la especie. Bucher (1986) y Ethel Rodríguez (com pers. 2021) registraron al menos seis colonias de significativa magnitud en Uruguay, situadas en montes ribereños a lo largo de las costas del río Uruguay y río Negro, siendo factible que existan aún más. Como se fundamentó previamente, los sitios propuestos para instalar las estaciones de cebado son aquellos que suministran grano en la ración y/o almacenan este tipo de insumos (silos). Las estaciones deberían ubicarse en lugares próximos a colonias de nidificación de palomas torcazas y sería recomendable constatar periódicamente que los individuos que se alimentan en los sitios seleccionados efectivamente utilizan las colonias cercanas para reproducirse. Se debe monitorear simultáneamente el consumo de contraceptivo en las estaciones de cebado y las variables reproductivas en los nidaderos cercanos, por ejemplo, número de nidos activos, huevos eclosionados, entre otros. Se debe tener en cuenta que las colonias de nidificación poseen poblaciones en el orden de miles de individuos. Por lo que, la cantidad de estaciones de cebado y recursos humanos que monitoreen el consumo de contraceptivo y las variables reproductivas, es importante para la exitosa implementación del método.

El tratamiento debería realizarse durante los meses de alta actividad reproductiva, de octubre a febrero. Aunque hay evidencia de que las palomas torcazas pueden reproducirse durante todo el año, se ha registrado una mayor actividad en primavera y verano indicada por el número de nidos con huevos o pichones (Bucher y Orueta, 1977) y el tamaño de las gónadas de las aves (Calvo, 2006). Sumado a ello, Maldonado et al. (2020) analizaron las concentraciones plasmáticas de testosterona en machos a lo largo

de un año y encontraron dos valores máximos: uno en octubre y otro en febrero. En el mencionado estudio, los mínimos se registraron entre marzo y julio. La estacionalidad indicada por los trabajos citados también pudo ser observada durante la realización de los experimentos que figuran en el capítulo 2 de esta tesis.

A la hora de planificar la implementación de este método se debe tener en cuenta la escala geográfica y temporal de aplicación. La utilización de métodos contraceptivos para el manejo de aves implica una estrategia a largo plazo, con un impacto que debería incluir un enfoque regional en la instalación del tratamiento (Avery, 2014). Los métodos detallados por Rodríguez y Olivera (2014) y Rodríguez et al. (2011) de prevención del daño (o pérdidas) y protección del cultivo, comprenden una escala predial, tanto en la aplicación del método como en el efecto ocasionado. En el caso de los contraceptivos, si bien estos se aplicarían en predios comerciales, su elección debe ser estratégica para lograr un alcance regional (por ejemplo, litoral oeste y centro del país). En relación con la escala temporal, como ya se mencionó en este capítulo, la contracepción es un método a largo plazo. Por tal motivo, Avery (2014) sugiere que se podrían incorporar medidas intermedias para cuantificar los resultados que se vayan obteniendo, como número de nidos activos y cantidad de pichones emplumados en las áreas de tratamiento. De esa manera, se puede ir documentando un avance paulatino del impacto sobre la población.

## **6. CONCLUSIONES**

La nicarbazina es un contraceptivo efectivo para paloma torcaza en condiciones de cautiverio. El producto OvoControlP® fue aceptado y consumido por las palomas en aviario cuando los pellets eran partidos en partículas de 0,5 a 3 mm de diámetro. Sin embargo, este tipo de cebos no es preferido por las palomas torcazas cuando se ofrece en campo junto con otros tipos de grano.

Para lograr una disminución significativa de los parámetros reproductivos en esta especie es necesario que los individuos consuman un estimado de 2,1 g/día del cebo formulado con 0,5 % de nicarbazina. La hembra debe comenzar el tratamiento previo a la ovulación y continuar la ingesta hasta el estadio de desarrollo del huevo, para mantener una concentración efectiva del ingrediente activo en sangre. El efecto de este producto es reversible. Por lo tanto, cuando se suspende el suministro del contraceptivo, los parámetros reproductivos de las parejas vuelven a sus valores previos al tratamiento.

En relación con el sistema de administración del cebo en el campo, podemos concluir que fue aceptado por las palomas torcazas. Sin embargo, estas concurrieron a las estaciones de cebado atraídas por el trigo y rechazaron el contraceptivo. El consumo estimado de nicarbazina por las palomas torcazas fue insuficiente para causar un efecto en su reproducción. El sistema de suministro del cebo logró atraer en su mayoría palomas torcazas, siendo la cantidad de especies no blanco menor al 2 % de la cantidad total de aves.

Esta tesis deja planteados varios desafíos para continuar investigando en el futuro. En primer lugar, es necesario desarrollar un cebo contraceptivo que sea preferido por las palomas torcazas en el campo. Este paso es crucial para lograr un consumo satisfactorio de nicarbazina en las estaciones de cebado. Posteriormente, se debe evaluar la eficiencia del tratamiento en colonias reproductivas de la especie, midiendo el impacto del consumo de cebo en las variables reproductivas de los nidaderos. Por último, es de gran importancia insertar el uso de métodos contraceptivos en un plan integrado de manejo de aves, complementando distintas técnicas que estén enfocadas en reducir las pérdidas que estas ocasionan y limitar la disponibilidad de alimento para las palomas a escala regional (cerramientos en acopio de alimento para el ganado, estrategias de protección de cultivos, etc.).

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Addy Orduna L, Canavelli SB. 2010. Químicos para el manejo del daño por aves en cultivos. Ediciones INTA. E.E.A. Paraná. Serie Técnica N° 58. 78p.
- Albonetti P, Marletta A, Repetto I, Sasso E. 2015. Efficacy of nicarbazin (Ovistop®) in the containment and reduction of the populations of feral pigeons (*Columba livia* var. *domestica*) in the city of Genoa, Italy: a retrospective evaluation. *Veterinaria Italiana*, 51 (1): 63–72. <https://doi.org/10.12834/VetIt.337.1448.3> Último acceso 26/07/2022
- Avery ML. 2014. Feasibility of applying contraception for reducing crop damage by avian pest species in Uruguay – Final Report Michael L. Avery , PhD US Department of Agriculture National Wildlife Research Center. 29p.
- Avery ML, Keacher KL, Tillman EA. 2008a. Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildlife Research*, 35 (1): 80–85.  
<https://doi.org/10.1071/WR07017>
- Avery ML, Yoder CA, Tillman EA. 2008b. Diazacon Inhibits Reproduction in Invasive Monk Parakeet Populations. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (6): 1449–1452.
- Avery ML, Keacher KL, Tillman EA. 2006. Development of Nicarbazin Bait for Managing Rock Pigeon Populations. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 22*: 116–121.
- Bomford M, O’Brien P. 1997. Potential Use of Contraception for Managing Wildlife Pest in Australia, in: Kreeger, T.L. (Ed.), *Contraception in Wildlife Management*. United States Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service, pp. 205–214.
- Bomford M, O’Brien P. 1992. A role for fertility control wildlife management in Australia. *Proceedings of the Fifteenth Vertebrate Pest Conference*. 344–347.
- Bomford M. 1990. A role for fertility control in wildlife management?. *Bureau of Rural Resources Bulletin N° 7*. Australian Government Publishing Service, Canberra, Canberra. 50 p.
- Bou N, Dardanelli S, Olivera L, Tellechea G, Addy Orduna L, Canavelli S, Rodríguez E. 2016. Desarrollo de un método para evaluar el daño ocasionado por aves en

- cultivos comerciales de soja recién emergida. *Idesia* 34 (6): 67–74.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000036> Último acceso 26/07/2022
- Bruggers RL, Rodríguez E, Zaccagnini ME. 1998. Planning for bird pest problem resolution: A case study. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 42: 173–184. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(98\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(98)00046-8) Último acceso 26/07/2022
- Bucher EH, Ranvaud RD. 2006. Eared dove outbreaks in South America: patterns and characteristics. *Acta Zoologica Sinica*, 52: 564–567.
- Bucher EH, 1998. Palomas: biología y dinámica poblacional, en: Rodríguez E, Zaccagnini ME. (Eds.). *Manual de capacitación sobre el manejo integrado de aves perjudiciales a la agricultura*. DENAD International, Montevideo, Uruguay. 41–47.
- Bucher EH. 1986. The influence of changes in regional land-use patterns on Zenaida Dove populations. *Granivorous birds in the Agricultural Landscape*, 291–303.
- Bucher EH. 1985. *Ecología de aves plaga en el Uruguay*. Food and Agriculture Organization United Nations. Montevideo, Uruguay. 26 p.
- Bucher EH, Orueta A. 1977. Ecología de la reproducción de la paloma *Zenaida auriculata*. *Ecosur*, 4: 157–185.
- Bucher EH, Nores M. 1973. Alimentación de pichones de la paloma *Zenaida auriculata*. *El Hornero*, 11 (03): 209–216.
- Bynum KS, Eisemann JD, Weaver GC, Yoder CA, Fagerstone KA, Miller LA. 2007. Nicarbazin OvoControl G Bait Reduces Hatchability of Eggs Laid by Resident Canada Geese in Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 71 (1): 135–143.  
<https://doi.org/10.2193/2005-603> Último acceso 26/07/2022
- Bynum KS, Yoder C, Eisemann JD, Johnston JJ, Miller LA. 2005. Development of nicarbazin as a reproductive inhibitor for resident Canada geese, en: *Proceedings of the 11th Wildlife Damage Management Conference*. 179–189.
- Calvo MV. 2006. Alimentación de la paloma *Zenaida auriculata* en un área dedicada a la actividad cinegética en Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 35 p.
- Cuckler AC, Malanga CM, Basso AJ, O'Neill RC. 1955. Antiparasitic Activity of

- Substituted Carbanilide Complexes. *Science*, 122: 244–255.
- Dardanelli S, Fandiño B, Calamari NC, Canavelli SB, Zaccagnini ME. 2016. ¿Eligen las palomas y cotorras los lotes de soja (*Glycine max*) en emergencia? Un caso de estudio en agroecosistemas de Entre Ríos, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87: 1308–1314. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.09.006> Último acceso 26/07/2022
- Dardanelli S, Calamari NC, Canavelli SB, Zaccagnini ME. 2011. Biología de la paloma mediana (*Zenaida auriculata*), manchada (*Patagioenas maculosa*) y picazuró (*Patagioenas picazuro*). En: INTA EEA Paraná. Serie Extensión. 11–22.
- Dell’Omo G, Palmery M. 2002. Fertility control in vertebrate pest species. *Contraception*, 65: 273–275. [https://doi.org/10.1016/S0010-7824\(02\)00285-8](https://doi.org/10.1016/S0010-7824(02)00285-8) Último acceso 26/07/2022
- Dolbeer, RA. 1998. Population dynamics: The foundation of wildlife damage management for the 21st century Proceeding. Eighteenth Vertebrate Pest Conference: 18. 2 – 11. <https://doi.org/10.5070/v418110312> Último acceso 26/07/2022
- Echevarria H, Enriquez A. 2016. Daño por palomas en capítulos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en la provincia de La Pampa. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. 22 p.
- Eisemann JD, Fagerstone KA, O’Hare JR. 2006. Wildlife Contraceptives: A Regulatory Hot Potato. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22. 63–66. <https://doi.org/10.5070/v422110288> Último acceso 26/07/2022
- Elanco Animal Health. 2017. Environmental Assessment for the Use of Maxiban™ (narasin and nicarbazin) in Feed for Prevention of Coccidiosis in Broiler Chickens. Environmental assessment report. Greenfield, USA. 157 p
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2005. Pesticide Fact Sheet. United States Environmental Protection Agency. [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-085712\\_01-Nov-05.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-085712_01-Nov-05.pdf) Último acceso 26/07/2022
- Fagerstone KA, Miller LA, Killian G, Yoder CA. 2010. Review of issues concerning

the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-Wildlife conflicts in North America. *Integrative Zoology*, 5(1): 15–30.

<https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00185.x> Último acceso 26/07/2022

Fagerstone KA, Miller LA, Eisemann JD, O'Hare JR., Gionfriddo JP. 2008. Registration of wildlife contraceptives in the United States of America, with OvoControl and GonaCon immunocontraceptive vaccines as examples. *Wildlife Research*. 35, 586–592. <https://doi.org/10.1071/WR07166> Último acceso 26/07/2022

Fagerstone KA, Coffey MA, Curtis PD, Dolbeer RA, Killian GJ, Miller LA, Wilmot LM. 2002. Wildlife fertility control. *Wildlife Society Technical Review*. 29 pp.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization United Nations/World Health Organization). 1999. Evaluation of Certain Veterinary Drug Residues in Food: fiftieth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization, WHO technical report series 888, Genova. 66-71.

Feare CJ. 1995. Control of bird pest populations, in: Perrins, CM., Lebreton, JD., Hirons, GJ. (Eds.), *Birds Population Studies*. Oxford University Press, pp. 463–478.

Feare CJ. 1991. Bird pests in Argentina and Uruguay. Consultant's report on Non-lethal control: chemosterilants. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 28 p. [Datos sin publicar].

Giunchi D, Baldaccini NE, Sbragia G, Soldatini C. 2007. On the use of pharmacological sterilisation to control feral pigeon populations. *Wildlife Research*, 34(4): 306–318. <https://doi.org/10.1071/WR06153> Último acceso 26/07/2022

Guynn DCJ. 1997. Contraception in Wildlife Management : Reality or Illusion ?, en: Kreeger TJ (Ed.). *Contraception in Wildlife Management*. U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, United States of America. 241–245.

Johnston JJ, Britton W, Macdonald A, Primus T, Goodall M, Yoder C, Miller L, Fagerstone K. 2001. Quantification of plasma and egg 4, 4' dinitrocarbanilide (DNC) residues for the efficient development of a nicarbazin-based contraceptive for pest waterfowl. *Pest Management Science*, 58: 197–202.

<https://doi.org/10.1002/ps.439> Último acceso 26/07/2022

Jones JE, Solis J, Hughes BL, Castaldo DJ, Toler JE. 1990. Reproduction responses of broiler-breeders to anticoccidial agents. *Poultry science*, 69(1): 27–36.

<https://doi.org/10.3382/ps.0690027> Último acceso 26/07/2022

Kirkpatrick JF, Lyda RO, Frank KM. 2011. Contraceptive Vaccines for Wildlife: A Review. *American Journal of Reproductive Immunology*, 66: 40–50.

Kirkpatrick JF, Turner JW. 1985. Chemical Fertility Control and Wildlife Management.

*Bioscience*, 35: 485–491. <https://doi.org/10.2307/1309816> Último acceso 26/07/2022

Kreeger, T.L., 1997. Overview of Delivery Systems for the Administration of Contraceptives to Wildlife, in: Kreeger, TL. (Ed.), *Contraception in Wildlife Management*. United States Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service, pp. 29–48.

Linz GM, Bucher EH, Canavelli SB, Rodríguez E, Avery ML. 2015. Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation: A review. *Crop Protection*, 76: 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.005> Último acceso 26/07/2022

Maldonado L, Tempesti TC, Somoza GM, Peluc SI, Valdez DJ. 2020. Reproduction in the Eared Dove: An exception to the classic model of seasonal reproduction in birds? *Zoology* 140, 125769. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125769> Último acceso 26/07/2022

Olivera L, Pereyra S, Banchemo G, Tellechea G, Sawchik J, Avery ML, Rodríguez E. 2021a. Nicarbazin As an Oral Contraceptive in Eared Doves. *Crop Protection*, 146, 105643. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105643> Último acceso 26/07/2022

Olivera L, Tellechea G, Lamanna A, Banchemo G, Fernández E, Rodríguez EN. 2021b. Diagnóstico y cuantificación de la problemática causada por la concentración de aves en un tambo estabulado de Uruguay. Artículo aceptado en la *Revista Argentina de Producción Animal*.

Olivera L, Rodríguez E, Pereyra S, Sawchik J, Ceretta J, Banchemo G. 2020. Evaluación de la aceptación de distintas presentaciones de un contraceptivo oral en palomas torcazas. *Revista FAVE Ciencias Agrarias*, 19 (1): 55–66.

<https://doi.org/10.14409/fa.v19i1.9453> Último acceso 26/07/2022

- Olivera L, Rodríguez E. 2014. Aumentando rendimiento cultivos extensivos disminuyendo daño de aves. Serie FPTA – INIA. 47 p.
- Pochop PA, Cummings JL, Steuber JE, Yoder CA. 2016. Effectiveness of Several Oils to Reduce Hatchability of Chicken Eggs. *The Journal of Wildlife Management*, 62 (1): 395–398.
- Porter CC, Gilfillan JL. 1955. The Absorption and Excretion of Orally Administered Nicarbazin by Chickens. *Poultry Science*, 34 (5): 995–1001.  
<https://doi.org/10.3382/ps.0340995> Último acceso 26/07/2022
- Reinoso V. 2008. Contraceptive action of nicarbazin in white pekin ducks. Master of Science. Pennsylvania, United States of America. The Pennsylvania State University. 74 p.
- Robles J, Jacobsen SE, Rasmussen C, Otazu V, Mandujano J. 2003. Plagas de aves en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central. *Revista Peruana de Entomología*, 43 147–151.
- Rodríguez E, Olivera L. 2017. Aumentando la protección de los cultivos de secano y feedlots al daño de aves mediante nuevas técnicas de repelencia. Reporte técnico final no publicado. Proyecto INIA-COPAGRAN-DGSA-FPTA 314.
- Rodríguez E, Olivera L. 2014. Guía de buenas prácticas para el manejo de aves plagas en cultivos de secano. Montevideo, Uruguay. 24 p.  
[http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA La Estanzuela/Noticias/Guía de aves plaga/Guía de buenas practicas para el manejo de aves plagas\\_final.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA%20La%20Estanzuela/Noticias/Guía%20de%20aves%20plaga/Guía%20de%20buenas%20practicas%20para%20el%20manejo%20de%20aves%20plagas_final.pdf)
- Rodríguez E, Tiscornia G, Olivera L. 2011. Disminución del daño por aves en pequeños predios. Serie FPTA – INIA n° 29. 64 p.
- Rodríguez E, Tiscornia G. 2002. Evaluación de alternativas de control de la cotorra (*Myiopsitta monachus*). Serie FPTA – INIA n° 08, Montevideo, Uruguay. 48 p.
- Rodríguez E, Bruggers RL, Bullard R, Cook R. 1995. An Integrated Strategy to Decrease Eared Dove Damage in Sunflower Crops. National Wildlife Research Center Repellents Conference. 409–421.
- Rodríguez E. 1994. An integrated strategy to decrease Eared Dove damage in

- sunflowers. Colorado State University.
- Scalora FS, Casmuz AS, Cazado LE, Aralde MR, Aybar M, Gómez M, Fadda LA. Colledani GA, Fernández JL, Vera MA, Gómez CH, Gastaminza GA. 2013. Evaluación del daño ocasionado por la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*) en el cultivo de soja, en las campañas 2011/2012 y 2012/2013. Publicación especial - Estación Experimental Agro-Industrial Obispo Colombres. 161-166.
- Senar JC, Navalpotro H, Pascual J, Montalvo T. 2020. Nicarbazin has no effect on reducing feral pigeon populations in Barcelona. *Pest Management Science*, 7(1): 131–137. <https://doi.org/10.1002/ps.6000> Último acceso 26/07/2022
- Stahl RS, VerCauteren KC, Kohler D, Johnston JJ. 2003. 4,4'-dinitrocarbanilide (DNC) concentrations in egg shells as a predictor of nicarbazin consumption and DNC dose in goose eggs. *Pest Management Science*, 59(9): 1052–1056. <https://doi.org/10.1002/ps.746> Último acceso 26/07/2022
- Sturtevant J. 1970. Pigeon control by chemosterilization: population model from laboratory results. *Science* 170, 322–324. <https://doi.org/10.1126/science.170.3955.322> Último acceso 26/07/2022
- Tellechea G, Rodríguez E. 2016. Prospección del uso de métodos contraceptivos en dos aves plaga de agricultura de Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 37 p.
- VerCauteren KC, Marks DR. 2002. Feasibility of administering an oral reproductive inhibitor to resident Canada geese. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 20: 187–193. <https://doi.org/10.5070/v420110053> Último acceso 26/07/2022
- Vitti D, Zuil S. 2012. Evaluaciones del daño generado por aves en girasol. *Voces y ecos* 29: 11–13.
- Wentworth BC, Hendricks BG, Sturtevant J. 1968. Sterility Induced in Japanese Quail by Spray Treatment of Eggs with Mestranol. *The Journal of Wildlife Management*, 32(4): 879–887. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/3799565> Último acceso 26/07/2022
- Werner SJ, Gottlob M, Dieter CD, Stafford JD. 2019. Application strategy for an anthraquinone-based repellent and the protection of soybeans from Canada goose depredation. *Human-Wildlife Interactions* 13(2): 308–316

- Yoder CA, Avery ML, Keacher KL, Tillman EA. 2007. Use of DiazaCon™ as a reproductive inhibitor for monk parakeets (*Myiopsitta monachus*). *Wildlife Research*, 34(1): 8–13. <https://doi.org/10.1071/WR06069> Último acceso 26/07/2022
- Yoder CA, Graham JK, Miller LA. 2006a. Molecular effects of nicarbazin on avian reproduction. *Poultry Science*, 85: 1285–1293. <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1285> Último acceso 26/07/2022
- Yoder CA, Graham JK, Miller LA, Bynum KS, Johnston JJ, Goodall MJ. 2006b. Evaluation of nicarbazin as a potential waterfowl contraceptive using mallards as a model. *Poultry Science*, 85: 1275–1284. <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1275> Último acceso 26/07/2022
- Yoder CA, Graham JK, Miller LA, Bynum KS, Johnston JJ, Goodall MJ. 2006c. Effect of method of delivering nicarbazin to mallards on plasma 4,4'-dinitrocarbanilide levels and reproduction. *Poultry Science* 85, 1442–1448.
- Yoder CA, Miller LA. 2006. Avian Contraceptive Tools: One Size Does Not Fit All. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22: 110-115. <https://doi.org/10.5070/v422110263> Último acceso 26/07/2022
- Yoder CA, Miller LA, Bynum KS. 2005. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poultry Science*, 84(9): 1491–1494. <https://doi.org/10.1093/ps/84.9.1491> Último acceso 26/07/2022
- Yoder CA, Andelt WF, Miller LA, Johnston JJ, Goodall MJ. 2004. Effectiveness of twenty, twenty-five diazacholesterol, avian gonadotropin-releasing hormone, and chicken riboflavin carrier protein for inhibiting reproduction in coturnix quail. *Poultry Science*, 83(2): 234–244. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.23> Último acceso 26/07/2022

## **ANEXO I. EVALUACIÓN DE LA PREFERENCIA DEL CEBO CONTRACEPTIVO EN COMPARACIÓN CON OTROS TIPOS DE GRANO**

### **RESUMEN**

La nicarbazina ha sido utilizada en varias especies de aves y se han documentado dificultades de palatabilidad en el consumo de los cebos contraceptivos. No se encontraron estudios en los que se suministre este compuesto a palomas torcazas. Por lo tanto, se decide realizar una primera evaluación de preferencia con dos cebos formulados para otras especies de aves, pero pasibles de ser consumidos por palomas torcazas. El objetivo del presente estudio fue medir la preferencia de palomas torcaza en cautiverio por dos cebos contraceptivos frente a tres tipos de granos. Luego de la cuarentena y la aclimatación de las palomas torcazas a la jaula, se les ofreció diariamente por 21 días consecutivos uno de los dos formulados y tres tipos de granos ya conocidos por las palomas como maíz, sorgo y trigo. Los cebos contraceptivos contenían 0,5 % de nicarbazina: el OvocontrolP® utilizado para paloma doméstica (*Columba livia*) y el OvocontrolS® formulado para gorriones (*Passer domesticus*). El consumo del contraceptivo por día fue significativamente menor al de maíz, trigo y sorgo para los dos tipos de cebos evaluados ( $F=20,5$ ;  $p<0,05$ ). Al analizar el consumo de granos y OvocontrolP® entre semanas, la ingesta de contraceptivo se mantuvo estable durante las tres semanas del experimento al igual que el sorgo. El consumo de maíz disminuyó en la segunda y tercera semana, al compararlo con la primera ( $CV=17,7$ ;  $p<0,05$ ). El trigo fue menos consumido en la tercera semana ( $CV=10,5$ ;  $p<0,05$ ). Con OvocontrolS® la ingesta de contraceptivo disminuyó en la segunda y tercera semana del experimento ( $CV=21,4$ ;  $p<0,05$ ), también variando el consumo del resto de los granos ( $CV=9,6$ ;  $p<0,05$  trigo;  $CV=6,6$ ;  $p<0,05$  maíz;  $CV=9,0$ ;  $p<0,05$  sorgo). Podemos concluir que los dos tipos de cebo contraceptivos evaluados no fueron preferidos por las palomas torcazas en condiciones de cautiverio, optando por consumir aquellos granos ya conocidos como el trigo y el sorgo. Como indican los antecedentes con otras especies de aves, las formulaciones con nicarbazina evaluadas en el presente estudio también mostraron baja palatabilidad para palomas torcazas. Estos resultados nos llevaron al primer desafío de esta tesis, que fue adaptar el cebo para que las palomas lo consuman en condiciones de cautiverio.

## PRUEBAS DE PREFERENCIA CON DOS CEBOS CONTRACEPTIVOS ORALES EN PALOMA TORCAZA

OLIVERA, L.<sup>1</sup>; PEREYRA, S.<sup>2</sup>; SAWCHIK, J.<sup>2</sup>; BANCHERO, G.<sup>2</sup>; RODRÍGUEZ, E.<sup>3</sup>

1. Profesional independiente. Correo electrónico: lourdes.m.olivera@gmail.com
2. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Ruta 50, Km 11. Colonia, Uruguay.
3. Dirección General de Servicios Agrícolas. Av. Millán 4703. Montevideo. Uruguay.

### RESUMEN

Las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) ocasionan daño en cultivos de cereales y oleaginosos, además de producir pérdidas de ración en establecimientos con bovinos para carne estabulado. Es necesario complementar las técnicas ya existentes para disminuir estos daños con medidas de control poblacional como el uso de contraceptivos, formando parte de una estrategia de manejo integrado. El objetivo del presente estudio fue medir la preferencia de aves en cautiverio por dos tipos de cebos contraceptivos, comparándolos con diferentes tipos de granos. Ambos productos fueron formulados con 0,5 % de nicarbazina: OvocontrolP® para paloma doméstica (*Columba livia*) y OvocontrolS® para gorriones (*Passer domesticus*). Luego de la cuarentena y la aclimatación de las palomas torcazas a la jaula, se les ofreció por 21 días consecutivos tres tipos de granos (maíz, sorgo y trigo) simultáneamente con uno de los cebos (cuatro ítems por jaula por día). El consumo del contraceptivo por día fue significativamente menor al de maíz, trigo y sorgo, para los dos tipos de cebos evaluados ( $F=20,5$ ;  $p<0,05$ ). La ingesta de contraceptivo OvocontrolP® se mantuvo estable durante las tres semanas del experimento al igual que la de sorgo. En este mismo experimento, el consumo de maíz disminuyó en la segunda y tercera semana, al compararlo con la primera ( $CV=17,7$ ;  $p<0,05$ ). El trigo fue menos consumido en la tercera semana ( $CV=10,5$ ;  $p<0,05$ ). La ingesta de contraceptivo OvocontrolS® disminuyó en la segunda y tercera semana del experimento ( $CV=21,4$ ;  $p<0,05$ ), al igual que el maíz ( $CV=6,6$ ;  $p<0,05$ ). Por el contrario, el consumo de sorgo aumentó en las últimas dos semanas ( $CV=9,0$ ;  $p<0,05$ ) y el trigo fue menos consumido en la tercera semana ( $CV=9,6$ ;  $p<0,05$ ). Se concluye que las palomas torcazas en condiciones de cautiverio presentaron mayor preferencia por granos respecto a los dos tipos de cebo contraceptivos evaluados.

Palabras clave: *Zenaida auriculata*, nicarbazina, Ovocontrol®

## ABSTRACT

Eared doves (*Zenaida auriculata*) cause significant losses in cereal and oilseed crops, in addition to feedlot livestock production. Several strategies have proved useful to reduce damage. However, additional control measures, such as of the use of contraceptives methods, need to be integrated in eared doves population management. The objective of this study was to measure the preference of two types of contraceptives bait, comparing them in captivity with different types of grains. Both products were formulated with nicarbazin 0.5 %: OvocontrolP® for domestic pigeons (*Columba livia*) and OvocontrolS® for house sparrows (*Passer domesticus*). Doves were offered three types of grains (sorghum, wheat and corn) on a daily basis for 21 consecutive days after quarantine and acclimatization to cage confinement. Grains and contraceptive were offered simultaneously with one of the baits (four items per cage per day). For both bait types, contraceptive consumption per day was significantly lower than corn, wheat and sorghum intake ( $F = 20.5$ ;  $p < 0.05$ ). When consumption of all feed types among weeks were considered, OvocontrolP® contraceptive intake remained unchanged during the three weeks of the experiment, as well as sorghum intake. Corn consumption decreased in the second and third week, compared to the first one ( $CV = 17.7$ ,  $p < 0.05$ ). The lowest wheat consumption occurred during the third week ( $CV = 10.5$ ,  $p < 0.05$ ). OvocontrolS®, contraceptive and corn intake decreased in the second and third week of the experiment ( $CV = 21.4$ ;  $p < 0.05$  and  $CV = 6.6$ ;  $p < 0.05$ , respectively). On the contrary, sorghum consumption increased in the last two weeks ( $CV = 9.0$ ;  $p < 0.05$ ) and wheat was less consumed in the third week ( $CV = 9.6$ ;  $p < 0.05$ ). It was concluded that doves in captivity preferred grains rather than the two types of contraceptive baits that we evaluated in this study.

Key words: *Zenaida auriculata*, nicarbazina, Ovocontrol®

## INTRODUCCIÓN

En Uruguay, las palomas torcazas (*Zenaida auriculata*) ocasionan daño en cultivos de cereales y oleaginosos (Rodríguez et al., 2011), además de producir pérdidas de ración en establecimientos con ganado estabulado (Olivera et al., 2021). Desde la década del 80, las estrategias de manejo se han enfocado en medidas de prevención de los daños y protección del cultivo, desarrollando e implementando métodos de repelencia física y química (Olivera y Rodríguez, 2014; Rodríguez et al., 2011, 1995). Dichas técnicas aplicadas correctamente son efectivas para disminuir los daños a escala predial. Sin embargo, en algunos escenarios, el tamaño de la población de aves instalada en el cultivo es tan grande que es necesario complementar estas técnicas con medidas de control poblacional como parte de una estrategia de manejo integrado (Avery, 2014).

El uso de contraceptivos es una herramienta de manejo de fauna que se basa en el control de la población mediante la disminución de las tasas de nacimiento (Bomford, 1990). Existen distintos compuestos naturales y químicos que se pueden utilizar como contraceptivos para aves (Fagerstone et al., 2010, 2002; Yoder y Miller, 2006). Estos logran reducir la capacidad reproductiva interfiriendo con la postura o la eclosión de los huevos. En las últimas décadas, la investigación se ha centrado en dos químicos. Uno es el inhibidor de colesterol 20,25-diazacolesterol dihidrocloruro (diazacolesterol) y el otro es la nicarbazina. Estos son dos contraceptivos orales con los que se obtiene una disminución de tasas reproductivas en laboratorio y pequeños predios (Bynum et al., 2007; Avery et al., 2006; Yoder et al., 2005; Bynum et al., 2005).

La nicarbazina está registrada como contraceptivo en Estados Unidos y Australia bajo el nombre comercial OvoControl®, mientras que en Italia y España es llamada Ovistop®. Este compuesto es una sal bimodal que consiste en dos componentes: el DNC (4, 4'-dinitrocarbanilide), componente activo y el HDP (hydroxy-4, 6-dimethylpyrimidine), que actúa como adyuvante (Cuckler et al., 1955). Su efecto contraceptivo fue descubierto accidentalmente al observar que las gallinas ponedoras a las que se suministraba esta droga presentaban menor producción de huevos y número de eclosiones (Jones et al., 1990). La nicarbazina ha sido probada en varias especies como gansos de Canadá (*Branta canadenses*), palomas domésticas (*Columba livia*), codorniz (*Coturnix coturnix*), patos (*Anas platyrhynchos domesticus* y *Anas platyrhynchos*) y gallinas (*Gallus gallus*) (Avery et al., 2008; Reinoso, 2008; Bynum et al., 2007; Yoder et al., 2006).

Un aspecto fundamental en el uso de esta herramienta de manejo es la correcta administración del producto a las aves para que alcancen la dosis necesaria que

cause un efecto en su ciclo reproductivo (Avery et al., 2006). La nicarbazina presenta desafíos en su palatabilidad y formulación del cebo contraceptivo. Se observó que este compuesto no es palatable para gansos de Canadá (Bynum et al., 2005), por lo que se han propuestos distintas formulaciones de cebo para hacerlo más atractivo. Se probó la aplicación de forma tópica sobre granos de maíz partidos, mezclada con aceite y leche en polvo. Con esta técnica el cebo fue consumido por los gansos de Canadá, pero se descartó debido a problemas de estabilidad del compuesto y al consumo por especies no blanco (Bynum et al., 2005). También se utilizaron pellets a base de harina de maíz o harina de trigo, siendo este último aceptado por las aves (Bynum et al., 2005). Para paloma doméstica, Avery *et al.* (2006) estudiaron diferentes cebos formulados como pellets, y aquellos recubiertos con aceite lograban una mejor digestión del contraceptivo para producir un efecto en la reproducción.

Debido a que la nicarbazina es excretada rápidamente del cuerpo del ave, se debe administrar diariamente la dosis necesaria para que el tratamiento sea eficaz. Es importante diseñar una estrategia de administración del producto que garantice un consumo en días consecutivos de la especie problema (Avery et al., 2006). Debido a las dificultades de palatabilidad documentadas en otras especies de aves, realizamos una evaluación de preferencia de cebos contraceptivos en comparación con otros tipos de granos de cereales ya conocidos por las palomas. El objetivo del presente estudio fue medir la preferencia de palomas torcaza en cautiverio por dos tipos de cebo OvoControl®, comparándolos con diferentes tipos de granos de cereales.

## METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo desde mayo de 2018 a febrero de 2019 en los aviarios ubicados en la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSSAA). Ambos poseen luz natural y temperatura controlada entre 15 y 30°C. Las evaluaciones constaron de tres etapas: captura de las palomas, cuarentena y experimentación.

### **Captura de las palomas**

Se utilizaron dos trampas de suelo colocadas en el establecimiento Estancias del Lago (33° 20' 27,58"S; 56° 33' 50,40"O; departamento de Durazno, Uruguay). Los ejemplares fueron llevados a la DGSSAA y colocados en el "aviario sucio" para comenzar la siguiente etapa.

### **Cuarentena**

Las palomas se ubicaron en jaulas individuales de 40,5 cm de largo, 23,5 cm de alto y 24,0 cm de profundidad, elaboradas de malla de alambre de 1,5 por 13,0 cm de

sección. Cada jaula posee dos comederos metálicos externos, un bebedero y un posadero.

La fase de cuarentena duró 22 días. Las aves fueron suministradas con antibióticos, antiparasitario, vitaminas y aminoácidos (Cuadro 1) con el fin de lograr un óptimo estado físico, similar en todos los individuos, y prevenir enfermedades en las etapas posteriores del experimento.

Cuadro 1. Antibióticos, desparasitarios, vitaminas, aminoácidos y suplementos suministrados a las aves en agua del bebedero durante la cuarentena,

<b>Producto</b>	<b>Nombre comercial, laboratorio y lugar</b>	<b>Dosis</b>	<b>Días del suministro</b>
Metronidazole	Metronidazole, Formulado por Veterinaria Garibaldi, Montevideo, Uruguay	4,6 g/L	5
Piperazina	Piper Vetcross, Portinco S.A, Montevideo, Uruguay	4 g/L	1
Sufametazina y sulfaquinoxalina sódica	Nitro Sulfa Aviar, Laboratorios Sur, Montevideo, Uruguay	2 mL/L	6
Vitaminas y aminoácidos	Promotor L, Calier, Montevideo, Uruguay	1 mL/L	2

Durante esta etapa se ofreció alimento y agua *ad libitum* en forma diaria. La ración de mantenimiento consistía en partes iguales de granos de trigo y sorgo enteros y maíz picado. Culminado este período, las palomas fueron transportadas al aviario experimental donde se llevó a cabo la tercera etapa.

### **Experimentación**

Se colocó un individuo en cada jaula de 1,20 x 1,20 m, con 0,85 m de profundidad. Estas consistían en una estructura de hierro a la cual se le colocó un piso de malla electrosoldada de 2,5 cm de sección y red de hilo anudado de 1 cm x 1cm de sección en el resto de los lados.

Durante los primeros cinco días se midió el consumo diario de alimento por jaula, mientras se permitió a las aves la aclimatación al nuevo lugar. En todos los experimentos se colocó un comedero, fuera del alcance de las aves, con cada tipo de alimento evaluado. El comedero externo tuvo el propósito de registrar cambios en el

peso ocasionados por ganancia o pérdida de humedad. Se calculó el consumo de alimento, por paloma, por día (C) como:  $C = P_{iaju} - P_f$ , siendo  $P_f$ : peso final en el comedero de la jaula y  $P_{iaju}$ : peso inicial en función de la variación medida en el comedero sin acceso a las aves.  $P_{iaju}$  fue calculada como:  $P_{iaju} = (P_i * P_{ft}) / P_{it}$ , siendo  $P_i$ : peso inicial en el comedero de la jaula,  $P_{it}$ : peso inicial en el comedero sin acceso a las aves y  $P_{ft}$ : peso final en el comedero sin acceso a las aves.

Se calculó el consumo diario de alimento promedio de las aves por día. A este valor se lo denominó consumo diario medido (CDM). Se promediaron los CDM de los cinco días y este valor fue utilizado de referencia para la rutina de los experimentos.

Culminada la aclimatación, se ofreció a las aves los alimentos a evaluar. Los productos utilizados fueron dos formulaciones de OvoControl® con una concentración de nicarbazina de 0,5 %. Ambos fueron formulados como pellets por Innolytics LLC (Rancho Mirage, Estados Unidos). El OvoControlP® está registrado para paloma doméstica (*Columba livia*) en Estados Unidos, con excepción del estado de New Hampshire. Su formulación es en forma de pellet cilíndricos de aproximadamente 7,0 mm de largo y 5,0 mm de diámetro. El OvocontrolS® es una nueva formulación de contraceptivo para gorriones (*Passer domesticus*), también de forma cilíndrica, con tamaño de pellet de 1,5 mm de largo y diámetro, aún en fase de experimentación por Innolytics.

Se llevaron a cabo dos experimentos en los que se evaluó un tipo de cebo contraceptivo en cada uno. En el primero se evaluó OvocontrolP® en 15 palomas torcazas y en el segundo se probó OvocontrolS® en 10 palomas. El resto de los aspectos metodológicos fueron exactamente igual en ambos experimentos.

A las 9:30 h, se les ofreció a las palomas torcazas cuatro ítems simultáneamente: tres tipos de grano (sorgo, maíz picado y trigo), y el cebo contraceptivo a evaluar. El volumen suministrado en cada comedero correspondió al CDM calculado anteriormente. Debajo de cada comedero se colocó una bandeja con el fin de recoger el desperdicio de alimento luego de la ingesta.

El remanente de ración de cada comedero se retiraba a las 8:00 h del día siguiente y se pesaba. A las 9:30 h se les suministraba el alimento de prueba, al igual que el día anterior. Este procedimiento se repitió por un total de 21 días.

Todos los procedimientos con aves se realizaron de acuerdo con las normas uruguayas sobre el uso de animales en experimentación (Ley N° 18.611). Ninguna paloma murió en el curso de los experimentos.

## Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, calculando las medianas por ítem y por día, y las medias semanales por ítems con sus desvíos estándar. Se comprobó el grado de ajuste de los datos a una distribución normal con la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó una prueba de Friedman para comparar el consumo de los diferentes ítems, utilizando las semanas como bloques. Se empleó la prueba de Kruskal y Wallis para analizar el consumo de los ítems entre semanas. Se trabajó con el paquete estadístico R (versión 3.4.3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo del contraceptivo fue significativamente menor al de maíz, trigo y sorgo, para los dos tipos de cebos evaluados ( $F=20,5$ ;  $p<0,05$ ). En ambos experimentos los granos de trigo y sorgo fueron los más preferidos y no mostraron diferencias significativas entre los valores de consumo de ambos tipos de grano (Figura 1 y Figura 2).

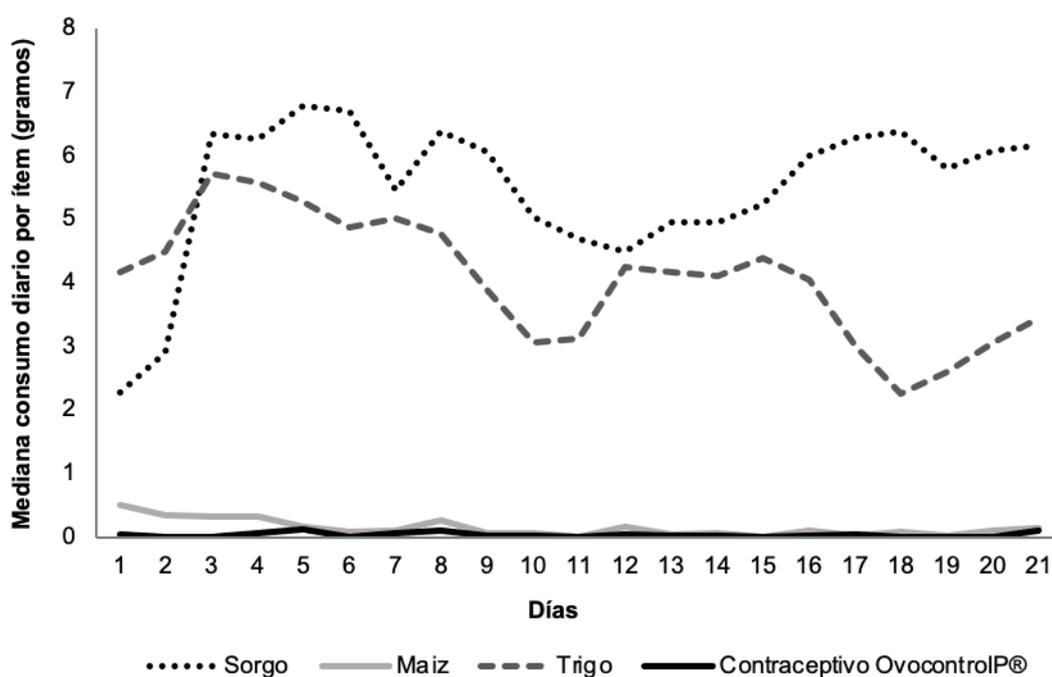


Figura 1. Mediana del consumo diario de granos de sorgo, maíz, trigo y cebo contraceptivo OvocontrolIP® (gramos) durante los 21 días del experimento.

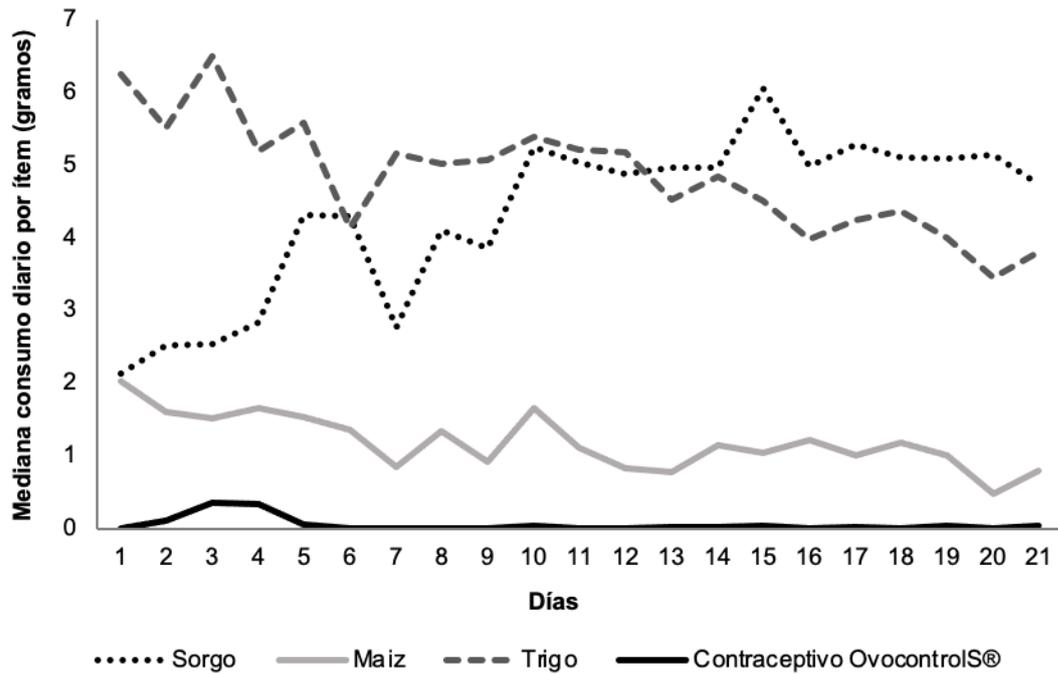


Figura 2. Mediana del consumo diario de granos de sorgo, maíz, trigo y contraceptivo OvocontrolS®(gramos) durante los 21 días de experimento.

Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Rodríguez (1994). En ese estudio, el alimento más consumido fue el grano de trigo, seguido por el girasol y el sorgo, ambos igualmente preferidos.

El consumo de cebo contraceptivo por las palomas torcazas, en proporción al peso del ave, es menor al medido por Avery et al. (2006) y Bynum et al. (2005) para palomas domésticas y gansos de Canadá, respectivamente. Varios autores proponen modificar ciertas características de los pellets como la forma, la composición y el tamaño, que pueden contribuir a que un alimento pueda ser más apetecible para las aves (Avery et al., 2006; Yoder et al., 2006; Bynum et al., 2005). En este sentido, los pellets utilizados en este estudio son pasibles de ser consumidos por las palomas torcazas. Sin embargo, los granos que resultaron más preferidos por estas aves (trigo y sorgo) son más pequeños que el OvocontrolP® y más grandes que el OvocontrolS®.

Al analizar el consumo de los ítems entre semanas, para el experimento con OvocontrolP® el contraceptivo y el sorgo se mantuvieron sin cambios durante las tres semanas, este último manteniéndose como uno de los granos más preferidos por las palomas torcazas y el contraceptivo rechazado desde los primeros días de la evaluación. El trigo fue menos consumido en la tercera semana (CV=10,5;  $p < 0,05$ ) y la ingesta de maíz disminuyó en la segunda y tercera semana, en comparación con la

primera (CV=17,7;  $p<0,05$ ) (Figura 3). Al inicio del experimento, las palomas habrían optado por consumir los tres tipos de granos en distintas proporciones y con diferencias individuales en sus elecciones. En el transcurso de los días, ellas comenzaron a coincidir en sus preferencias alternando entre el trigo y el sorgo, rechazando el maíz y el contraceptivo.

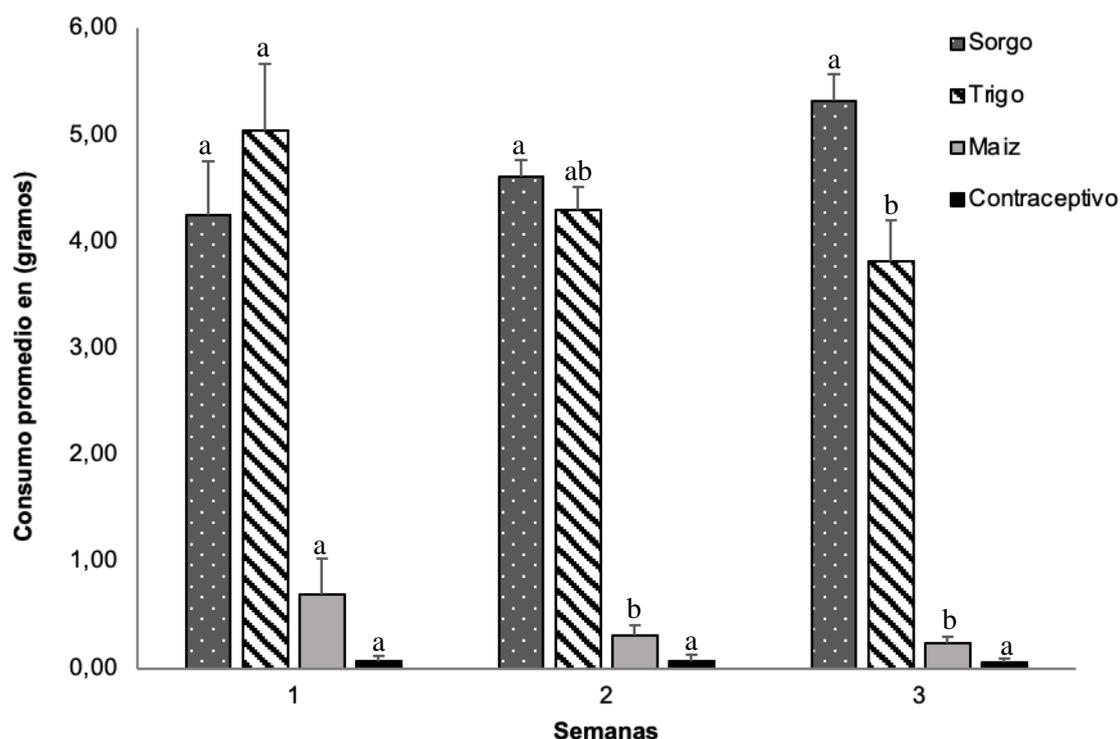


Figura 3. Consumo promedio por semana (en gramos) de granos de sorgo, maíz, trigo y contraceptivo OvocontrolP®. Se muestran los valores con sus respectivos desvíos estándar en las tres semanas del experimento. Letras diferentes entre barras del mismo ítem representan diferencias significativas al  $p=0,05$  según diferencia mínima significativa de Fisher (LSD).

En el experimento con OvocontrolS®, la ingesta de contraceptivo y maíz disminuyó en la segunda y tercera semana del experimento (CV=6,6;  $p<0,05$  para maíz y CV=21,4;  $p<0,05$  para contraceptivo), mientras que el consumo de sorgo aumentó en estas semanas (CV=9,0;  $p<0,05$ ). El trigo fue menos consumido en la tercera semana (CV=9,6;  $p<0,05$ ; Figura 4). A diferencia del otro tipo de cebo contraceptivo, en este estudio las palomas comenzaron el experimento probando todos los ítems en diferentes proporciones. En la segunda semana sus preferencias se establecieron, coincidiendo con el experimento anterior. Ellas optaron por consumir trigo y sorgo en detrimento de la ingesta de maíz y, como última opción, contraceptivo.

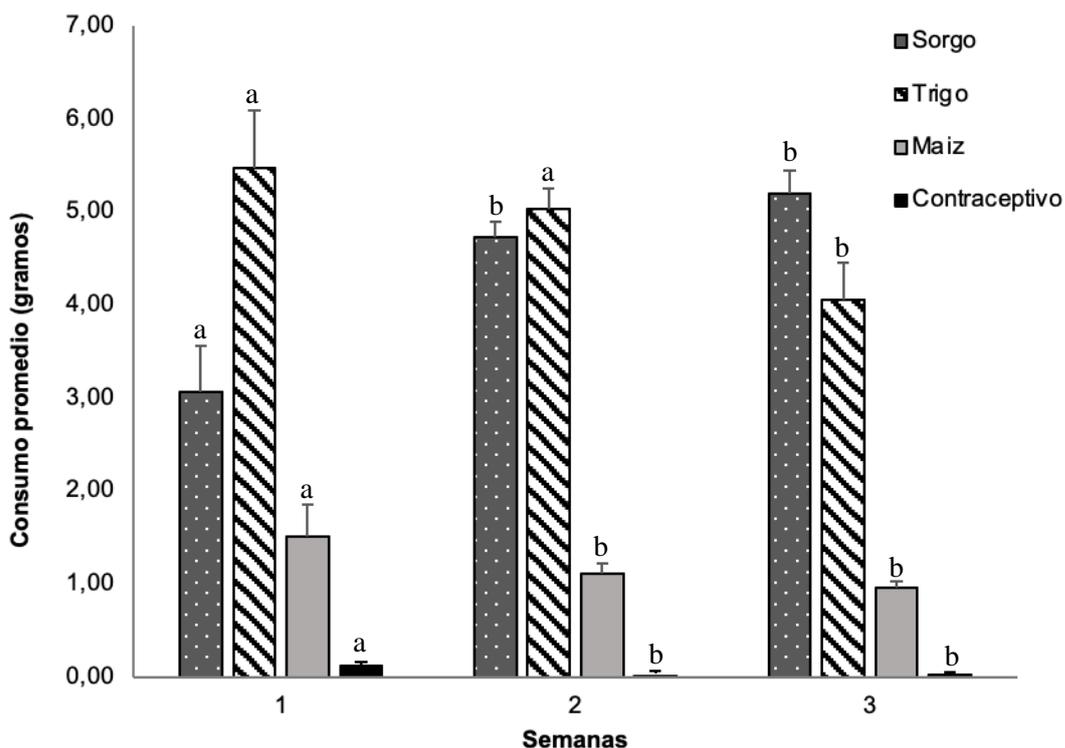


Figura 4. Consumo promedio por semana (en gramos) de granos de sorgo, maíz, trigo y contraceptivo OvocontrolS®. Se muestran los valores con sus respectivos desvíos estándar en las tres semanas del experimento. Letras diferentes entre barras del mismo ítem representan diferencias significativas al  $p=0,05$  según Diferencia mínima significativa de Fisher (LSD).

Las palomas torcazas probaron el cebo OvocontrolS® en la primera semana del experimento, rechazándolo en las dos posteriores. Resultados similares fueron encontrados por Bynum et al., 2005, cuando suministraron a gansos de Canadá diferentes tipos de pellets formulados con nicarbazina en jaulas de vuelo. En el mencionado estudio, los gansos consumieron los cebos contraceptivos durante los primeros tres días del experimento, disminuyendo su consumo en los días subsiguientes, hasta suspender las evaluaciones por el deterioro en la condición física de los animales. Sin embargo, para el caso del OvocontrolIP® el rechazo fue inmediato y el consumo se mantuvo sin fluctuaciones durante todo el experimento. En ambas pruebas, las aves seleccionaron al grano de trigo como primera opción. Luego, en las semanas subsiguientes su consumo disminuyó y la elección de las aves se alternó entre trigo y sorgo.

Ambos tipos de cebo contraceptivos fueron rechazados por las aves en condiciones de cautiverio al ser ofrecidos junto con diferentes tipos de granos. Por lo tanto, el desafío de lograr que las aves consuman el cebo en condiciones de campo aumentó, debido a

que la oferta de alimento en esa situación es amplia y variada. Por consiguiente, se sugiere modificar las características del cebo (forma, composición o tamaño) para aumentar su atractivo, como mencionan Avery et al. (2006), Yoder y Miller (2006) y Bynum et al. (2005). Además, se deberá hacer énfasis en la presentación del contraceptivo en el campo, buscando aquellos sitios que sean más atractivos para las aves (West et al., 1967).

Como próximo paso es necesario realizar pruebas de aceptación del contraceptivo en condiciones de cautiverio. Es necesario lograr que parejas de palomas lo consuman para evaluar su efecto sobre los parámetros reproductivos de la especie.

### **Conclusiones**

Los dos tipos de cebo contraceptivos evaluados no fueron preferidos por las palomas torcazas en condiciones de cautiverio, optando por consumir los granos ya conocidos por ellas.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por financiar los trabajos mediante fondos INIA-FPTA 352. A la Mesa Tecnológica de Oleaginosos por el apoyo logístico. A la Dirección General de Servicios Agrícolas (MGAP) por brindar instalaciones e insumos. A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por financiar la beca de doctorado POS\_NAC\_2016\_1\_130028 de Lourdes Olivera. A los asistentes de laboratorio que colaboraron en la manutención de las aves y al Dr. Michael Avery, Dr. Alexander MacDonald, Erick Wolf y a Scott Werner (PhD) por sus aportes y sugerencias en la metodología. Por último, agradecer a la empresa Innolytics, LLC por donar los productos.

### **REFERENCIAS**

- AVERY, M. L. 2014. Feasibility of applying contraception for reducing crop damage by avian pest species in Uruguay – Final Report Michael L . Avery , PhD US Department of Agriculture National Wildlife Research Center.
- AVERY, M. L.; KEACHER, K. L.; AND TILLMAN, E. A. 2006. Development of Nicarbazin Bait for Managing Rock Pigeon Populations. In 'Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 22'.

- AVERY, M. L.; KEACHER, K. L.; AND TILLMAN, E. A. 2008. Nicarbazine bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildlife Research* 35, 80–85.  
doi:10.1071/WR07017
- BOMFORD, M. 1990. A role for fertility control in wildlife management? Bureau of Rural Resources Bulletin No. 7. Australian Government Publishing Service, Canberra: Canberra.
- BYNUM, K. S.; EISEMANN, J. D.; WEAVER, G. C.; YODER, C. A.; FAGERSTONE, K. A.; MILLER, L. A. 2007. Nicarbazine OvoControl G Bait Reduces Hatchability of Eggs Laid by Resident Canada Geese in Oregon. *Journal of Wildlife Management* 71, 135–143. doi:10.2193/2005-603
- BYNUM, K. S.; YODER, C.; EISEMANN, J. D.; JOHNSTON, J. J.; MILLER, L. A. 2005. Development of nicarbazine as a reproductive inhibitor for resident Canada geese. En 'Proceedings of the 11th Wildlife Damage Management Conference'. pp. 179–189. %5CDimitri%5CBibliografia%5CArchivio%5CFauna\_urbana%5CFU00560.pdf
- CUCKLER, A. C.; MALANGA, C. M.; BASSO, A. J.; O'NEILL, R. C. 1955. Antiparasitic Activity of Substituted Carbanilide Complexes. 122, 244–255.
- FAGERSTONE, K. A., COFFEY, M. A., CURTIS, P. D., DOLBEER, R. A., KILLIAN, G. J., MILLER, L. A.; WILMOT, L. M. 2002. Wildlife fertility control. *Wildlife Society Technical Review* 2, 29.
- FAGERSTONE, K. A.; MILLER, L. A.; KILLIAN, G.; YODER, C. A. 2010. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-Wildlife conflicts in North America. *Integrative Zoology* 5, 15–30.  
doi:10.1111/j.1749-4877.2010.00185.x
- JONES, J. E.; SOLIS, J.; HUGHES, B. L.; CASTALDO, D. J.; TOLER, J. E. 1990. Reproduction responses of broiler-breeders to anticoccidial agents. *Poultry science* 69, 27–36. doi:10.3382/ps.0690027
- OLIVERA, L.; TELLECHEA, G.; LAMANNA, A.; BANCHERO, G. E.; FERNÁNDEZ, E.; RODRÍGUEZ, E. N. 2021. Diagnóstico y cuantificación de la problemática causada por la concentración de aves en un tambo estabulado de Uruguay. *Revista Argentina de Producción Animal*.
- OLIVERA, L.; RODRÍGUEZ, E. 2014. Aumentando rendimiento cultivos extensivos disminuyendo daño de aves. *Serie FPTA - INIA*, 47.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4017/1/fpta-56-2014.pdf>
- REINOSO, V. 2008. Contraceptive action of nicarbazine in white pekin ducks.

- RODRÍGUEZ, E. 1994. An integrated strategy to decrease Eared Dove damage in sunflowers. Colorado State University.
- RODRÍGUEZ, E.; BRUGGERS, R. L.; BULLARD, R.; COOK, R. 1995. An Integrated Strategy to Decrease Eared Dove Damage in Sunflower Crops. *National Wildlife Research Center Repellents Conference*, 409–421.
- RODRÍGUEZ, E.; TISCORNIA, G.; OLIVERA, L. 2011. Diminución del daño por aves en pequeños predios. Serie INIA - FPTA N°29.
- WEST, R.; BESSER, F.; DEGRAZIO, J. 1967. Starling control in livestock feeding areas. In 'Proceedings of the 3rd Vertebrate Pest Conference'.
- YODER, C. A.; GRAHAM, J. K.; MILLER, L. A.; BYNUM, K. S.; JOHNSTON, J. J.; GOODALL, M. J. 2006. Evaluation of nicarbazin as a potential waterfowl contraceptive using mallards as a model. *Poultry Science* 85, 1275–1284. doi:10.1093/ps/85.7.1275
- YODER, C. A.; MILLER, L. A. 2006. Avian Contraceptive Tools: One Size Does Not Fit All. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22. doi:10.5070/v422110263
- YODER, C. A.; MILLER, L. A.; BYNUM, K. S. 2005. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poultry Science* 84, 1491–1494. doi:10.1093/ps/84.9.1491