animals

MDPI

*Artículo*

# Control de la Fertilidad mediante Nicarbazina en Barcelona: Un Método Efectivo y Respetuoso hacia la Protección Animal para el Control de Poblaciones de Palomas Silvestres

**Carlos González-Crespo * y Santiago Lavín**

Wildlife Ecology & Health Group and Servei d'Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS), Departament de Medicina i Cirurgia Animals, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, 08193 Barcelona, España; santiago.lavin@uab.cat.
* Correspondencia: carlosgonzcrespo@gmail.com

**Resumen simple:** La paloma silvestre es una de las especies urbanas más comunes en todo el mundo. Viviendo en libertad en las zonas urbanas, las palomas han hallado un ambiente con las condiciones óptimas para desarrollar una alta tasa de fecundidad, lo que conduce a la sobrepoblación, que provoca daños anuales de miles de euros. La gestión de colonias de palomas superpobladas presenta numerosos desafíos y han sido propuestos y utilizados varios métodos. En las últimas décadas, la preocupación de la sociedad por el bienestar animal ha crecido, y ahora se exigen métodos no letales en el control de la vida silvestre, especialmente en las ciudades. La gestión de palomas silvestres en Barcelona (España) se realizaba, como en muchas ciudades, mediante captura y eliminación. Sin embargo, este método ha demostrado ser ineficaz y como la preocupación pública por el bienestar animal ha aumentado, en 2016 el Ayuntamiento de Barcelona decidió cambiar el sistema hacia un método de control de la fertilidad. Este estudio describe y evalúa, durante tres años, un protocolo eficaz de control de la fertilidad que es capaz de reducir el número de palomas en las colonias tratadas en un 55,26% al final del estudio. Los resultados de este estudio proporcionan a las administraciones y empresas dedicadas al control de animales, un protocolo no letal para el control de las poblaciones de palomas respetando el bienestar animal.

**Resumen:** Este estudio evalúa un método de control de la fertilidad durante tres años (2017-2019), utilizando Nicarbazina (Ovistop®) para reducir la población en las colonias más conflictivas de paloma silvestre, *Columba livia* var. *domestica*, en Barcelona (España) como una estrategia a largo plazo basada en el bienestar animal. El tratamiento se suministró a 34 colonias de palomas mediante comederos automáticos de tolva instalados en áreas públicas. Se llevó a cabo un estudio de superioridad y un estudio de seguimiento de la población para evaluar las diferencias en la población de las colonias, así como la proporción de juveniles, la posible ingesta de Nicarbazina por especies no objetivo y el movimiento de individuos entre colonias. Los resultados mostraron diferencias estadísticas en las tendencias poblacionales entre los grupos de prueba (-22.03%) y control (+12.86%), y se registró una tendencia decreciente constante y significativa en la población de palomas (-55,26 %) hasta el final de 2019. La proporción de juveniles fue significativamente menor en las colonias de prueba, y en la especie no objetivo (tórtola turca, *Streptopelia decaocto*) se observó un consumo residual. El protocolo que usa Nicarbazina es capaz tanto de controlar la población de palomas, sin tener impacto sobre especies no objetivo, como de responder al interés público sobre el bienestar animal al proporcionar un enfoque ético para gestionar poblaciones sobreabundantes y/o conflictivas.

**Palabras clave:** bienestar animal; *Columba livia* var. *domestica*; control; ética, gestión; Nicarbazina; palomas; reducción; urbano

check for updates

**Citation:** González-Crespo, C.; Lavín, S. Use of Fertility Control (Nicarbazin) in Barcelona: An Effective yet Respectful Method towards Animal Welfare for the Management of Conflictive Feral Pigeon Colonies. *Animals* **2022**, *12*, 856. https://doi.org/10.3390/ani12070856

Academic Editor: David Morton

Received: 30 December 2021
Accepted: 27 March 2022
Published: 29 March 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## 1. Introducción

Las aves y los mamíferos han ido colonizando cada vez más las ciudades durante las últimas décadas en un proceso llamado sinurbización [1], pero otras especies, como la paloma silvestre (*Columba livia* var. *domestica*), iniciaron el proceso de colonización del medio urbano hace siglos. Las palomas, como otras especies sinúrbicas en el medio urbano, por la falta de depredadores y los recursos alimentarios más abundantes que suelen estar presentes en estos hábitats, tienen una alta tasa de supervivencia y reproducción, que conduce a la sobrepoblación y al aumento de las interacciones entre los humanos y la vida silvestre y sus

conflictos asociados [1–4]. Riesgos para la salud pública (es decir, *Chlamydophila psittaci*, *Cryptococcus neoformans* y *Salmonella* [3]) y daños estructurales son los conflictos más comunes cuando se trata de una alta densidad de palomas en áreas urbanas. Las condiciones ambientales homogéneas del ecosistema urbano y la dinámica demográfica mantienen la estabilidad de la demografía de la colonia, a menos que intervengan otros factores externos [5].

Históricamente, la gestión de la población de palomas en la ciudad de Barcelona se ha llevado a cabo mediante la captura y eliminación de individuos en áreas con alta densidad y/o conflictos. A pesar de que previos estudios desde 2009 [6] mostraron una falta de efectividad de este método debido al reemplazo de juveniles que resulta en un aumento en la fertilidad de las colonias, para controlar la población de palomas en la ciudad de Barcelona, la captura y la eliminación de palomas continuó como único método de gestión hasta 2015, con un consiguiente desperdicio de recursos públicos.

En los últimos años, existe una creciente preocupación por el bienestar animal, especialmente en las zonas urbanas, donde los métodos letales se están rechazando y, en consecuencia, el interés de los ciudadanos hacia los métodos no letales, como el control de la fertilidad, está aumentando [7–9]. Además, demandan cada vez más el uso de métodos no letales por las administraciones encargadas de gestionar la vida silvestre.

Debido a la falta de efectividad del método de captura y eliminación y a la creciente preocupación pública por el bienestar animal [7–9], el Ayuntamiento de Barcelona inició un proyecto para implementar un método de control de la fertilidad en 2016. Este método se puso en marcha con el objetivo de reducir el número de palomas en colonias conflictivas, así como evaluar la efectividad del método. Además, se llevó a cabo una campaña de sensibilización durante seis meses en 2018 y 2019, donde se realizaron encuestas ciudadanas para aumentar el conocimiento sobre los hábitos y motivaciones alimentarias de los ciudadanos de Barcelona hacia las palomas, y donde se pidió a los ciudadanos que habitualmente ofrecen alimentación complementaria, en adelante alimentadores, que redujeran la cantidad de alimento proporcionado, así como evitar alimentar a las colonias conflictivas.

La Nicarbazina ha demostrado ser un método exitoso y respetuoso con el bienestar animal en el control no sólo de ciertas colonias conflictivas de palomas en áreas históricas en Italia [5,10], España [11] y EE. UU. [9,12], sino también gansos canadienses (Branta canadensis; [13]). El presente estudio muestra la experiencia de los primeros años de reducción de la abundancia de palomas en las colonias que están asociadas con una mayor proporción de conflicto a escala de una gran ciudad. El objetivo de este estudio es (1) describir la experiencia de tres años usando un protocolo de control de fertilidad a base de Nicarbazina (NCZ), para reducir la abundancia de las colonias más conflictivas de la ciudad de Barcelona (España) así como para evaluar tanto (2) la eficacia del medicamento veterinario (Ovistop®, ACME srl, Cavriago, RE, Italia) para reducir la abundancia de palomas como (3) el protocolo utilizado como estrategia de control poblacional en un intento de establecer una sistema a largo plazo para controlar una especie de distribución mundial en el ecosistema urbano, respetando el bienestar de los animales.

## 2. Materiales y Métodos

### *2.1. Localización de las Colonias*

La primera fase del proyecto, realizada entre los meses de noviembre de 2016 y enero de 2017, fue un estudio para determinar las colonias de palomas (PC) más adecuadas para ser tratados con NCZ. Para ubicar las PC, los 73 barrios incluidos en los diez distritos de la ciudad de Barcelona (Ciutat Vella, CIV; Eixample, EIX; Sants-Montjuïc, SMJ; Les Corts, LEC; Sarrià-Sant Gervasi, SSG; Gracia, GRA; Horta-Guinardó, HOG; Nou Barris, NOB; Sant Andreu, SAD; Sant Martí, SMT) fueron visitados. Se realizó un refuerzo adicional durante la visitas a las plazas, parques, mercados e iglesias, así como en lugares donde el Ayuntamiento había recibido incidencias de los ciudadanos, ya que se trataba de lugares donde las PC solían generar conflictos.

Los criterios para la selección y priorización de las PC fueron los siguientes: (1) la abundancia y densidad de palomas en la colonia (>100 palomas); (2) el grado de conflictividad en la zona determinado a partir del número de incidencias ciudadanas registradas por el Ayuntamiento de Barcelona (>5 incidencias asociadas a la colonia en el año anterior); (3) el daño causado en el área (por ejemplo, edificios y monumentos históricos) y (4) la proximidad a lugares con mayor riesgo (por ejemplo, mercados de alimentos, escuelas, hogares de ancianos y establecimientos de salud y centros asistenciales) que habían denunciado problemas al Ayuntamiento de Barcelona.

**Tabla 1.** Esquema del diseño del estudio y número máximo de palomas registradas en los censos pretratamiento (PreT) y post-tratamiento (PostT) durante el periodo de estudio. Grupo (N, Nicarbazina; C, control). Distrito (Ciutat Vella, CIV; Eixample, EIX; Sants-Montjuïc, SMJ; Les Corts, LEC; Sarria-Sant Gervasi, SSG; Gracia, GRA; Horta-Guinardó, HOG; Nou Barris, NOB; Sant Andreu, SAD; Sant Martí, SMT).

| Colonia de Palomas | Distrito | Grupo [a] | Grupo [b] | PreT 2017 | PostT 2017 | PreT 2018 | PostT 2018 | PreT 2019 | PostT 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Estudio de superioridad | | | | | |
| | | | | | Estudio de cambios de palatabilidad | | | | |
| | | | | Estudio de seguimiento de la población | | | | | |
| PC1 | CIV | N | N | 107 | 30 | 67 | 95 | 95 | 74 |
| PC2 | CIV | N | N | 190 | 155 | 83 | 58 | 90 | 43 |
| PC3 | CIV | C | C | 80 | 120 | 112 | 44 | 74 | 67 |
| PC4 | CIV | C | C | 124 | 60 | 92 | 20 | 100 | 32 |
| PC5 | CIV | N | C | 170 | 160 | 158 | 102 | 200 | 200 |
| PC6 | CIV | N | C | 85 | 25 | 56 | 15 | | |
| PC7 | EIX | N | C | 150 | 123 | 89 | 40 | 80 | 47 |
| PC8 | EIX | C | C | 80 | 115 | 95 | 65 | 116 | 105 |
| PC9 | EIX | N | N | 112 | 56 | 56 | 20 | 36 | 20 |
| PC10 | EIX | N | N | 130 | 105 | 68 | 22 | 75 | 59 |
| PC11 | EIX | N | N | 102 | 75 | 69 | 59 | 81 | 25 |
| PC12 | SMJ | N | C | 100 | 100 | 103 | 29 | 93 | 24 |
| PC13 | SMJ | C | N | 61 | 60 | 51 | 40 | 72 | 67 |
| PC14 | SMJ | N | C | 78 | 62 | 130 | 52 | 133 | 123 |
| PC15 | LEC | N | N | 110 | 130 | 75 | 62 | | 13 |
| PC16 | SSG | N | C | 89 | 75 | 84 | 30 | 43 | 29 |
| PC17 | GRA | C | C | 60 | 48 | 60 | 0 | | |
| PC18 | GRA | N | N | 56 | 39 | 30 | 21 | 20 | 11 |
| PC19 | GRA | N | C | 78 | 50 | 82 | 21 | 41 | 53 |
| PC20 | GRA | C | N | 67 | 68 | 35 | 19 | 24 | 20 |
| PC21 | GRA | N | N | 93 | 48 | 74 | 68 | 80 | 72 |
| PC22 | GRA | N | C | 38 | 58 | 60 | 20 | | |
| PC23 | HGI | N | C | 142 | 103 | 40 | 20 | 72 | 30 |
| PC24 | HGI | N | N | 235 | 102 | 134 | 171 | 119 | 72 |
| PC25 | NOB | N | N | 200 | 95 | 110 | 116 | 108 | 130 |
| PC26 | NOB | N | N | 245 | 223 | 300 | 160 | 260 | 158 |
| PC27 | NOB | C | C | 267 | 274 | 186 | 120 | 136 | 48 |
| PC28 | SAD | N | N | 68 | 38 | 37 | 18 | | |
| PC29 | SAD | C | C | 67 | 86 | 65 | 44 | 93 | 15 |
| PC30 | SAD | N | C | 52 | 74 | 48 | 35 | 50 | 20 |
| PC31 | SMT | N | C | 105 | 70 | 40 | 50 | 60 | 100 |
| PC32 | SMT | N | N | 91 | 71 | 67 | 35 | 57 | 89 |
| PC33 | SMT | C | N | 79 | 115 | 76 | 99 | 90 | 65 |
| PC34 | SMT | C | N | 90 | 59 | 37 | 24 | 47 | 31 |
| | | PROMEDIO TOTAL | | 3801<br>111.79 ± 9.84 SE | 3122<br>90.35 ± 9.06 SE | 2929<br>84.38 ± 8.93 SE | 1814<br>52.76 ± 7.17 SE | 2571<br>87.76 ± 9.31 SE | 1865<br>61.40 ± 8.39 SE |

[a] Grupos con el tratamiento durante el estudio de superioridad (2017). [b] Grupos con el tratamiento durante el estudio de palatabilidad (2017–2018).

*2.2. Diseño del estudio*

Se diseñó un modelo experimental de tres años para la evaluación de la eficacia de la fórmula anticonceptiva en la población urbanizada de palomas silvestres, *Columba livia* var. *domestica*, en la ciudad de Barcelona. Al ser un medicamento veterinario, el diseño del estudio se realizó de acuerdo con la guía sobre principios estadísticos para ensayos clínicos para medicamentos veterinarios por el Comité de Medicamentos de Uso Veterinario (CVMP) de la Agencia Europea del Medicamento (EMA) [14].

El experimento se dividió en tres estudios, (1) un estudio de superioridad (tratamiento en 2017), (2) un estudio de cambios en la palatabilidad (período no reproductivo 2017-2018) con el objetivo de evaluar diferencias entre los grupos de prueba y control y (3) un estudio de seguimiento de la población (tratamientos en 2017, 2018 y 2019) con el objetivo de evaluar las diferencias en la abundancia de cada PC entre periodos de tratamiento y años.

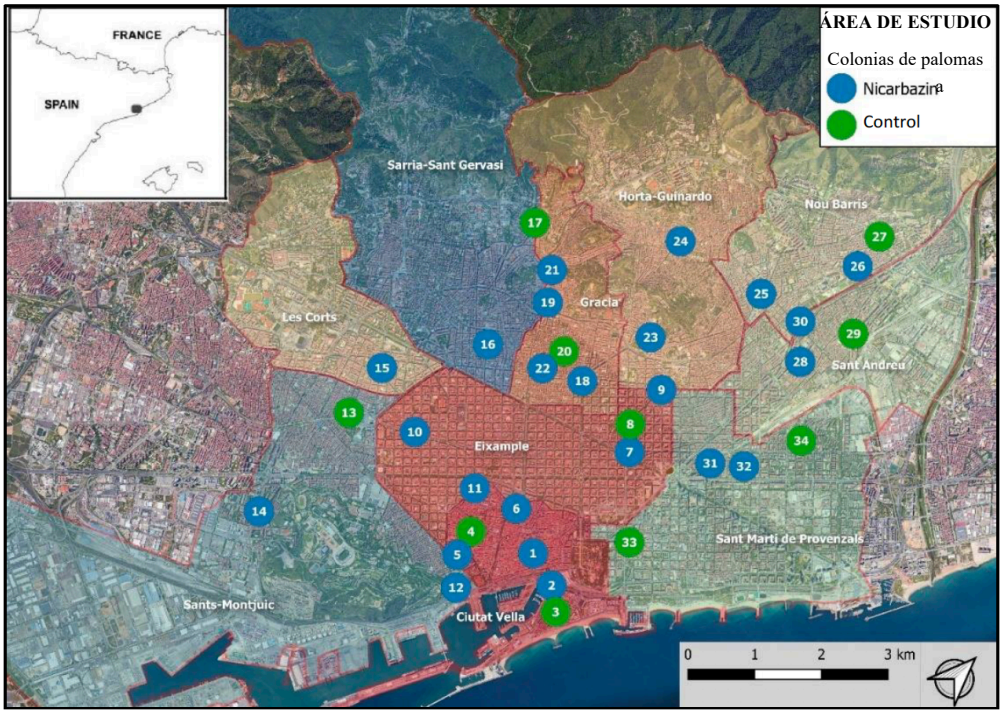


**Figura 1.** Área de estudio. Ubicación de las 34 colonias conflictivas incluidas en el estudio, divididas en los grupos de tratamiento (prueba, Nicarbazina; y control, control) del estudio de superioridad de 2017.

En el (1) estudio de superioridad (tratamiento en 2017), se seleccionaron aleatoriamente 24 PC en prueba (tratados con NCZ, Ovistop®) y 10 PC en control (tratados con grupos de control, granos de maíz simple). El diseño del estudio prioriza algunas PC tratados con NCZ por cuestiones de gestión del proyecto donde se incluyó el estudio, asegurándose de incluir una PC tratada con control en cada uno de los 10 distritos de la ciudad.

El (2) estudio de cambios en la palatabilidad (período no reproductivo 2017-2018) fue diseñado debido a algunas preocupaciones sobre una menor palatabilidad del producto referido en condiciones de laboratorio [15], lo que podría causar una reducción en el número de palomas cebadas en los alimentadores automáticos de tolva (AHF). El estudio evaluó si había diferencias entre las tendencias en el número de palomas cebadas en AHF con NCZ o control durante el período no reproductivo, y por lo tanto no hubo reclutamiento de juveniles. La hipótesis fue que una menor palatabilidad del producto debe causar una mayor reducción en el total número de palomas cebadas en AHF con NCZ en comparación con aquellas con control. Con el objetivo de equilibrar el número total de palomas en cada grupo, todas las PC fueron ordenadas por su número de palomas y alternativamente incluidas en cada grupo (17 PC en prueba (tratada con NCZ, Ovistop®) y 17 PC en grupos control (tratadas con control, granos de maíz simple)). El estudio de cambios en la palatabilidad no fue diseñado para evaluar los efectos sobre la reproducción, ya que no se esperaba ningún efecto del tratamiento sobre las palomas con NCZ durante el período no reproductivo. Por lo tanto, no se consideraron ni analizaron interacciones entre tratamientos.

En el (3) estudio de seguimiento de la población (tratamientos de 2017, 2018 y 2019), todos las PC incluidas en el estudio fueron tratados con NCZ.

2.2.1. Censo de las PC

Para evaluar la eficacia del método anti-fertilidad, el tamaño de las CP incluidas en el estudio fue estimado por medio de censo y monitoreado durante el período de estudio (2017-2019), y, luego, las diferencias en el número máximo de palomas en cada período a lo largo del tratamiento (tendencia de la colonia) fueron analizadas. Debido al comportamiento de atracción hacia el alimento y el agrupamiento, el período en el que se puede observar el máximo número de palomas es en el momento del tratamiento [5].

La recolección de datos para las estimaciones de población se llevó a cabo mediante estimaciones repetidas (tres días por periodo y colonia) en tres periodos diferentes del año, pretratamiento (del 15 de febrero al 15 de marzo), tratamiento (del 15 al 31 de julio) y post-tratamiento (del 1 al 30 de noviembre). En cada día de recolección de datos, se recogieron tres estimaciones con dos fotografías para cada estimación (es decir, 15 min antes de la distribución, en el momento de la distribución y 15 min después de la distribución), de los cuales, la estimación con el máximo número de individuos se registró como el valor de abundancia de la PC para ese periodo. Para los análisis estadísticos, los datos utilizados fueron el mayor número de palomas en cada PC recogido en los censos de pretratamiento y post-tratamiento. Estos resultados también fueron

utilizados para asegurar la disponibilidad de alimentos para toda la PC modificando la dosis administrada según el número de palomas en la colonia.

2.2.2. Proporción de Juveniles en las PC

Durante el censo posterior al tratamiento del estudio de superioridad de 2017, la proporción de juveniles en 18 colonias, 13 colonias incluidas en el grupo de prueba y 5 colonias incluidas en el grupo de control fue monitoreada como un indicador de la efectividad de la NCZ [10]. Los juveniles se distinguieron de los adultos utilizando el color del iris y la cera, lo que permitió distinguir a juveniles a distancia [16].

2.2.3. Movilidad de las Palomas entre las PC

Para evaluar si las palomas de las PC vecinas se mezclan o permanecen como colonia independiente, varias palomas adultas fueron marcadas con anillos de colores en las patas en tres PC. En la PC19 (anillos amarillos) y la PC21 (anillos azules), ubicados a 450 m de distancia, se marcaron 18 palomas en cada una. Finalmente, también se marcaron 16 palomas en la PC32 (anillos rojos), y la posible presencia de estas palomas se evaluó en la PC31, ubicada a 500 m de distancia. Se realizaron nueve días de observación de las palomas marcadas durante todo el año 2018, durante los censos de palomas en el períodos de pretratamiento, tratamiento y post-tratamiento.

2.2.4. Evaluación de la Ingesta de NCZ por Especies No Objetivo

Durante todos los censos de población realizados durante el período de estudio, se hizo un esfuerzo para evaluar visualmente la posible ingesta de NCZ por especies no objetivo en el momento de la administración del producto. Además, se seleccionaron seis colonias para ser monitoreadas al menos una vez por semana durante tres meses. La selección de esas colonias fue realizada en base a su ubicación dentro de áreas verdes urbanas con alta biodiversidad [17].

*2.3. El Protocolo*

2.3.1. El Producto

La Nicarbazina es un medicamento veterinario incluido en el grupo de las carbanilidas, perteneciente a los anticoccidiales que se han utilizado durante mucho tiempo a nivel mundial para controlar la coccidiosis en pollos de engorde. Es un complejo equimolecular de 4,4'dinitrocarbanilida (DNC) y 2-hidroxi-4,6-dimetilpirimidina (HDP). DNC es el componente activo y HDP evita la agregación de DNC, lo que permite la absorción en el intestino [18]. Cuando las gallinas ponedoras o reproductoras ingieren Nicarbazina, provoca reducciones en la puesta de huevos y la incubabilidad [13,19–21], y las aves se recuperan completamente 4 a 6 días después de retirar los alimentos tratados [22]. En dosis apropiadas para el tratamiento de anti-fertilidad, la Nicarbazina afecta exclusivamente a los procesos asociados con la maduración del huevo; como resultado, el producto no interfiere en los procesos fisiológicos, incluidos los relacionados con el aparato reproductor [23].

El producto utilizado en el protocolo para el control de colonias de palomas es un medicamento veterinario registrado en Europa, Italia (nombre comercial Ovistop®) y Bélgica (nombre comercial R12®, ACME srl, Cavriago, RE, Italia), para reducir la fertilidad de las palomas silvestres, mientras que, en los Estados Unidos, la Nicarbazina se usa para los gansos canadienses y las palomas silvestres. El componente activo del medicamento veterinario registrado en Europa y utilizado en el presente estudio (Ovistop®) es NCZ a 800 mg/kg, mezclado con granos de maíz y protegido con ácido esteárico, BHT (hidroxitolueno butilado) y dimeticona.

2.3.2. Método de Administración

El tratamiento se suministró a las palomas mediante un alimentador automático de tolva (AHF, Figura 2) instalados en áreas públicas, como calles y parques. El AHF tenía una capacidad de 30 kg y estaba cubierta por un chasis asemejándose al diseño del mobiliario urbano utilizado en la ciudad de Barcelona. La unidad de control activaba el motor, administrando y dispersando la dosis a aproximadamente cinco metros a la redonda a la hora programada. Las capacidades técnicas del AHF permitieron la administración de una dosis máxima para 110 palomas. Varias PC en el estudio eran colonias de alta densidad con una abundancia que iba desde 120 a 220 individuos; por lo tanto, se instalaron dos AHF en estos lugares para administrar la dosis recomendada.

**Figura 2.** Alimentadores automáticos de tolva usados para la administración de la dosis.

2.3.3. El Tratamiento

El tratamiento consistió en una única distribución diaria del producto en cada punto de tratamiento. La cantidad de maíz (Ovistop® o control) que se le dio diariamente a cada paloma fue de 10 g, la dosis indicada por el fabricante. La dosis total administrada por cada AHF se definió al inicio del estudio (marzo de 2017). Durante un período de 15 días, el maíz simple se administró para cebar y mantener atraídas a las palomas al AHF. La dosis total se actualizaba periódicamente en base al censo realizado en cada AHF. Todos los AHF fueron programados para administrar simultáneamente la dosis en un momento específico, lo que permite una mayor distribución de la dosis dentro de la población y, por lo tanto, evitando el movimiento y alimentación entre diferentes AHF por los mismos individuos.

El período de tratamiento fue diseñado para realizarse todos los años durante nueve meses, desde el 15 de febrero al 15 de noviembre, pero debido a factores ajenos al proyecto, el inicio de la administración se retrasó en 2017 y 2019 después del 15 de marzo y el 1 de abril, respectivamente. La dosis se administró a las 8:00 horas (de febrero a mayo) y a las 7:00 horas (de junio a noviembre). El horario fue elegido pues transcurre durante una de las máximas concentraciones de palomas, así como el hecho de que es el momento del día donde la posibilidad de que una paloma haya obtenido el alimento necesario para sus requerimientos diarios es mínima, por lo que la ingesta de la dieta diaria de la dosis de NCZ está asegurada. La diferencia en el horario de administración dependiendo del mes es consecuencia del cambio de hora durante el periodo estival. Para incentivar la atracción de las palomas hacia los AHF entre noviembre y febrero, el periodo no-reproductivo, todos los AHF administraron el 15% de la dosis recomendada.

Debido a límites presupuestarios durante el tratamiento de 2019, cuatro PC (PC6, PC17, PC22 y PC28) compuestas por 20 o menos individuos durante el censo posterior al tratamiento de 2018 fueron eliminadas del estudio.

*2.4. Análisis*

Las diferencias en el número de palomas en cada PC y la proporción de juveniles entre grupos de prueba y control, así como las diferencias en el número de palomas en cada PC entre periodos, se analizaron mediante modelos lineales mixtos (LMM). Las variables de respuesta se sometieron a la prueba de normalidad y se transformaron si no se cumplía el supuesto de normalidad.

Debido a unas obras en las calles cercanas a los AHF, los datos obtenidos durante el censo post-tratamiento de 2017 (Tabla 1) en PC4 (60 palomas) y PC24 (102 palomas) no reflejaron el número real de palomas en las colonias, ya que una parte importante de las colonias dejaron de ser cebadas en las áreas donde se encontraban los AHF. Por tanto, ambas colonias fueron descartadas del análisis del estudio de superioridad de 2017.

En el estudio de superioridad del tratamiento de 2017, no hubo diferencias significativas ($F1 = 0.8757$ $p = 0.3564$) en la abundancia inicial de palomas entre el tratamiento (117,75 ± 11,32 SE) y los grupos de control (97,5 ± 19,73 SE); sin embargo, debido a las diferencias en el número inicial de palomas en cada colonia incluida en el estudio (Tabla 1), la variable de respuesta utilizada fue la diferencia porcentual entre el número de palomas en los censos de pretratamiento y post-tratamiento (cambio). En el estudio de cambios de palatabilidad (período no reproductivo 2017-2018), la variable de respuesta utilizada fue la diferencia en el número de palomas en cada PC entre los censos post-tratamiento de 2017 y los censos pretratamiento de 2018. En el análisis de juveniles entre los grupos de prueba y control, la proporción de juveniles en cada colonia se transformó mediante una transformación logarítmica y se utilizó como variable de respuesta. En

los tres LMM mencionados anteriormente, el grupo se incluyó como componente fijo y el distrito se incluyó como componente aleatorio.

En el estudio de seguimiento de la población, el mayor número de palomas en cada PC recolectado durante los censos de pretratamiento y post-tratamiento de 2017, 2018 y 2019 se utilizó como variable de respuesta después de aplicar una transformación de raíz cuadrada. El período (2017, 2018 y 2019) pretratamiento y post-tratamiento) se incluyó como componente fijo y PC y distrito se incluyeron como componentes aleatorios anidados. Las diferencias individuales entre todos los períodos se analizaron mediante la prueba *post hoc* de Tukey con ajuste de Holm.

Se realizaron análisis estadísticos sobre las tendencias de la población de los PC incluidos en el estudio usando R 3.4.3 (R Core Team, 2017). Los LMM se hicieron con el paquete lme4 desarrollado por [24], y se realizaron pruebas post hoc para el LMM usando el paquete multcomp [25].

## 3. Resultados

### *3.1. Estudio de superioridad de 2017*

Los resultados del estudio de superioridad de 2017 mostraron diferencias estadísticas entre los grupos de prueba y control al final del tratamiento ($t = 2.909$, $p = 0.00677$, Figura 3).

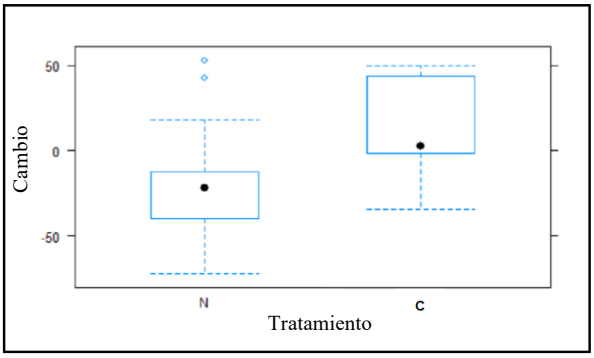


**Figura 3.** Porcentaje de diferencia (cambio), entre los períodos de pretratamiento y post-tratamiento de 2017, según el grupo de tratamiento, prueba (N, Nicarbazina) y control (C)).

En la tendencia poblacional registrada entre el inicio y el final del tratamiento de 2017 (Figuras 4 y 5), el número de palomas en las 23 colonias tratadas con NCZ (excluyendo PC24) disminuyó en −22,03% ± 6,37 SE (−626 palomas). Por otro lado, el número de palomas en las nueve colonias tratadas con el control (excluyendo PC4) aumentaron un 12,86% ± 10,14 SE (94 palomas).

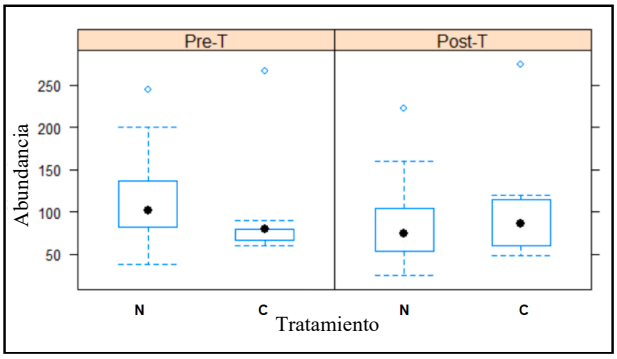


**Figura 4.** Diferencias en la abundancia promedio de palomas en cada colonia incluida como grupos prueba (N, Nicarbazina) y control (C) entre los periodos de pretratamiento (Pre-T) y post-tratamiento (Post-T) de 2017.

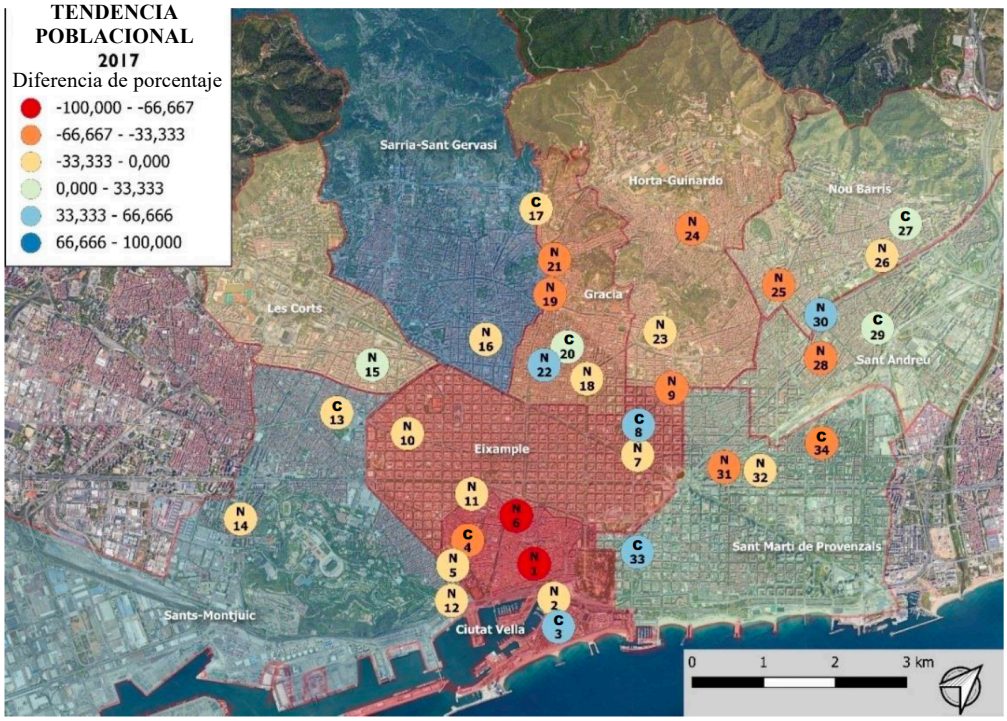


**Figura 5.** Mapa de las tendencias de población registradas durante el estudio de superioridad de 2017 (períodos de pretratamiento y post-tratamiento de 2017) en las colonias de palomas incluidas como grupos de prueba (N, Nicarbazina) y control (C, control).

Proporción de Juveniles

La misma tendencia se registra en el análisis de la proporción de juveniles en las 18 colonias analizadas (Tabla 2). Los resultados mostraron que, al final del tratamiento de 2017, la proporción de juveniles en las colonias incluidas en el grupo de prueba (10.93% ± 0.85 SE) fue significativamente menor ($t$ = 8.128, $p$ = $6.30 \times 10^{-7}$) que el grupo control (36.20% ± 2.97 SE).

**Tabla 2.** Proporción de juveniles al final del estudio de superioridad de 2017 en 18 colonias de palomas. Grupo (N, Nicarbazina; C, control).

| Colonia de Palomas | Juveniles (%) | Grupo |
|---|---|---|
| PC7 | 11.6 | N |
| PC9 | 15 | N |
| PC10 | 11 | N |
| PC11 | 10 | N |
| PC12 | 9.6 | N |
| PC18 | 10 | N |
| PC19 | 5 | N |
| PC22 | 8.5 | N |
| PC25 | 13 | N |
| PC26 | 13 | N |
| PC28 | 12.5 | N |
| PC31 | 16 | N |
| PC32 | 7 | N |
| PC13 | 32 | C |
| PC27 | 40 | C |
| PC29 | 30 | C |
| PC33 | 33 | C |
| PC34 | 46 | C |

*3.2. Estudio de Cambios de Palatabilidad (Periodo No-Reproductivo Post-Tratamiento de 2017-Pretratamiento 2018)*

El análisis de las diferencias en el número de palomas que se alimentan de AHF con NCZ en comparación con el control durante el período no reproductivo (2017-2018), no mostró diferencias estadísticas ($t$ = 0,014, $p$ = 0,9890, Figura 6) en los AHF que proporcionaron NCZ o control.

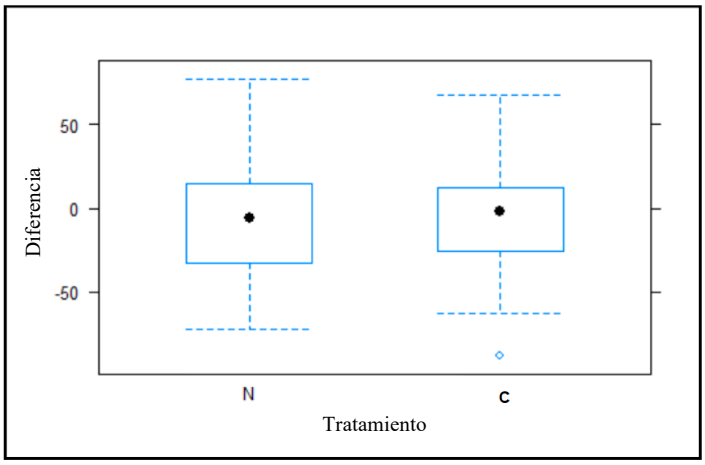


Figura 6. Diferencia en el número de palomas entre los periodos de post-tratamiento de 2017 y el pretratamiento de 2018, según los grupos de prueba (N, Nicarbazina) y control (C, control).

*3.3. Estudio de Seguimiento de la Población (2017-2019)*

Los resultados del estudio de seguimiento de la población mostraron diferencias estadísticas (F = 24.724 $p = < 2.2 \times 10^{-16}$) en el número de palomas de las PC incluidas en el estudio entre los periodos de seguimiento (Figura 7). Desde el inicio del tratamiento (periodo pretratamiento 2017), se registró una tendencia decreciente constante significativa (Tabla 3) en la abundancia de palomas (Tabla 1). Los resultados mostraron que los períodos se pueden agrupar en tres clústeres (a: 2017 PreT; b: 2017 PostT, 2018 PreT y 2019 PreT; y c: 2018 PostT y 2019 PostT), consiguiendo una reducción media del 55,26 % (Figura 8) en la población de palomas (1936 palomas) durante todo el período del estudio (desde el pretratamiento de 2017 hasta el post-tratamiento de 2019).

El análisis de la población captó una tendencia decreciente significativa similar entre los períodos de pretratamiento y post-tratamiento para los tratamientos de 2018 y 2019 (Tablas 1 y 3), donde la reducción promedio lograda entre periodos fue -31,62% de la población (-1115 palomas) durante 2018 (Figura S1) y un -26.16% de la población (-706 palomas) durante 2019 (Figura S2).

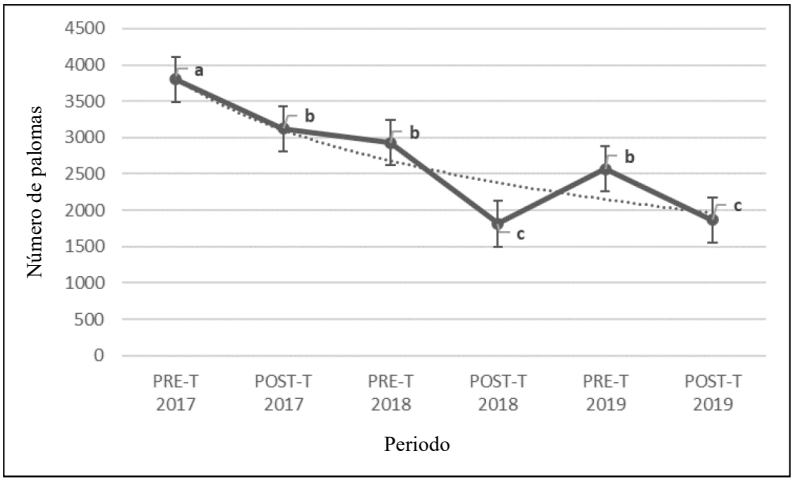


**Figura 7.** Tendencia poblacional de las colonias de palomas tratadas durante los periodos pretratamiento (PRE-T) y post-tratamiento (POST-T) del estudio. Las líneas verticales indican el error estándar; los periodos de tratamiento con superíndices diferentes (a, b, c) son diferentes ($p < 0{,}05$).

**Tabla 3.** Resultados de las pruebas *post hoc* (prueba de Tukey) de la tendencia poblacional registrada entre periodos de tratamiento.

| | **2017 PostT [b]** | **2018 PreT [b]** | **2018 PostT [c]** | **2019 PreT [b]** | **2019 PostT [c]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 PreT [a] | $-1.1067 \pm 0.3768$ SE<br>$z = -2.937$, $p = \mathbf{0.016568}$ | $-1.4122 \pm 0.3768$ SE<br>$z = -3.748$ $p = \mathbf{0.001071}$ | $-3.5532 \pm 0.3768$ SE<br>$z = -9.430$ $p = < \mathbf{2 \times 10^{-16}}$ | $-1.5459 \pm 0.3957$<br>$z = -3.907$ $p = \mathbf{0.000655}$ | $-3.2312 \pm 0.3916$<br>$z = -8.252$ $p = \mathbf{3.11 \times 10^{-15}}$ |
| 2017 PostT [b] | | $-0.3055 \pm 0.3768$<br>$z = -0.811$ $p = 1.000000$ | $-2.4465 \pm 0.3768$<br>$z = -6.493$ $p = \mathbf{1.10 \times 10^{-9}}$ | $-0.4392 \pm 0.3957$<br>$z = -1.110$ $p = 1.000000$ | $-2.1245 \pm 0.3916$<br>$z = -5.425$ $p = \mathbf{6.36 \times 10^{-7}}$ |
| 2018 PreT [b] | | | $-2.1410 \pm 0.3768$<br>$z = -5.682$ $p = \mathbf{1.60 \times 10^{-7}}$ | $-0.1338 \pm 0.3957$<br>$z = -0.338$ $p = 1.000000$ | $-1.8191 \pm 0.3916$<br>$z = -4.645$ $p = \mathbf{3.05 \times 10^{-5}}$ |
| 2018 PostT [c] | | | | $2.0073 \pm 0.3957$<br>$z = 5.072$ $p = \mathbf{3.93 \times 10^{-6}}$ | $0.3220 \pm 0.3916$<br>$z = 0.822$ $p = 1.000000$ |
| 2019 PreT [b] | | | | | $-1.6853 \pm 0.4052$<br>$z = -4.159$ $p = \mathbf{0.000256}$ |

[a, b, c,] los periodos de tratamiento con superíndices diferentes son diferentes ($p < 0.05$). Los valores de $p$ marcados en negrita indican diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

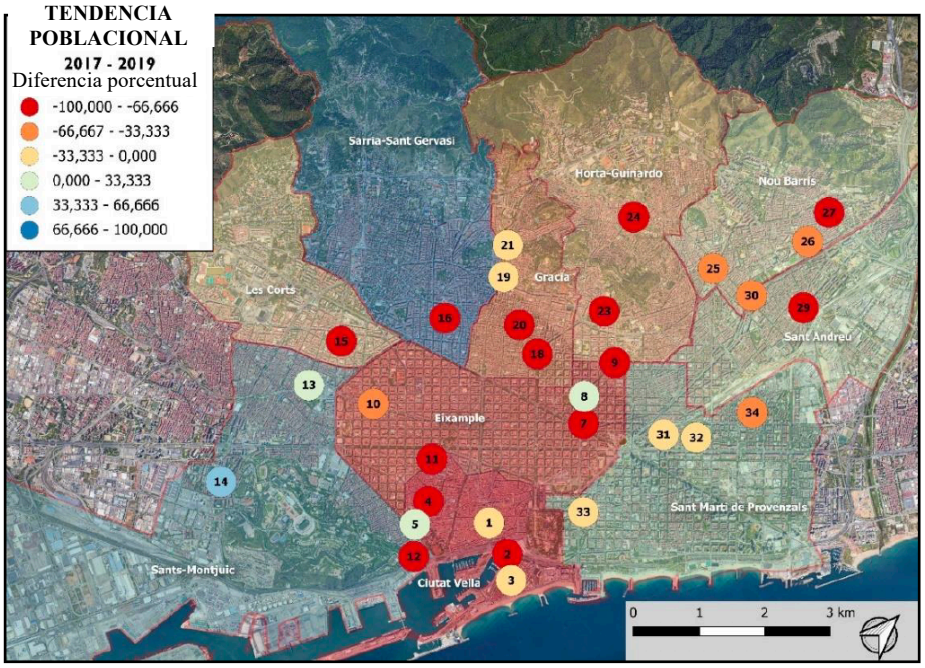


**Figura 8.** Mapa de las tendencias poblacionales registradas en las colonias de palomas a lo largo del periodo de estudio, desde 2017 pretratamiento hasta 2019 post-tratamiento.

Sin embargo, se registró una tendencia creciente durante el período no reproductivo 2018-2019 (Tablas 1 y 3), donde la población de palomas aumentó en un 29,93 % en promedio (757 palomas). En consecuencia, los hallazgos del análisis de las tendencias de la población entre los períodos de pretratamiento o post-tratamiento (Tablas 1 y 3) mostraron una tendencia decreciente significativa para 2017-2018 y 2017-2019 tanto en el periodo pretratamiento (2017-2018, -27.41%, -872 palomas; 2017-2019, -29.1%, -1230 palomas) y el periodo post-tratamiento (2017-2018, -37.59%, -1308 palomas; 2017-2019, -1,25.82% paloma), pero no para el periodo de 2018-2019.

3.3.1. Movilidad de Palomas entre Colonias

Durante el período de estudio, se realizaron nueve días de observación de palomas marcadas con anillos en las patas, realizados durante los tres periodos de censo de 2018. No se constató la presencia de palomas marcadas en PC vecinas durante todo el año 2018. Todas las palomas marcadas permanecieron dentro de su colonia.

3.3.2. Ingesta de NCZ por Especies No Objetivo

Durante el período de estudio se realizaron 678 evaluaciones de posibles consumos de NCZ por especies-no-objetivo. El consumo de las tórtolas turcas y la cantidad de producto consumido fue evaluado por observaciones visuales durante los censos alrededor de los AHF en el momento de la administración del producto. Aunque la presencia de otras aves en la zona fue documentada, no se registró consumo de producto por otras especies en los AHF, excepto en el caso de las tórtolas turcas (*Streptopelia decaocto*). La tórtolas turcas rara vez se observaron atraídas hacia siete PC (PC5, PC11 y PC24 en el grupo de prueba y PC4, PC8, PC29 y PC34 en el grupo control) durante los censos de 2017, y en dos PC (PC5 y PC31) durante 2018. Solo PC5 registró tórtolas turcas cebadas en los AHF en más de un censo, y no se registró el consumo de esta especie durante el 2019. La cantidad promedio consumida por las tórtolas turcas fue inferior a seis granos de maíz (2–3 g).

**4. Discusión**

El protocolo seguido durante el estudio ha demostrado no sólo ser eficaz en el objetivo de reducir el número de palomas en las colonias tratadas con Nicarbazina, sino también en el respeto del bienestar de los animales tratados y de las especies no objetivo. Se recomienda la implementación por las administraciones de control de la vida silvestre en entornos urbanos de sistemas de control efectivos y no-letales, usando NCZ para reducir la fertilidad en las colonias más conflictivas, ya que ha demostrado ser eficaz y, al mismo tiempo, responder al creciente interés de la ciudadanía [7–9].

Los resultados del estudio de superioridad de 2017 indicaron una menor tasa de reproducción de palomas en las colonias del grupo de prueba (tratadas con NCZ), con la consiguiente disminución del reclutamiento de juveniles y, como resultado, una disminución en el número de palomas en la colonia. La reducción conseguida durante 2017 en el grupo de prueba coincide con estudios anteriores usando NCZ, donde la reducción promedio alcanzada durante el primer año es 20-30% [5,10], presentando una tendencia poblacional significativamente diferente a la del grupo control. En esas colonias, la reproducción y, en consecuencia, el

reclutamiento de juveniles ha continuado en las tasas habituales, manteniendo así una tendencia creciente en el número de palomas.

La tendencia creciente que se registró en el grupo control se corresponde con la tendencia creciente obtenida de los censos de palomas que se realizaron en la ciudad de Barcelona cuando no había ninguna estrategia de control en vigor (encuesta de 2015: 85.777 ± 10.028 palomas; encuesta de 2017: 103.226 ± 14.353 palomas [26]). A pesar de las críticas hacia el método de la encuesta, debido a que estimaba la población de palomas en una ciudad como un todo en lugar de colonias independiente, el uso de índices controvertidos e intervalos de confianza altos (15% IC proporcionado) [27,28], los resultados se consideraron como información de apoyo para el estudio y como índice de abundancia relativa.

Los resultados del estudio de seguimiento de la población de tres años describen claramente una importante tendencia decreciente de la población a lo largo del período de estudio. El protocolo seguido fue eficaz para reducir a la mitad la población total de las colonias incluidas en el estudio. Los resultados de este estudio están de acuerdo con estudios previos, donde se observaron tendencias similares de control de colonias de palomas usando NCZ en Italia [5,10], España [11], USA [9] y en gansos de Canadá en USA [13].

En las regiones mediterráneas, la temporada de reproducción es larga y puede durar casi todo el año, con un pico de primavera-verano, y la contribución de los intentos de reproducción del invierno hacia el número anual de polluelos puede ser de hasta el 41 % [4,15]. En 2019, a parte de retrasar el tratamiento hasta el 1 de abril, el invierno (2018-2019) y la primavera fueron inusualmente de clima templado. Las favorables condiciones meteorológicas probablemente afectaron el éxito reproductivo de las palomas silvestres. La tendencia creciente antes mencionada durante el período no reproductivo 2018-2019 influyó en la población inicial durante el tratamiento de 2019 y, por lo tanto, influyó no solo los resultados del análisis de la tendencia de la población durante los períodos de pretratamiento o post-tratamiento entre los años de estudio, sino también los resultados generales después de tres años. Por lo tanto, para aumentar la eficacia del método propuesto, se recomienda implementar el método tan pronto como se manifiesta el comportamiento reproductivo que, en zonas de clima mediterráneo, puede ser tan pronto como febrero.

Los resultados de la prueba de movilidad, donde todas las palomas marcadas permanecieron en su PC, mostraron que cada una de las colonias actúa como una unidad independiente sin la mezcla de individuos. El uso de otros indicadores, como censos de radio alrededor del AHF, requeriría una previa demostración de que todas las palomas contadas dentro del radio del censo pertenecían a la colonia tratada. Como indicaron los resultados, no hay una sola población de palomas sino varios grupos independientes (colonias) con movimientos definidos hacia puntos de alimentación. Así, algunas palomas dentro del radio del censo pueden pertenecer a diferentes colonias alimentándose en otros lugares en lugar del AHF, es decir, no recibir tratamiento. Por lo tanto, esas palomas fueron excluidas del experimento y no son una muestra comparable.

El protocolo descrito en el presente estudio ha demostrado ser eficaz en no afectar a otras especies no objetivo. La NCZ fue seleccionada debido a su características farmacocinéticas, que presentan un impacto mínimo en las aves tratadas, especies no objetivo o el medio ambiente [29]. Para producir cualquier efecto tóxico, los mamíferos no objetivo (incluidos los humanos) tendrían que consumir grandes cantidades del producto. Basado en la datos de toxicología oral aguda LD50 en rata para causar efectos letales en el 50% de la población, una sola ingestión para un niño de 15 kg o un perro de 10 kg tendría que superar los 60 kg y 40 kg de cebo, respectivamente [29]. A pesar de ello, se hizo un esfuerzo adicional en el diseño del protocolo descrito para minimizar el tiempo que la NCZ estuvo disponible para el consumo, que fue, en promedio, 10 segundos, y así evitar el consumo por especies no objetivo. Como consecuencia, sólo algunas tórtolas turcas rara vez consumían una fracción de la dosis requerida de NCZ (10 g de producto), y no lo suficiente como para causar algún efecto en la reproducción, pero solo lo suficiente como para causar un efecto anticoccidial [19,20,22,23].

Se realizó un estudio publicado con anterioridad [30] para evaluar el efecto del tratamiento en las zonas circundantes a los AHF después de un año de tratamiento. La interpretación de los resultados de los autores, que afirman que no se registró ningún efecto del tratamiento, puede no ser correcta, ya que sus resultados indicaron una tendencia y diferencias estadísticas diferentes en el número de palomas debido al tratamiento entre las áreas de prueba y de control. Sin embargo, los autores del citado estudio no siguieron los principios y directrices de la EMA [14] en su metodología, aunque utilizan una parte de los datos del presente estudio. Según lo establecido en las directrices de la EMA [14], en nuestro estudio se ha evitado la comparación con controles externos, ya que puede llevar a conclusiones erróneas debido al hecho de que difieren del grupo de prueba en más factores que solo el tratamiento. En este estudio, se utilizó Barcelona, que es un área urbana densa con una gran variación en su infraestructura y espacios urbanos. Además, la comparación con controles externos se debe evitar debido a la existencia del efecto imán [5] en el zonas con AHF. Cuando surge una fuente de alimento estable y diaria, las palomas se sienten atraídas por ella, generando así un aumento de abundancia en las PC a su alrededor. Sin embargo, como resultado de no contar con esta fuente estable de alimento, la atracción hacia las zonas cercanas carece de control externo.

Los resultados del estudio de cambios en la palatabilidad (período no reproductivo 2017-2018) (Tabla 3, Figura 6) mostraron que, durante la época no reproductiva, no hay diferencias en la tendencia del número de palomas alimentadas diariamente en los AHF con NCZ o el control. Ambos grupos registraron la misma disminución en el número de palomas alimentándose en los AHF, lo cual está relacionado con la mortalidad natural durante el invierno. Los hallazgos del estudio actual, como la tendencia general creciente registrada durante el período no reproductivo 2018-2019 y las tendencias crecientes registradas en algunas PC, pueden sugerir un interés sostenido hacia los AHF.

Un comportamiento exhibido por las palomas y registrado durante el censo a lo largo el período de estudio fue que, 15 min antes de la hora de la administración diaria, las palomas ya se habían reunido en torno a la AHF, y, en el momento de la administración del tratamiento (Ovistop®), se habían establecido peleas para acceder a los granos (Figura 9, Video S1). Este comportamiento indica avidez por la comida, y ninguna de las observaciones mostró producto sin consumir. Según estudios anteriores [31], en estas peleas, los individuos adultos están siempre en primera línea debido a su mayor agresividad.

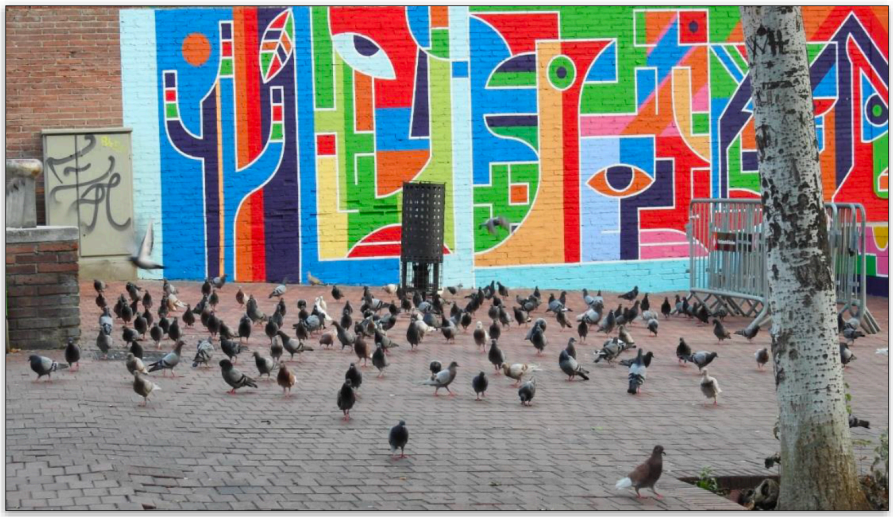

**Figura 9.** Palomas esperando alrededor de un AHF para la administración de la dosis.

Este comportamiento también puede indicar una mayor atracción y confianza de las palomas hacia los AHF, en comparación con la administración manual por parte de los operadores [5,11]. Las características proporcionadas por los AHF, tales como la distribución automática del producto en la mismo ubicación y tiempo durante todo el período de tratamiento, parecía aumentar la atracción y confianza del grupo de palomas en la colonia, aumentando la eficacia del tratamiento y reduciendo las diferencias en los resultados entre diferentes colonias. Otro implicación práctica importante es el coste del método de control de la fertilidad en comparación con otros métodos para controlar la abundancia de palomas en áreas urbanas. El coste del producto (Ovistop®) durante el periodo de estudio fue, en total, de 387.143 EUR (126.000 EUR en 2017, 144.755 EUR en 2018 y 116.388 euros en 2019). Por otro lado, el coste promedio anual de captura y eliminación en los últimos cinco años realizada en Barcelona fue de 90.000 euros/año, que habría resultado en 270.000 EUR durante los tres años del período de estudio. Mientras que los gastos producidos por el método de captura y eliminación deben mantenerse a largo plazo de forma anual, los gastos económicos de implementar un método de control de fertilidad, como la Nicarbazina, se reducen anualmente a medida que disminuye el número de palomas a tratar.

La principal limitación del protocolo utilizado es la presencia de personas alimentadoras en las zonas donde se ubicaron los AHF. Estos ciudadanos interfieren en el tratamiento moviendo palomas desde y hacia las áreas circundantes y aumentando la abundancia máxima de palomas en el colonia. Varias PC incluidas en el estudio se vieron gravemente afectadas por la presencia de alimentadores en diferentes situaciones. Durante el período no reproductivo 2017–2018, el número de palomas en las PC 1, 6, 14, 21 y 26 aumentaron significativamente. Estas PC están ubicadas en áreas fuertemente afectadas por la presencia de alimentadores. La PC5 está ubicada en un parque donde decenas de ciudadanos suministran diferentes cantidades de comida ininterrumpidamente a lo largo del día, mientras que, en PC26, un solo alimentador proporciona a la colonia aproximadamente siete kilogramos de alimento una vez al día.

Otra limitación de este estudio es la falta de datos sobre el efecto de la inmigración en el dinámica de las colonias. Por lo tanto, para mejorar la eficacia del método, futuras investigaciones deberían llevarse a cabo para investigar el impacto de la inmigración en la dinámica de la población de las colonias y, en particular, el papel de los juveniles. Además, hace falta más trabajo para establecer una mejor comprensión de los

movimientos diarios de las palomas en las zonas urbanas y para comprobar la presencia de los mismos individuos cebados en cada AHF.

## 5. Conclusiones

En definitiva, el presente estudio describe un protocolo eficiente que, mediante el uso de NCZ, es capaz de (1) controlar y reducir la abundancia de palomas en colonias tratadas, (2) no tener ningún impacto sobre las especies no objetivo y (3) no solo evitar el creciente rechazo hacia los métodos letales por la sociedad, sino responder al interés público sobre el bienestar animal proporcionando un método ético para controlar poblaciones sobreabundantes y/o conflictivas [7,8].

Por ello, la estrategia de gestión más eficiente para el control de la conflictividad de las colonias de palomas respetando el bienestar animal, debe incluir (1) el estudio de las incidencias con palomas registradas por el Ayuntamiento, que ha demostrado ser una fuente de datos útil para la ubicación de colonias conflictivas y áreas de anidación, (2) encuestas ciudadanas dirigidas a aumentar el conocimiento sobre las motivaciones de los ciudadanos para alimentarlas y, dilucidado por los hallazgos de (1) y (2), (3) el control de la fecundidad sobre las colonias conflictivas para reducir la abundancia de palomas, (4) una reducción en las áreas de anidación [4] y (5) campañas de concientización basadas en las motivaciones de los alimentadores para reducir la alimentación suplementaria.

**Materiales Suplementarios:** La siguiente información de apoyo se puede descargar en https://www.mdpi.com/article/10.3390/ani12070856/s1, Figura S1: mapa de las tendencias de la población registradas entre los períodos de pretratamiento y post-tratamiento de 2018 en las colonias de palomas incluidas en el estudio. Figura S2: Mapa de las tendencias de población registradas entre los periodos pretratamiento y post-tratamiento de 2019 en las colonias de palomas incluidas en el estudio. Video S1: Palomas esperando en torno a un AHF para la administración de la dosis y peleas por acceder a los granos.

**Contribuciones de los Autores:** Conceptualización, metodología, investigación, tratamiento de los datos, redacción—elaboración del borrador inicial, revisión y redacción y administración del proyecto, C.G.-C. y S. L.; análisis formal, C.G.-C.; supervisión, S.L. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiación**: Este estudio no recibió ninguna financiación externa.

**Declaración de la Junta de Revisión Institucional:** No se requirió la revisión y aprobación ética para este estudio debido a la Directiva de la UE 2010/63, artículo 1.5 "Esta Directiva no se aplicará a los siguiente supuestos: (b) prácticas veterinarias clínicas no-experimentales; y (f) prácticas que probablemente no causen dolor, sufrimiento, angustia o un daño duradero equivalente o superior al causado por la introducción de una aguja de conformidad con las buenas prácticas veterinarias.".

**Declaración de Disponibilidad de Datos:** Todos los datos utilizados se pueden encontrar en el presente estudio.

**Agradecimientos:** Queremos agradecer a la Oficina de Protección de los Animales (OPAB) del Ajuntament de Barcelona, especialmente a C. Maté y A. Ortonoves, que financiaron, apoyaron y colabaron en el networking necesario para la realización de este estudio. También estamos agradecidos a la empresa ZooEthics, cuyo notable trabajo facilitó el desarrollo de este complejo proyecto. También estamos en deuda con más de 100 estudiantes de veterinaria y ciencias ambientales de la UAB que participaron en los censos, por su colaboración y disposición para completar dicha recolección de datos. Por último, nuestro agradecimiento a todos aquellos que solidariamente nos han ayudado a mejorar durante estos años.

**Conflictos de Interés:** Los autores declaran no incurrir en ningún conflicto de interés.

**Traducción realizada por:**
Patrik Van Bergen Díaz
*Cambridge English Proficiency*
B2786727-500/7558/5

## Referencias


1. Luniak, M. Synurbization: Adaptation of animal wildlife to urban development. In Proceedings of the 4th International Urban Wildlife Symposium, Tucson, AZ, USA, 1–5 May 1999; University of Arizona: Tucson, AR, USA, 2004; pp. 50–55.
2. Lischka, S.A.; Teel, T.L.; Johnson, H.E.; Reed, S.E.; Breck, S.; Don Carlos, A.; Crooks, K.R. A conceptual model for the integration of social and ecological information to understand human-wildlife interactions. *Biol. Conserv.* **2018**, *225*, 80–87. [CrossRef]
3. Haag-Wackernagel, D.; Moch, H. Health hazards posed by feral pigeons. *J. Infect.* **2004**, *48*, 307–313. [CrossRef]
4. Giunchi, D.; Albores-Barajas, Y.V.; Baldaccini, N.E.; Vanni, L.; Soldatini, C.; Giaouris, E. Feral Pigeons: Problems, Dynamics and Control Methods. In *Integrated Pest Management and Pest Control*; Larramendy, M.L., Soloneski, S., Eds.; InTechOpen: Rijeka, Croatia, 2012; p. 450.
5. Albonetti, P.; Marletta, A.; Repetto, I.; Sasso, E. 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. *Vet. Ital.* **2015**, *51*, 63–72.
6. Senar, J.C.; Carrillo, J.; Arroyo, L.; Montalvo, T.; Peracho, V. Estima de la abundancia de palomas (*Columba livia* var) de la ciudad de Barcelona y valoración de la efectividad del control por eliminación de individuos. *Arx Miscel·Lànea Zoològica* **2009**, *7*, 62–71. [CrossRef]
7. Massei, G.; Cowan, D. Fertility control to mitigate human—Wildlife conflicts: A review. *Wildl. Res.* **2014**, *41*, 1–21. [CrossRef]
8. Fagerstone, K.A.; Miller, L.A.; Killian, G.; Yoder, C.A. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-Wildlife conflicts in North America. *Integr. Zool.* **2010**, *5*, 15–30. [CrossRef]
9. Fagerstone, K.A.; Miller, L.A.; Eisemann, J.D.; O'Hare, J.R.; Gionfriddo, J.P. Registration of wildlife contraceptives in the United States of America, with OvoControl and GonaCon immunocontraceptive vaccines as examples. *Wildl. Res.* **2008**, *35*, 586–592. [CrossRef]
10. Ferri, M.; Ferraresi, M.; Gelati, A.; Zannetti, G.; Ubaldi, A.; Contiero, B.; Bursi, E. Use of nicarbazinee in the control of urban pigeon colonies in italy in 1990–2007. *Ann. Fac. Med. Vet. Di. Parma.* **2009**, *29*, 91–102.
11. Lavín, S.; Casas-Díaz, E.; Marco, I. (Servei d' Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS), Departament de Medicina i Cirurgia Animals, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Barcelona, Spain) Avaluació del protocol experimental (any 2006) per al control de la població de coloms urbans mitjançant esterilització amb nicarbacina. Internal report. 2006; *unpublished*.
12. Avery, M.L.; Keacher, K.L.; Tillman, E.A. Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*) Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildl. Res.* **2008**, *35*, 80–85. [CrossRef]
13. Bynum, K.S.; Eisemann, J.D.; Weaver, G.C.; Yoder, C.A.; Fagerstone, K.A.; Miller, L.A. Nicarbazin OvoControl G Bait Reduces Hatchability of Eggs Laid by Resident Canada Geese in Oregon. *J. Wildl. Manag.* **2007**, *71*, 135–143. [CrossRef]
14. Committee for Medicinal Products for Veterinary Use (CVMP). Guideline on Statistical Principles for Clinical Trials for Veterinary Medicinal Products (Pharmaceuticals). Ema/Cvmp/Ewp/81976/2010. London, 2012. Available online: https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-statistical-principles-clinical-trials-veterinary-medicinal-products-pharmaceuticals_en.pdf (accessed on 10 March 2017).
15. Giunchi, D.; Baldaccini, N.E.; Sbragia, G.; Soldatini, C. On the use of pharmacological sterilisation to control feral pigeon populations. *Wildl. Res.* **2007**, *34*, 306–318. [CrossRef]
16. Kautz, J.E.; Seamans, T.W. Estimating Age of Nestling and Juvenile Feral Rock Doves. *J. Wildl. Manag.* **1986**, *50*, 544. [CrossRef]
17. Anton, M.; Herrando, S.; Garcia, D.; Ferrer, X.; Cebrian, R. *Atles Dels Ocells Nidificants De Barcelona*; Universitat de Barcelona: Barcelona, Spain, 2017.
18. Rogers, E.F.; Brown, R.D.; Brow, J.E.; Kazazis, D.M.; Leanza, W.J.; Nichols, J.R.; Ostlind, D.A.; Rodino, T.M. Nicarbazin complex yields dinitrocarbanilide as ultrafine crystals with improved anticoccidial activity. *Science* **1983**, *222*, 630–632. [CrossRef] [PubMed]
19. Jones, J.E.; Solis, J.; Hughes, B.L.; Castaldo, D.J.; Toler, J.E. Reproduction Responses of Broiler-Breeders to Anticoccidial Agents. *Poult. Sci.* **1990**, *69*, 27–36. [CrossRef] [PubMed]
20. Hughes, B.L.; Jones, J.E.; Toler, J.E.; Solis, J.; Castaldo, D.J. Effects of exposing broiler breeders to nicarbazin contaminated feed. *Poult. Sci.* **1991**, *70*, 476–482. [CrossRef] [PubMed]
21. Johnston, J.J.; Britton, W.M.; MacDonald, A.; Primus, T.M.; Goodal, M.J.; Yoder, C.A.; Miller, L.A.; Fagerstone, K.A. 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.* **2002**, *58*, 197–202. [CrossRef]
22. Yoder, C.A.; Miller, L.A.; Bynum, K.S. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poult. Sci.* **2005**, *84*, 1491–1494. [CrossRef]
23. Bursi, E.; Gelati, A.; Ferraresi, M.; Zannetti, G. Impiego della Nicarbazina nel controllo della riproduzione del colombo randagio di città. *Ann. Della Fac. Di Med. Vet. Di Parma.* **2001**, *21*, 97–115.
24. Bates, D.; Mächler, M.; Bolker, B.; Walker, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Softw.* **2015**, *67*, 1–48. [CrossRef]
25. Package "multcomp" Title Simultaneous Inference in General Parametric Models. Available online: http://multcomp.r-forge.r-project.org (accessed on 29 December 2021).
26. Navalpotro, H.; Senar, J.C. (Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Barcelona, Spain) Cens de la població de coloms a Barcelona: Fase pre-tractament amb Ovistop. Barcelona. Internal Report. 2017; *unpublished*.
27. Giunchi, D.; Vanni, L.; Soldatini, C.; Albores-Barajas, Y.V.; Baldaccini, N.E. Old and novel methods for estimating Feral Pigeons (*Columba livia f. domestica*) population size: A reply to Amoruso et al. (2013). *Urban Ecosyst.* **2014**, *17*, 719–722. [CrossRef]
28. Barrientos, Z.; Seas, C. An improved method to estimate pigeon populations in urban areas. *UNED Res. J.* **2018**, *10*, 41–47. [CrossRef]
29. Environmental Protection Agency (EPA). Pesticide Fact Sheet: Nicarbazin. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. Available online: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-085712_01-Nov-05.pdf. (accessed on 10 March 2017).
30. Senar, J.C.; Navalpotro, H.; Pascual, J.; Montalvo, T. Nicarbazin has no effect on reducing feral pigeon populations in Barcelona. *Pest Manag. Sci.* **2021**, *77*, 131–137. [CrossRef] [PubMed]
31. Sol, D.; Santos, D.M.; Garcia, J.; Cuadrado, M. Competition for food in urban pigeons: The cost of being juvenile. *Condor* **1998**, *100*, 298–304. [CrossRef]