



Article

Cuatro años de un prometedor programa de Captura-Esterilización-Retorno (CER) en Córdoba, España: Un modelo escalable para la gestión felina urbana

Octavio P. Luzardo ^{1,2,3,*}, Mercedes Vara-Rascón ^{4,†}, Agnès Dufau ⁴, Emma Infante ⁴
and María del Mar Travieso-Aja ^{1,3}

¹ Biomedical and Health Research Institute (IUIBS), University of Las Palmas de Gran Canaria, 35016 Las Palmas de Gran Canaria, Spain; marimar.travieso@ulpgc.es

² Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, 35413 Las Palmas de Gran Canaria, Spain

³ Clinical Sciences Department, University of Las Palmas de Gran Canaria, 35016 Las Palmas de Gran Canaria, Spain

⁴ FdCATS, 14004 Córdoba, Spain; info@fdcats.com (M.V.-R.); agnesdufau@hotmail.com (A.D.); emmafutur@gmail.com (E.I.)

* Correspondence: octavio.perez@ulpgc.es; Tel.: +34-928-451-424; Fax: +34-928-451-416

† These authors contributed equally to this work.

Resumen sencillo: El programa de Captura-Esterilización-Retorno (CER) de Córdoba, España, demuestra cómo intervenciones bien coordinadas a nivel de toda la ciudad pueden gestionar de manera ética y efectiva las poblaciones urbanas de gatos en libertad. A lo largo de cuatro años, el programa logró altas tasas de esterilización en 225 colonias, estabilizando las poblaciones y abordando desafíos como el abandono y la llegada de gatos desde áreas no gestionadas. Un análisis de viabilidad poblacional (PVA) proyecta una reducción significativa del 55% en la población para 2028, lo que subraya la importancia de esfuerzos sostenidos, la implicación de la comunidad y estrategias focalizadas. En este estudio, la iniciativa CER de Córdoba se presenta como un modelo escalable y pionero para la gestión felina urbana a gran escala en Europa.

Resumen: Las poblaciones urbanas de gatos en libertad (o gatos comunitarios, según la legislación española) presentan desafíos complejos, incluyendo riesgos para la salud pública, conflictos de convivencia con los residentes, bienestar animal y amenazas para la conservación de la biodiversidad. En 2020, Córdoba, España, inició uno de los programas de Captura-Esterilización-Retorno (CER) más amplios a nivel municipal, incorporando 225 grupos de gatos (habitualmente denominados colonias) dentro de un marco de gestión meticulosamente estructurado. A lo largo de cuatro años, el programa estabilizó las poblaciones felinas, alcanzando una cobertura de esterilización del 95% y limitando eficazmente el crecimiento poblacional a pesar de desafíos externos, como el abandono, la llegada de gatos desde áreas no gestionadas y los efectos compensatorios. Aunque la población general mostró un descenso moderado del 2,68%, este resultado refleja no solo la reciente incorporación de numerosas colonias aún en proceso de estabilización, sino también la prevención de un crecimiento poblacional estimado del 70% en ausencia de intervención, según nuestro análisis de viabilidad poblacional (PVA). Los resultados clave destacan la rentabilidad del programa, con un coste medio anual de 0,62 EUR por persona. Las proyecciones a largo plazo del análisis de viabilidad poblacional, basadas en modelización demográfica, sugieren una posible reducción del 55% en la población para 2028, siempre que los esfuerzos se mantengan. La integración del programa con la ciencia

Academic Editor: Laura A. Reese
and Amanda Whitfort

Received: 4 January 2025

Revised: 3 February 2025

Accepted: 5 February 2025

Published: date

Citation: Luzardo, O.P.;
Vara-Rascón, M.; Dufau, A.; Infante,
E.; Travieso-Aja, M.d.M. Four Years
of Promising Trap–Neuter–Return
(TNR) in Córdoba, Spain: A Scalable
Model for Urban Feline
Management. *Animals* **2025**, *15*, x.
<https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Copyright: © 2025 by the authors.
Submitted for possible open access
publication under the terms and
conditions of the Creative Commons
Attribution (CC BY) license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ciudadana, la recopilación sistemática de datos y la gestión adaptativa demuestra su escalabilidad y replicabilidad como modelo para la gestión felina en entornos urbanos y periurbanos a nivel global. Su importancia no radica solo en su alcance y magnitud, sino también en la demostración de la viabilidad ética y práctica de iniciativas CER a gran escala en contextos urbanos. El programa de Córdoba, que antecede a la Ley 7/2023 de Bienestar Animal de España, la cual obliga a establecer planes estructurados de gestión de colonias felinas, representa un marco pionero de cumplimiento e innovación en la gestión de animales urbanos. Estos hallazgos subrayan el papel crítico de las intervenciones sostenidas, la colaboración comunitaria y los marcos legales para garantizar el éxito a largo plazo y abordar desafíos globales en el bienestar animal urbano y la conservación de la biodiversidad.

Palabras clave: Captura-Esterilización-Retorno (CER); TNR; gatos ferales; gatos comunitarios; ecología urbana; poblaciones animales urbanas; conservación de la vida silvestre; participación comunitaria; legislación sobre bienestar animal.

1. Introducción

Las áreas urbanas de todo el mundo enfrentan cada vez más el desafío de gestionar las poblaciones de gatos en libertad, lo que genera preocupaciones en torno a la biodiversidad, la salud pública y el bienestar animal. Si bien las poblaciones felinas no controladas se han asociado con la depredación de la fauna nativa y la disminución de ciertas especies de aves y pequeños mamíferos en diversos ecosistemas [1], la magnitud e importancia de estos impactos pueden variar. En entornos urbanos, la depredación puede ser menos frecuente, ya que los gatos en libertad suelen tener acceso a fuentes de alimento proporcionadas por los humanos [2]. Sin embargo, su presencia puede contribuir al declive de ciertas especies, particularmente en áreas con disponibilidad limitada de presas (por ejemplo, parques y espacios verdes) [3]. Además, pueden alterar los patrones de actividad de la fauna urbana, modificando su comportamiento natural [4]. En áreas periurbanas, donde los hábitats están más interconectados, la depredación felina representa una amenaza mayor para la biodiversidad local [5].

Las altas densidades de gatos en libertad en entornos urbanos (hasta 2500 gatos/km²) también plantean desafíos como molestias públicas, transmisión de enfermedades zoonóticas y felinas, y contaminación de los espacios públicos [6–8]. Estas problemáticas han impulsado un creciente interés global en estrategias de gestión humanitaria como el método de Captura-Esterilización-Retorno (CER), que ha demostrado ser eficaz para estabilizar las poblaciones de gatos cuando se implementa con suficiente intensidad y cobertura espacial. No obstante, factores como bajas tasas de esterilización, falta de continuidad espacial o llegada de gatos no gestionados pueden comprometer su éxito en algunos contextos [9,10]. Para que un programa de CER sea exitoso, se requiere una cobertura de esterilización alta, monitoreo continuo y mitigación de factores externos como el abandono y el ingreso de gatos sin esterilizar [7,8,11–14]. Este enfoque ha sido adoptado en numerosos países, incluidos Italia, Suiza, Estados Unidos e Israel, donde los programas urbanos de CER han reportado reducciones en las poblaciones felinas y mejoras en la satisfacción pública [7,9,15–17]. La creciente demanda social por soluciones éticas también impulsa la adopción del CER, ya que la opinión pública favorece cada vez más métodos de gestión no letales sobre la erradicación o la inacción. Mientras que algunas organizaciones de bienestar animal critican el CER por exponer a los gatos a riesgos en el exterior y abogan por su reubicación en santuarios, otros sectores se oponen al CER por razones ideológicas o teóricas relacionadas con el bienestar animal, favoreciendo el sacrificio y presentándolo

como una alternativa más humanitaria [18]. A pesar de estas posturas polarizadas, las encuestas muestran un fuerte respaldo público al CER como una solución práctica y ética para la gestión de gatos en libertad [19,20].

El éxito de los proyectos de gestión felina urbana en todo el mundo suele estar vinculado a marcos colaborativos entre ciudadanos, instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales. A través de esfuerzos coordinados, estos actores han logrado implementar programas de CER de manera efectiva, optimizando recursos y alineando estrategias. Por ejemplo, en países como Suiza [17] o Estados Unidos [21–23], la cooperación entre autoridades municipales, asociaciones veterinarias y comunidades locales ha permitido reducciones sostenibles en las poblaciones de gatos en libertad. Estos casos subrayan la importancia de integrar el apoyo institucional con la participación comunitaria como una piedra angular del éxito a largo plazo de los programas de CER en otras regiones. Los municipios y los colegios veterinarios desempeñan un papel crítico al proporcionar apoyo organizativo y supervisión estructural para sostener y coordinar los esfuerzos de CER, especialmente en áreas con recursos limitados. A medida que más ciudades adoptan estos marcos colaborativos, la necesidad de una estructura legal formal se hace cada vez más evidente.

La ciencia ciudadana ha emergido como una herramienta clave en la gestión de poblaciones urbanas de gatos en libertad, especialmente en programas que implementan estrategias de CER [24]. Al empoderar al público para que participe activamente en la recopilación de datos y el monitoreo, la ciencia ciudadana amplía el alcance de los programas de CER y garantiza un flujo continuo de información. En el barrio de Humboldt Park, en Chicago, el programa Cats in My Yard (CIMY) demostró el impacto de la participación ciudadana, logrando una reducción del 82% en la población local de gatos en libertad en una década, gracias a un registro meticuloso y esfuerzos coordinados de CER liderados por una única científica ciudadana [22]. Éxitos similares se han documentado en Australia del Sur, donde el proyecto Cat Tracker resaltó la importancia de la participación pública en la recopilación de datos sobre el comportamiento y la dinámica poblacional de los gatos, lo que contribuye al desarrollo de estrategias de gestión informadas [25]. Además, estudios de caso internacionales, como el proyecto CatScape en Noruega [26] y los programas de CER en Suiza [17], han demostrado que la recopilación de datos liderada por ciudadanos proporciona información esencial sobre los patrones espaciales y el impacto ecológico de los gatos en libertad.

En España, la gestión de los gatos en libertad ha evolucionado a través de esfuerzos progresivos a nivel regional y municipal. Las primeras referencias legales a los gatos como especie aparecieron en la Ley de Protección Animal 3/1988 de Cataluña y en la Ley de Bienestar Animal 7/1990 de Castilla-La Mancha (modificada en 2020) [27,28]. Los gatos en libertad fueron mencionados específicamente por primera vez en la Ley de Protección Animal 13/2002 de Asturias [29]. En 2015, Ceuta se convirtió en la primera región en incluir explícitamente el CER en su marco legal, seguida por avances legislativos similares en Madrid, Galicia y Murcia [30]. Barcelona estableció un referente nacional con su ordenanza de 2014, que formalizó los esfuerzos de CER iniciados en 2008 mediante acuerdos de subvención con ONG locales y la creación de un centro municipal de esterilización. España también ha albergado dos foros parlamentarios nacionales y un foro regional en Andalucía, lo que demuestra su compromiso con la gestión ética de los felinos y culminó en la promulgación de la Ley de Bienestar Animal 7/2023 [30–32]. Esta ley redefine a los gatos en libertad o ferales como “gatos comunitarios”, por lo que emplearemos este término de manera consistente a lo largo del manuscrito.

Sobre esta base, Córdoba desarrolló uno de los programas de CER más estructurados y colaborativos de España. La alta densidad de gatos comunitarios en Córdoba, junto con una creciente demanda pública por soluciones éticas, motivaron el desarrollo de este

programa estructurado y colaborativo. Con la participación de actores clave como Saneamientos de Córdoba, una empresa pública (SADECO), el Colegio Oficial de Veterinarios y la Federación de Asociaciones de Protección Animal de Córdoba (FAPAC), esta iniciativa ilustra el potencial de combinar conocimiento científico, compromiso político y experiencia veterinaria para crear un modelo replicable de gestión de poblaciones de gatos comunitarios. El enfoque de Córdoba demuestra cómo los esfuerzos localizados pueden servir como un ejemplo práctico de gestión ética de felinos.

El objetivo de este estudio es documentar el desarrollo e implementación del modelo CER de Córdoba, centrándose en el marco colaborativo establecido entre ciudadanos, instituciones y veterinarios. Se evaluará el progreso logrado a lo largo de cuatro años de aplicación continua, proporcionando un análisis detallado de la estructura, estrategias y resultados del programa. Este trabajo busca contribuir al debate global sobre la gestión ética y sostenible de los gatos comunitarios, ofreciendo un modelo que pueda adaptarse a desafíos similares en otras regiones.

2. Material y Métodos

2.1. Contexto y Área de Estudio

Córdoba, una ciudad histórica en Andalucía, al sur de España, ostenta el récord de ser la ciudad con más reconocimientos de Patrimonio Mundial de la UNESCO en el mundo. Alberga cuatro sitios designados: la Mezquita-Catedral (1984), el Casco Histórico (1994), la Fiesta de los Patios (2012) y Medina Azahara (2018) [33]. Estos monumentos, junto con numerosos otros tesoros históricos y culturales, posicionan a Córdoba como un destino global destacado. Este rico patrimonio se complementa con lugares como el Molino de la Albolafia y el Alcázar de los Reyes Cristianos, ambos situados dentro de los límites del Casco Histórico. Cabe destacar que estos monumentos y sus alrededores a menudo sirven de hábitat para colonias de gatos comunitarios, un término ampliamente utilizado en la gestión felina y adoptado por la Ley 7/2023 de Bienestar Animal de España para referirse a agrupaciones de gatos en libertad gestionadas bajo programas de Captura-Esterilización-Retorno (CER). Esto resalta la compleja relación entre la conservación del patrimonio cultural y la gestión de la fauna urbana.

Con una extensión de aproximadamente 1253 kilómetros cuadrados y una población de alrededor de 325,000 personas [34], Córdoba presenta una combinación de espacios urbanos, suburbanos y verdes. Su clima mediterráneo—caracterizado por veranos calurosos e inviernos templados—favorece la actividad de los gatos en libertad durante todo el año. Según nuestro censo, la gran mayoría de los gatos en la ciudad han sido contabilizados; sin embargo, el número de gatos en libertad en las áreas periféricas sigue siendo incierto y, según estimaciones aproximadas, podría aumentar el censo actual hasta en un 70%.

Antes de la implementación del programa CER, la ciudad enfrentaba importantes desafíos en la gestión de las poblaciones de gatos comunitarios. Las colonias (emplearemos este término ampliamente reconocido para referirnos a las agrupaciones de gatos a lo largo del manuscrito) solían superar los 150 individuos, lo que generaba problemas como envenenamientos, atropellos y brotes de enfermedades felinas. Estas colonias dependen principalmente de la alimentación proporcionada por cuidadoras de colonias, aunque algunos gatos también se alimentan de manera oportunista de basura o pequeñas presas. Los esfuerzos independientes de esterilización llevados a cabo por ciudadanos y asociaciones de bienestar animal resultaban insuficientes, mientras que los conflictos entre defensores de los gatos y residentes que los percibían como una molestia eran frecuentes.

La ausencia de una estrategia de gestión oficial y un marco legal hasta finales de 2023 complicó aún más la situación. El programa CER se puso en marcha poco después del

confinamiento por la COVID-19, un período que exacerbó el crecimiento poblacional debido a la interrupción temporal de los ya limitados esfuerzos de esterilización.

2.2. Metodología: Coordinación, Logística y Participación Comunitaria

El programa de Captura-Esterilización-Retorno (CER) en Córdoba se implementó dentro de un marco de coordinación integral y colaborativo que reunió a los principales actores involucrados. El equipo central, compuesto por los coordinadores del proyecto de FAPAC, representantes del Colegio Oficial de Veterinarios, SADECO y el ayuntamiento, supervisó todos los aspectos de la planificación e implementación.

Esta comisión multidisciplinaria se reunió al menos dos veces al año para evaluar el progreso del programa, abordar desafíos y refinar estrategias. Estas reuniones sirvieron como una plataforma crítica para la toma de decisiones colectivas y fortalecieron la capacidad de adaptación del programa.

La estructura logística del programa se basó en un enfoque altamente organizado, priorizando los esfuerzos de esterilización en colonias geográficamente contiguas para optimizar los recursos y maximizar el impacto, como se recomienda [14]. Se llevaron a cabo sesiones de captura masiva en las colonias objetivo, lo que resultó crucial para estabilizar rápidamente la población. Las trampas utilizadas fueron principalmente trampas Tomahawk (Tomahawk Live Trap Co., Ltd., Hazelhurst, WI, USA); sin embargo, en casos desafiantes o colonias de alta densidad se emplearon métodos complementarios como trampas de caída o redes blandas de gran tamaño. Al mismo tiempo, el programa mantuvo la flexibilidad para adaptarse rápidamente, aprovechando oportunidades imprevistas para capturar y esterilizar gatos. El trabajo de campo presentó desafíos, como comportamientos inesperados de los felinos, incluyendo reticencia a entrar en las trampas a pesar del cebo y disputas territoriales entre gatos durante las sesiones de captura. Además, la coordinación de grandes equipos de voluntarios en colonias dispersas requirió ajustes continuos y protocolos de comunicación claros.

Se utilizó un enfoque concéntrico único para priorizar las colonias incluidas en el programa CER. Inicialmente, el programa se centró en el centro histórico de Córdoba, una zona con alta actividad turística, colonias densamente pobladas y gran visibilidad pública. Esta priorización buscó abordar ubicaciones con la mayor concentración de gatos y el mayor potencial de conflictos entre humanos y felinos. Para la mayoría de las colonias, los esfuerzos de esterilización se completaron dentro del primer año de su inclusión en el programa, siguiendo la estrategia de intervenir completamente en un área antes de avanzar a la siguiente. En los años posteriores, las esterilizaciones fueron principalmente intervenciones de mantenimiento, dirigidas a nuevas llegadas por abandono o migración en lugar de individuos sin esterilizar presentes en las intervenciones iniciales. Gradualmente, el programa se expandió hacia las áreas periurbanas, donde las colonias estaban más dispersas geográficamente e incluían gatos semidomesticados sin esterilizar. Estos son gatos en libertad que reciben cierto nivel de cuidado, como alimentación, de parte de humanos, pero que no tienen un dueño definido y carecen de supervisión veterinaria adecuada, incluyendo la esterilización. Para 2024, la mayoría de las colonias recientemente incorporadas se encontraban en zonas periféricas, incluyendo áreas industriales y agrícolas, donde las agregaciones de gatos en libertad con frecuencia superaban los 150 individuos. Estas grandes colonias presentaban desafíos únicos debido a su tamaño y difícil acceso, lo que requirió estrategias adaptativas para alcanzar altas tasas de esterilización de manera efectiva. Las colonias fueron identificadas inicialmente mediante reportes ciudadanos, registros de cuidadoras y encuestas preliminares realizadas por organizaciones locales de protección animal. Este enfoque por fases optimizó la asignación de recursos, permitiendo intervenciones de alto impacto en las áreas con mayor necesidad, mientras se ampliaba progresivamente la cobertura hacia regiones más remotas.

Toda la financiación del programa, incluyendo esterilizaciones, suministros logísticos y costos veterinarios, fue proporcionada por el Ayuntamiento de Córdoba y gestionada por SADECO, la empresa municipal de saneamiento. FdCATS (<https://www.fdcats.com/>) y FAPAC brindaron apoyo organizativo clave, pero carecían de los recursos financieros para sostener de manera independiente un programa de esta magnitud. Sus funciones se centraron en la coordinación y facilitación logística, en lugar de contribuciones financieras directas. Es importante destacar que no se proporcionó compensación económica a voluntarios, capturadores, cuidadoras de colonias ni coordinadores por su labor. Estas funciones fueron desempeñadas de manera completamente altruista. Los voluntarios continuaron cubriendo el costo de la alimentación de los gatos en la mayoría de los casos, aunque ya no tuvieron que asumir los gastos veterinarios de esterilización o atención médica, como solían hacer antes de la implementación del programa.

Cabe señalar que ni las asociaciones ni los voluntarios estuvieron involucrados en transacciones financieras en ninguna etapa. Todas las necesidades logísticas—como la reposición de materiales, comederos de tolva, refugios y, en casos específicos, la reubicación de recursos dentro del área de hogar de los gatos o la provisión de alimento de alta calidad—fueron comunicadas al comité de coordinación. Una vez aprobadas, la empresa pública de saneamiento, SADECO, gestionó todas las compras, pagos y suministros. Este sistema centralizado de gestión financiera garantizó una asignación eficiente y transparente de los recursos, reforzando la integridad y la rendición de cuentas del programa.

Se estableció una red de comunicación sólida, principalmente entre la cuidadora principal de cada colonia y las dos representantes de FAPAC responsables de la coordinación, una de las cuales es la primera coautora de este manuscrito. Estas representantes actuaron como enlaces con SADECO y los representantes del Colegio de Veterinarios, asegurando una comunicación eficiente entre todos los actores involucrados. Múltiples grupos de WhatsApp facilitaron actualizaciones constantes y respuestas inmediatas a los desafíos en el campo, permitiendo al equipo gestionar eficazmente la complejidad de trabajar con 225 colonias.

Las cuidadoras voluntarias desempeñaron un papel fundamental en el programa, con su participación estructurada y regulada para garantizar altos estándares en la gestión de colonias. Además, los capturadores voluntarios fueron clave en el éxito del programa, realizando esfuerzos de captura coordinados para garantizar altas tasas de esterilización y estabilizar las poblaciones felinas de manera eficiente. Para reclutar capturadores, se realizaron esfuerzos de divulgación a través de asociaciones de bienestar animal, grupos vecinales y eventos públicos, y muchas cuidadoras también participaron como capturadoras. Las recomendaciones de boca en boca fortalecieron aún más esta red. Para unirse al programa, las cuidadoras debían completar un curso inicial de gestión de colonias, tras lo cual recibían una acreditación emitida por el ayuntamiento. Esta formación cubría temas esenciales como protocolos de alimentación, estrategias de CER de alta intensidad, reporte de datos y mejores prácticas para la gestión de colonias en entornos urbanos y periurbanos. La certificación no solo brindó conocimientos esenciales, sino que también empoderó a las cuidadoras, proporcionando reconocimiento formal y fomentando la confianza con las autoridades locales. Esto fue particularmente importante dado el historial de sanciones impuestas a cuidadoras bajo normativas municipales obsoletas. Las cuidadoras también debían repetir la formación cuando fuera necesario, especialmente en casos donde las colonias mostraran signos de mala gestión, como prácticas de alimentación inadecuadas, falta de reporte de actualizaciones o negligencia en el cuidado de los gatos. Este sistema garantizó la responsabilidad y consistencia en toda la red de cuidadoras.

La participación comunitaria sirvió como un pilar fundamental para la expansión del programa. Se organizaron reuniones informativas según fuera necesario para incorporar

nuevas colonias, a menudo en colaboración con asociaciones vecinales, eventos públicos y ferias locales. Estos esfuerzos de divulgación no solo aumentaron la participación, sino que también sirvieron como plataforma para educar a los residentes sobre el cuidado responsable de los gatos, la prevención del abandono y los beneficios del programa CER, fomentando la confianza y un sentido de responsabilidad compartida entre los ciudadanos de Córdoba.

Las iniciativas de adopción formaron una parte integral del programa CER y fueron gestionadas en su totalidad por SADECO. Las adopciones se limitaron a gatitos en período de socialización (menores de 7 a 9 semanas), ya que los gatos comunitarios no suelen tolerar el confinamiento [12,35]. En raros casos, también se dieron en adopción gatos domésticos adultos abandonados con alta sociabilidad. Estos casos fueron reportados por las cuidadoras de colonias, quienes notificaban inmediatamente a SADECO para su rescate y reubicación en instalaciones municipales. Este proceso no solo contribuyó a la gestión poblacional, sino que también garantizó el bienestar de los individuos más vulnerables o sociables.

2.3. Procedimientos Veterinarios y Validación de Datos

Las clínicas veterinarias que participaron en el programa CER siguieron procedimientos estandarizados para garantizar la consistencia y calidad en el proceso de esterilización. Las clínicas fueron reclutadas a través de un acuerdo marco firmado con el Colegio Oficial de Veterinarios de Córdoba. Tras la firma de este acuerdo, se emitió una convocatoria general a todas las clínicas, invitándolas a unirse voluntariamente al programa. Cada clínica participante firmó un acuerdo individual con el Colegio, aceptando los términos y condiciones del programa, incluidos los honorarios acordados por cada procedimiento.

Los gatos fueron capturados y transportados a las clínicas según un calendario rotativo, con dos clínicas asignadas semanalmente de un grupo de 23 clínicas participantes. Siempre se predesignaba una tercera clínica como respaldo para atender un volumen alto de capturas, asegurando así la esterilización sin retrasos. En promedio, las clínicas atendían entre 15 y 20 gatos por semana, dependiendo de su capacidad y del éxito en las capturas. Las actividades de captura se llevaron a cabo durante todo el año, con pausas programadas en Semana Santa, julio, agosto y diciembre para adaptarse a las condiciones estacionales.

Los procedimientos quirúrgicos siguieron los estándares de esterilización de alto volumen y alta calidad (High-Quality, High-Volume Spay-Neuter, HQHVSN) [36]. Cada gato fue sometido a una evaluación preoperatoria, cirugía de esterilización, desparasitación, vacunación, marcaje auricular (ear tipping) y colocación de microchip. Los gatos permanecían bajo observación en las clínicas veterinarias durante un promedio de 24 horas después de la cirugía. Sin embargo, la decisión final sobre el alta la tomaba el veterinario responsable, quien se aseguraba de que los gatos estuvieran completamente despiertos, alertas y comiendo de manera independiente antes de su liberación. Este período variaba según la complejidad de la cirugía y el estado individual de cada gato. Se monitorearon posibles complicaciones postoperatorias y se tomaron fotografías de las incisiones quirúrgicas y de los órganos reproductivos (en casos de gestación) como parte de la documentación del procedimiento. Todos los gatos recibieron desparasitación interna y externa, así como vacunación antirrábica. El programa no incluyó la vacunación trivalente debido a preocupaciones sobre su efectividad sin refuerzos posteriores, el aumento de costos y el posible riesgo de complicaciones postquirúrgicas, dado el alto volumen de cirugías realizadas simultáneamente.

Los costos de esterilización fueron cubiertos por SADECO, la empresa municipal de saneamiento, que reembolsaba a las clínicas en función de facturas mensuales. Las clínicas

veterinarias gestionaban internamente los recursos y los horarios del personal para completar la documentación requerida por el programa.

La validación de datos fue un componente crítico del programa, garantizando la transparencia y fiabilidad de todas las intervenciones. Las clínicas veterinarias presentaban formularios detallados del censo junto con evidencia fotográfica de cada procedimiento. Estos registros eran minuciosamente verificados por FAPAC para contrastarlos con las facturas emitidas por las clínicas. Además, los veterinarios realizaban una segunda validación de los datos recopilados, y los coordinadores del programa llevaban a cabo revisiones exhaustivas y continuas de todos los registros para asegurar la coherencia y precisión. Una vez validados, SADECO procesaba los pagos correspondientes.

Las capturas continuas después de los esfuerzos iniciales de captura masiva fueron realizadas por cuidadoras y voluntarios. Siempre que se identificaban nuevos gatos en las colonias, las cuidadoras, a menudo con el apoyo de capturadores experimentados, los capturaban rápidamente y programaban su esterilización en una de las clínicas participantes. Esta estrategia garantizó el mantenimiento y la estabilidad a largo plazo de las colonias, incluso durante los períodos de seguimiento que se extendieron por cuatro años.

2.4. Gestión de Datos y Análisis Estadísticos

El programa empleó herramientas tecnológicas accesibles y métodos estadísticos sólidos para gestionar y analizar los datos de manera efectiva. Google Maps se utilizó para geolocalizar las colonias de gatos, creando mapas interactivos para voluntarios y coordinadores (Figura 1). Estos mapas facilitaron la planificación eficiente de las actividades de captura, esterilización y retorno, asegurando un flujo de trabajo optimizado. Los datos de los formularios censales (<https://www.fdcats.com/herramientas/#ficha>, consultado el 10 de diciembre de 2024), fotografías y videos fueron organizados sistemáticamente en hojas de cálculo de Excel. Estos formularios censales, proporcionados por FdCATS, fueron fundamentales para estandarizar la recopilación de datos en todas las colonias.

El sitio web de FdCATS también alberga una variedad de materiales adicionales, incluidas guías detalladas y recursos sobre la gestión de colonias y la metodología CER, que fueron esenciales para la implementación estructurada del programa. Cada colonia tenía una carpeta dedicada que contenía registros individuales de cada gato, incluyendo detalles de identificación, estado de salud e historial de intervenciones. Este enfoque estructurado garantizó que toda la información se mantuviera accesible, precisa y actualizada. Estos registros sirvieron como base para monitorear las tendencias poblacionales a lo largo del tiempo.

Las cuidadoras y los voluntarios documentaban regularmente las principales dinámicas poblacionales, como nacimientos, abandonos, muertes y nuevas llegadas, utilizando formularios estandarizados proporcionados por FdCATS. Estos informes se enviaban a FAPAC para su validación, donde se cruzaban con los registros veterinarios para garantizar la precisión y coherencia de los datos. Por su parte, los registros veterinarios documentaban cada procedimiento de esterilización, incluyendo información detallada sobre el sexo del gato, su estado de salud y evidencia fotográfica. Estos registros eran sistemáticamente validados en comparación con las facturas emitidas por las clínicas.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando GraphPad Prism v10.0 (Dotmatics, Boston, MA, USA). Los datos relacionados con el programa CER, incluyendo tamaños poblacionales, tasas de esterilización y dinámicas de colonias, fueron gestionados con Microsoft Excel v16.91. La distribución de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad. Dado que la mayoría de las variables, incluidas las variaciones poblacionales y las tasas de esterilización, no seguían una distribución normal, los resultados se presentan como medianas y rangos, junto con los valores promedio.

Se realizó la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianza entre grupos. Como el resultado no fue significativo en todos los casos ($p > 0.05$), se cumplió la suposición de homogeneidad de varianza. Los análisis estadísticos se centraron en pruebas no paramétricas debido a la distribución asimétrica de los datos. Se emplearon pruebas de Kruskal-Wallis para comparaciones entre múltiples grupos, seguidas de pruebas de Mann-Whitney U para comparaciones por pares de las poblaciones totales. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon pareada se utilizó para analizar cambios en el tamaño de la población dentro de las colonias en distintos periodos de seguimiento. Este método proporcionó información sólida sobre los cambios en la mediana de la población.

Específicamente, las variables principales analizadas incluyeron los datos censales de cada colonia registrados anualmente en junio. Estos conjuntos de datos representaban el número de gatos por colonia en distintos periodos de tiempo (por ejemplo, de junio de 2020 a junio de 2024 para las primeras colonias incluidas en el programa, y de junio de 2021 a junio de 2024 para el segundo grupo). En el análisis de viabilidad poblacional (Sección 2.5), las comparaciones se centraron en la población total registrada al inicio del programa y la población proyectada en escenarios teóricos.

Se consideró estadísticamente significativo un valor de p inferior a 0.05

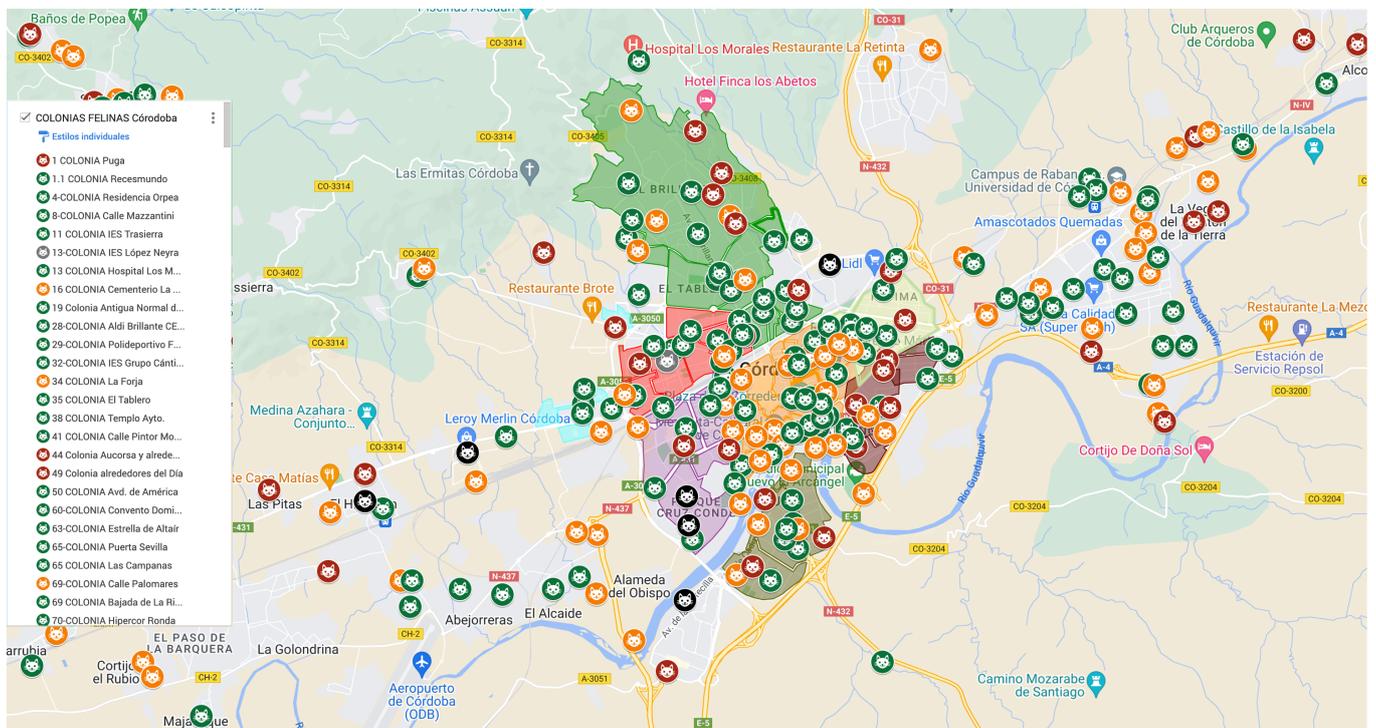


Figura 1. Mapa geolocalizado de colonias de gatos comunitarios en Córdoba, creado utilizando Google Maps. El mapa indica el tamaño de las colonias mediante un código de colores: verde (1–12 gatos), naranja (13–24 gatos), rojo (25–60 gatos) y negro (más de 60 gatos).

2.5. Metodología del Análisis de Viabilidad Poblacional (PVA) para Córdoba

Utilizamos el software Vortex 10.6.0 [37]. Este modelo estocástico basado en individuos integró parámetros demográficos y ambientales locales para predecir la dinámica poblacional bajo distintos escenarios de gestión. La estructura poblacional inicial se derivó de los datos censales recogidos a mediados de 2021 (junio) y en los años siguientes, considerando intervalos anuales completos. Las poblaciones se estratificaron en individuos esterilizados y no esterilizados dentro de colonias urbanas y periurbanas. Este enfoque clasificó a los gatos en ocho subgrupos según el año en que fueron incluidos en el programa.

Las principales variables demográficas, como la distribución por edades, las tasas reproductivas y las tasas de mortalidad, se basaron en datos empíricos del programa CER de Córdoba y se complementaron con hallazgos de estudios internacionales sobre poblaciones de gatos comunitarios [38–41].

Las tasas de adopción, aunque modestas, se incluyeron como una variable en el modelo, reflejando los casos en los que los gatos fueron reubicados con éxito. Los datos de adopción se obtuvieron directamente de los registros del programa. La eutanasia, aunque mínima y aplicada solo en casos de enfermedad o lesión grave, se incorporó como un factor que influye en las tasas de mortalidad y se modeló bajo la función "Harvest" del software para capturar su impacto en la dinámica poblacional. De manera similar, la inmigración y el abandono se incorporaron como "Population Supplements" para reflejar la afluencia constante de individuos desde áreas no gestionadas.

Además, el modelo tuvo en cuenta las condiciones climáticas específicas de Córdoba, donde las altas temperaturas y la disponibilidad de luz solar durante todo el año evitan interrupciones en los ciclos reproductivos de las hembras. A diferencia de los patrones tradicionales en el norte de España (y Europa), donde la reproducción ocurre típicamente de primavera a otoño, las gatas en Córdoba pueden parir de manera continua a lo largo del año. Esto conduce a un mayor número de camadas anuales, observándose casos de hembras amamantando simultáneamente dos camadas de diferentes edades, ya que pueden quedar preñadas en la primera semana tras el parto.

La capacidad de carga se fijó en 10,000 gatos, representando una estimación superior de la capacidad del ecosistema urbano de Córdoba para soportar gatos en libertad. Este valor se basó en la disponibilidad de hábitat, recursos alimenticios y limitaciones espaciales, asegurando que las proyecciones de crecimiento no estuvieran artificialmente restringidas. Aunque es poco probable que la población real alcance este límite debido a los comportamientos territoriales y la competencia por recursos, la estimación garantiza la solidez del modelo bajo diversas condiciones.

En este estudio, la metapoblación se refiere a la combinación de todas las colonias urbanas y periurbanas incluidas en el programa CER de Córdoba, abarcando tanto a los gatos esterilizados como a los no esterilizados, cuya dinámica fue monitoreada a través de los datos recopilados por las cuidadoras de colonias y validados por SADECO.

Para mejorar la precisión del modelo, se incluyeron eventos estocásticos como brotes de enfermedades, tasas de abandono (estimadas en 300–400 gatos anuales, cifra derivada de las estadísticas nacionales de abandono [42] y ajustada proporcionalmente en función del tamaño de la población humana de la ciudad) y variabilidad en la supervivencia y reproducción. Los brotes de enfermedades se modelaron como eventos catastróficos con una tasa de incidencia anual del 5% y una tasa de mortalidad superior al 50%. Los esfuerzos de esterilización también se modelaron como eventos catastróficos, con una reducción del 100% en la reproducción de los individuos esterilizados. Todos estos datos se resumen en la Tabla S1 del material suplementario.

El modelo simuló los siguientes dos escenarios de gestión principales: (a) Escenario base (sin gestión): asumió la ausencia de intervención entre 2021 y 2024, proyectando el

crecimiento poblacional basado en las tasas reproductivas naturales sin esterilización u otros controles. (b) CER futuro (2025–2028): proyectó los resultados bajo una gestión sostenida, enfatizando el aumento de las tasas de esterilización y los esfuerzos de mantenimiento anual dirigidos a nuevos individuos identificados en las colonias.

Cada escenario se simuló durante un período de cuatro años con 1,000 iteraciones probabilísticas, asegurando proyecciones robustas. Las salidas del modelo incluyeron el tamaño de la población, la tasa de crecimiento y las probabilidades de extinción.

3. Resultados

3.1. Overview of Population Changes and 2021–2024 TNR Intervention Metrics

Desde su implementación en el verano de 2020, el programa CER de Córdoba ha experimentado una expansión progresiva, incluyendo un total de 225 colonias de gatos, con períodos de seguimiento referidos a actualizaciones censales anuales estandarizadas realizadas cada 30 de junio. Estas actualizaciones incluyen los datos más recientes sobre cambios poblacionales, esterilizaciones, adopciones y nuevas incorporaciones de colonias, garantizando un análisis coherente a lo largo del tiempo.

Nuevas colonias fueron añadidas anualmente, impulsadas por la creciente confianza de las cuidadoras, quienes, con el tiempo, observaron los beneficios del programa y compartieron sus experiencias. En el último año (verano de 2024), se incorporaron hasta 62 nuevas colonias, que pasaron por intervenciones intensivas, aunque sin un seguimiento suficiente para reflejar resultados a largo plazo. La población total inicial de todas las colonias era de 4211 gatos, reduciéndose a 4096 al final del período de estudio, lo que representa una reducción global del 2.7% (Tabla 1).

Como se muestra en la Tabla 1, entre las 60 colonias monitoreadas durante cuatro años, la población inicial de 1763 gatos mostró una disminución del 2.5% (IC 95%: −3.5%, −1.5%). Las colonias con tres años de seguimiento presentaron una reducción más significativa del 8.1% (IC 95%: −11.1%, −4.1%), partiendo de una población inicial de 1114 gatos. En contraste, las colonias monitoreadas solo durante dos años mostraron un incremento del 5.5% en el tamaño poblacional (IC 95%: 2.1%, 8.8%).

Cuando se analizaron los cambios a nivel de colonia, las reducciones y aumentos mostraron una variabilidad significativa. Para las colonias con cuatro años de seguimiento, el cambio porcentual mediano fue de −25.0% (rango: −200% a +193%, IC 95% de la mediana: −34.8%, −11.5%), mientras que para aquellas con tres años, la mediana fue de −11.1% (rango: −78.9% a +177.8%, IC 95%: −20.6%, −3.8%). En las colonias monitoreadas solo durante dos años, la mediana fue del 0% (rango: −57.1% a +225%, IC 95%: 0%, 0%). Estas variaciones subrayan la influencia de la duración del seguimiento y de las dinámicas específicas de cada colonia en los resultados poblacionales.

Se realizaron un total de 5039 esterilizaciones en todas las colonias, superando la población final registrada en el censo. Esta discrepancia probablemente refleja subestimaciones iniciales en los datos censales, que fueron refinados progresivamente a medida que mejoraron las metodologías. También podría atribuirse a factores como el abandono, nacimientos ocurridos en la calle e ingresos de gatos procedentes de áreas no gestionadas. Del total de esterilizaciones, 2659 correspondieron a machos y 2344 a hembras (Tabla 1).

Tabla 1. Dinámica poblacional y resultados de esterilización en diferentes períodos de seguimiento dentro del programa CER de Córdoba (2021–2024).

Follow-Up (Years)	Number of Colonies	Initial Census	Final Census	Change	% Variation	Sterilized Males	Sterilized Females	Total Sterilized ^a
4	60	1763	1708	−53	−2.5%	1128	1136	2300 (+31%)
3	57	1114	1024	−90	−8.1%	642	619	1261 (+13%)

2	46	549	579	+30	+5.5%	266	256	522 (-5%)
1	62	785	785	0	0.00%	618	328	946 (+20%)
Totals/Average	225	4211	4096	-113	-2.7%	2659	2344	5039 (+20%)

^a Los números entre paréntesis representan la proporción de gatos esterilizados en relación con el tamaño del censo inicial, reflejando la intensidad de los esfuerzos de esterilización a lo largo de los períodos de seguimiento.

Los datos presentados en la Figura 2 ilustran los cambios en el tamaño de las colonias en las 225 colonias al inicio y al final del período de intervención (de mediados de 2020 a mediados de 2024). Cada barra en la figura representa el cambio positivo o negativo en el número de individuos de una colonia específica (expresado como porcentaje del censo inicial), proporcionando información sobre la distribución de los tamaños poblacionales en lugar de totales agregados. Este enfoque resalta la variabilidad y dinámica de las poblaciones de las colonias antes y después de la implementación del programa CER.

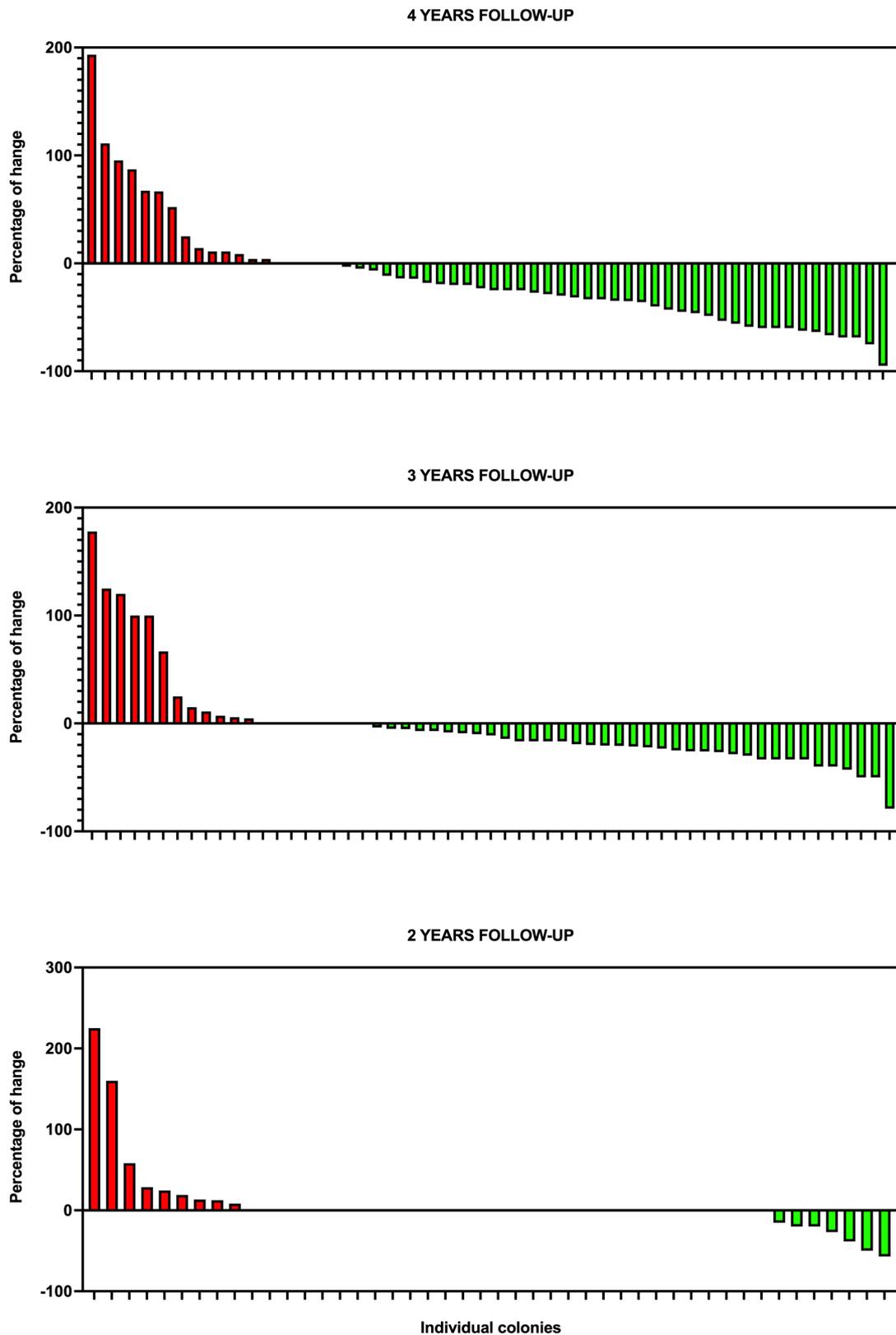


Figura 2. Cambio neto en el tamaño de la población de gatos por colonia, expresado en porcentajes, después de 4 años (panel superior, colonias incluidas en 2020), 3 años (panel medio, colonias incluidas en 2021) y 2 años (panel inferior, colonias incluidas en 2022) de seguimiento. Cada barra representa una colonia individual, con valores calculados como la diferencia porcentual entre el tamaño de la población al inicio y al final del respectivo período de seguimiento. Los valores positivos indican un aumento en el tamaño de la población, mientras que los valores negativos representan una

disminución. Las colonias sin barras (ni rojas (aumento) ni verdes (disminución)) no experimentaron cambios netos en el tamaño de la población durante el período de seguimiento.

La cobertura de esterilización en las 225 colonias gestionadas activamente se resume en la Figura 3. La gran mayoría (95%) alcanzó niveles de esterilización superiores al 80%, con 152 colonias logrando tasas entre el 95% y el 100%. Esta alta cobertura refleja el enfoque sistemático y dirigido del programa para la gestión efectiva de las colonias. Sin embargo, un subconjunto más pequeño de colonias se situó en el rango de esterilización del 50-70% (13 colonias) o por debajo del 50% (6 colonias). Es importante destacar que algunas de estas colonias con menor cobertura eran de mayor tamaño y/o estaban gestionadas por cuidadoras menos comprometidas, lo que resalta áreas de mejora.

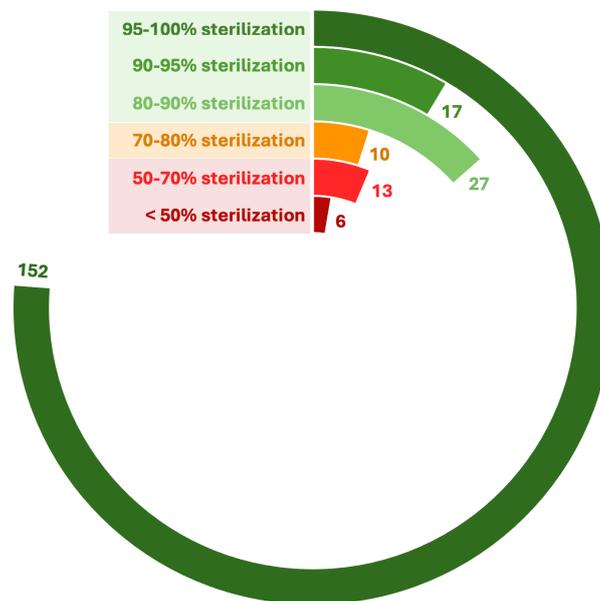


Figura 3. Gráfico radial que ilustra los porcentajes de esterilización alcanzados en las 225 colonias dentro del programa CER de Córdoba (2021–2024). Las colonias se agrupan en seis rangos de tasas de esterilización: 95–100%, 90–95%, 80–90%, 70–80%, 50–70% y <50%. Se reconoce ampliamente que alcanzar una tasa de esterilización del 80% es el umbral necesario para estabilizar una colonia.

3.2. Patrones de Cambio Poblacional y Dinámicas Compensatorias a lo Largo de los Períodos de Monitoreo

Los datos de monitoreo de colonias con períodos de seguimiento de 2, 3 y 4 años muestran patrones distintos en los cambios poblacionales (Tabla 2, y Figuras 2 y 4). Entre las colonias con 4 años de seguimiento, el 70,0% mostró disminuciones en la población, el 8,3% se estabilizó y el 23,3% experimentó un crecimiento poblacional. De manera similar, en las colonias con 3 años de seguimiento, el 64,9% registró disminuciones en el número de gatos, el 14,0% logró estabilización y el 21,1% experimentó un aumento poblacional. En contraste, entre las colonias con solo 2 años de seguimiento, el 15,2% mostró disminuciones en la población, el 65,2% logró estabilización en el número de individuos y el 19,5% experimentó un crecimiento poblacional. Las colonias incorporadas en 2024 fueron excluidas de este análisis de tendencias debido al período de seguimiento limitado disponible para la mayoría de ellas.

Cabe destacar que el porcentaje de incremento en las colonias que experimentaron crecimiento superó la mediana de disminución observada en las colonias con poblaciones

en declive. Esto resalta la variabilidad en los resultados y subraya los desafíos de lograr la estabilización en todas las colonias.

Tabla 2. Dinámicas de las colonias según los períodos de monitoreo: colonias en disminución, estabilización y crecimiento (2021–2024).

	4 Años de seguimiento				
	Número de Colonias (% del Total)	Cambio medio (%)	Rango (%)	Mediana del cambio (%)	Número mediano de Gatos/Colonia
Colonias que decrecen	42 (70.0%)	−40.3%	−100.0% to −3.1%	−34.9%	23
Colonias estabilizadas	5 (8.3%)	—	—	—	17
Colonias que crecen	14 (23.3%)	53.7%	4.1% to 193.3%	52.2%	47
	3 Años de seguimiento				
	Número de Colonias (% del Total)	Cambio medio (%)	Rango (%)	Mediana del cambio (%)	Número mediano de Gatos/Colonia
Colonias que decrecen	37 (64.9%)	−24.1%	−78.9% to −3.8%	−21.4%	23
Colonias estabilizadas	8 (14.0%)	—	—	—	10
Colonias que crecen	12 (21.1%)	63.2%	4.7% to 177.8%	45.8%	17
	2 Años de seguimiento				
	Número de Colonias (% del Total)	Cambio medio (%)	Rango (%)	Mediana del cambio (%)	Número mediano de Gatos/Colonia
Colonias que decrecen	7 (15.2%)	−32.6%	−57.1% to −15.4%	−26.9%	11
Colonias estabilizadas	30 (65.2%)	—	—	—	10
Colonias que crecen	9 (19.5%)	61.1%	8.3% to 225.0%	24.6%	18

Se observó una reducción estadísticamente significativa en el número de individuos en las colonias con 4 y 3 años de seguimiento, junto con esterilizaciones constantes de los nuevos individuos detectados durante el monitoreo (Figura 4). En las colonias con 2 años de seguimiento, se observó una tendencia decreciente; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Este resultado probablemente se deba al período de tiempo más corto, que puede haber sido insuficiente para que las intervenciones logaran la estabilización.

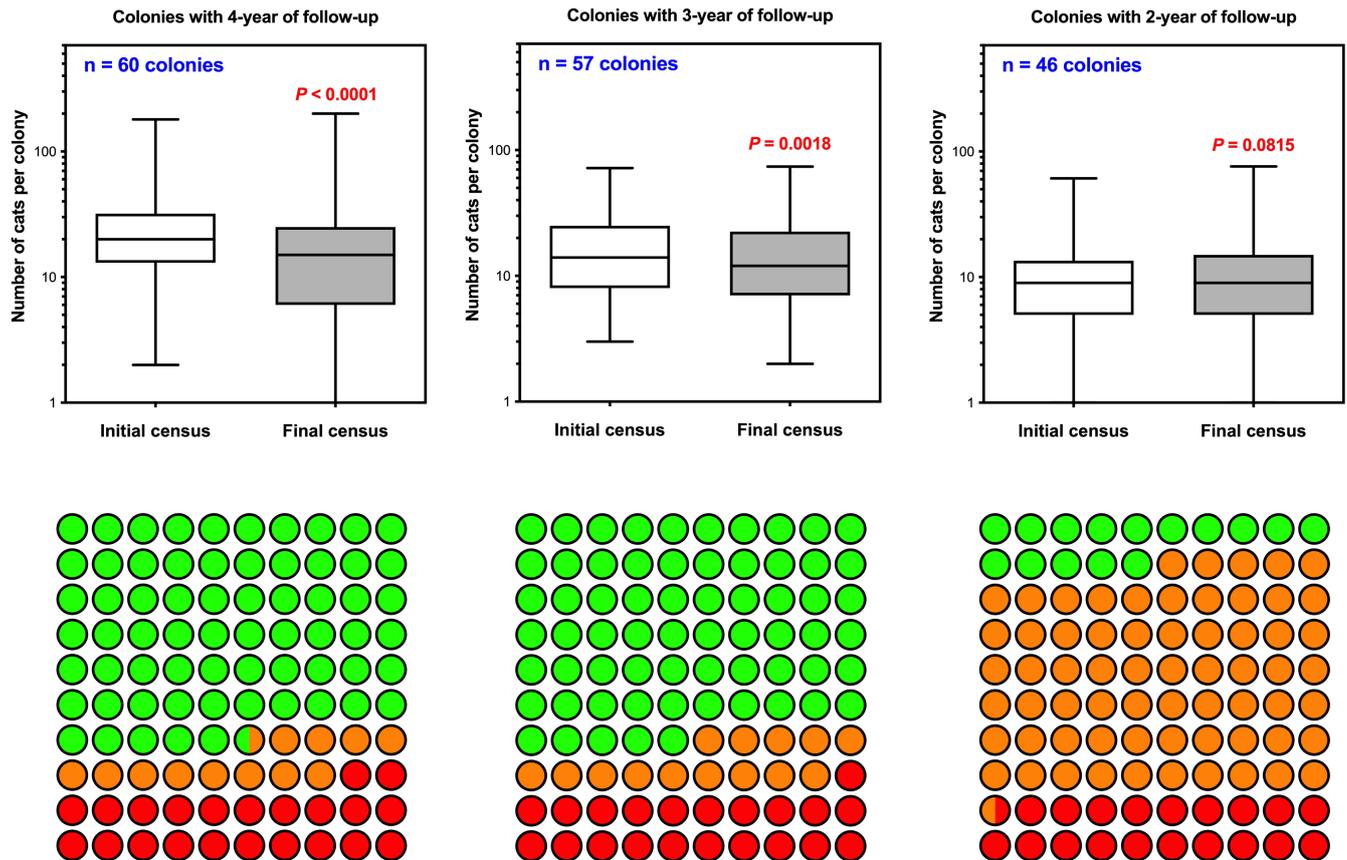


Figura 4. Dinámicas de las colonias en diferentes períodos de monitoreo dentro del Programa CER de Córdoba (2021–2024). Los paneles superiores muestran diagramas de caja y bigotes que representan los cambios en el tamaño poblacional de las colonias con 4, 3 y 2 años de seguimiento. Cada caja representa el rango intercuartílico (IQR), con los bigotes extendiéndose hasta los valores mínimo y máximo dentro de 1.5 veces el IQR. Los paneles inferiores ilustran la distribución de colonias con poblaciones en disminución (verde), estabilizadas (naranja) y en crecimiento (rojo).

Los efectos compensatorios observados en las colonias dificultaron la rápida consecución de los objetivos de estabilización poblacional (Figura 5). En las colonias con menos de 3 años de intervención y mantenimiento, los esfuerzos se tradujeron principalmente en la contención de la población en lugar de reducciones significativas. Los resultados indican que el número de gatos abandonados y los nuevos nacimientos superan el total de muertes registradas, adopciones y la contención poblacional lograda a través de las esterilizaciones.

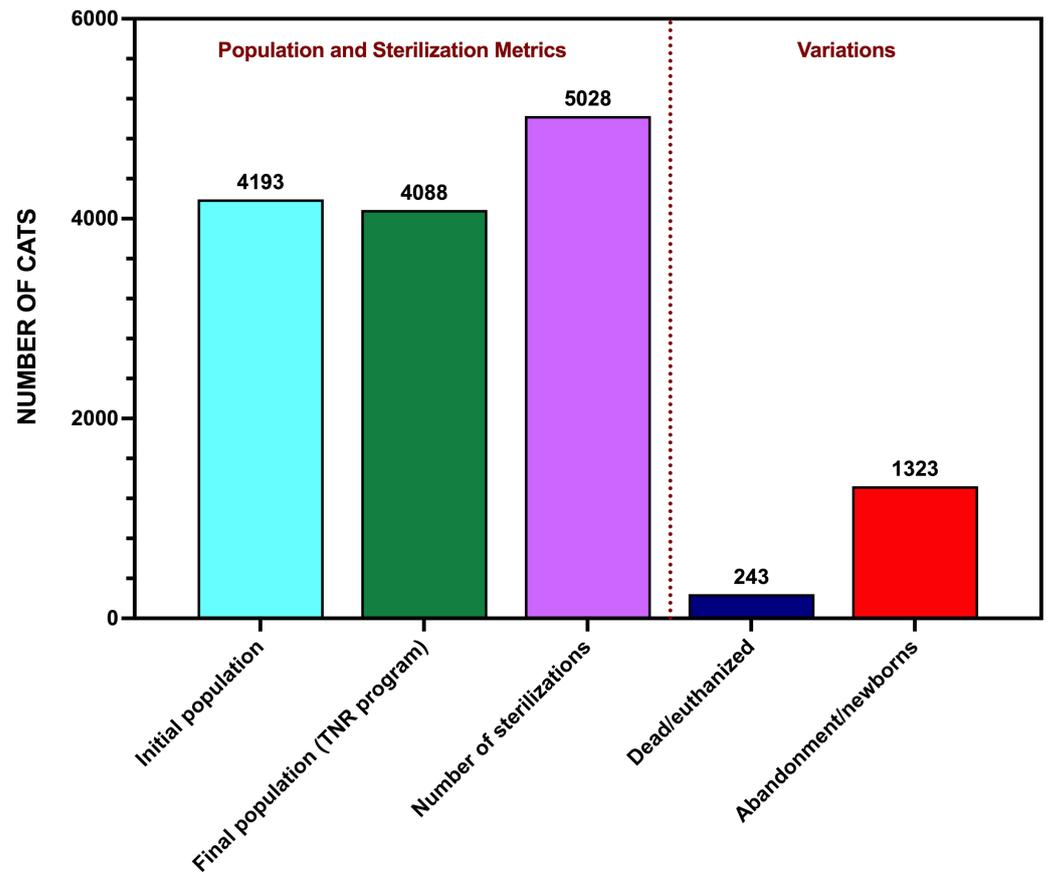


Figura 5. Dinámica poblacional y métricas de esterilización en el programa CER de Córdoba (2021–2024). El gráfico de barras muestra los tamaños poblacionales inicial y final, el total de esterilizaciones realizadas, las muertes/adopciones registradas y los gatos abandonados/nuevos nacimientos. Estos datos resaltan los efectos compensatorios que influyen en los cambios netos de la población.

El escenario hipotético sin la implementación del programa CER entre 2021 y 2024 revela un contraste marcado en la dinámica poblacional. Las simulaciones estocásticas (Figura 6) proyectan que la población de gatos comunitarios en Córdoba habría aumentado en aproximadamente 2669 individuos, alcanzando un total de 6757 gatos para 2024, lo que representa un incremento del 65.3% respecto a los 4088 gatos iniciales. La tasa de crecimiento proyectada ($r = 0.185$; $SD(r) = 0.140$; probabilidad de extinción = 0.00) indica una expansión sostenida en ausencia de control reproductivo. Estos hallazgos subrayan el papel fundamental de las intervenciones CER en la mitigación del crecimiento poblacional y en la gestión de los desafíos asociados con el bienestar animal y la biodiversidad urbana.

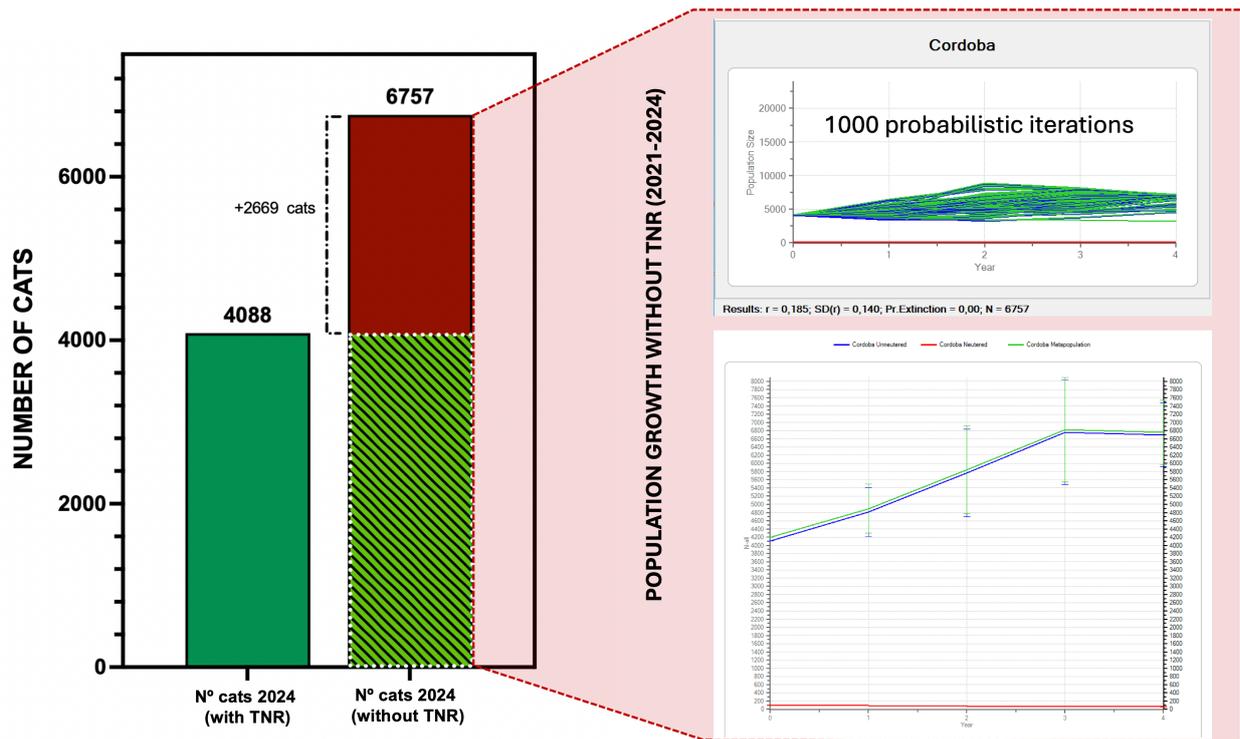


Figura 6. Crecimiento poblacional en Córdoba bajo un escenario hipotético sin CER (2021–2024). El gráfico de barras compara el tamaño poblacional observado en 2024 con la implementación del CER (barra verde) con el tamaño proyectado sin intervenciones CER (barra roja). Los recuadros insertados proporcionan resultados detallados del análisis de viabilidad poblacional (PVA), incluyendo la tasa de crecimiento y las estimaciones de variabilidad bajo el escenario sin gestión.

El análisis económico del programa CER de Córdoba demuestra su rentabilidad en el control de la población de gatos comunitarios. Durante el período de cuatro años (2021–2024), se estima que el programa ha prevenido el nacimiento de casi 3000 gatos, con una inversión promedio de 0,62 EUR por persona al año, totalizando 2,48 EUR por persona durante el período de estudio (Tabla 3). Esto refleja un costo excepcionalmente bajo, dado el alcance de la intervención y los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resumen económico del programa CER de Córdoba: análisis de costos por gato, colonia y persona (2021–2024).

Años de seguimiento	Número de Colonias	Coste Total del Programa (€)	Coste por Gato (€)	Coste por Persona/Año (€)
4	60	332.320	195.48	1.02
3	57	295.530	294.80	0.91
2	46	122.320	208.48	0.38
1	62	212.160	264.25	0.16
Total/Promedio	225	1162.330	240.75	0.62

En el primer año, los costos del programa fueron más elevados debido a las inversiones iniciales necesarias para establecer la infraestructura requerida. Estos gastos incluyeron la producción de refugios, comederos automáticos, así como la adquisición de equipos como jaulas trampa y otros materiales para la gestión de colonias. Además, los honorarios veterinarios representaron una proporción significativa de los costos iniciales. En los años siguientes, los gastos anuales variaron en función de la reposición de materiales, el mantenimiento y los ajustes en las actividades del programa. Los costos continuos incluyeron

servicios veterinarios, alimentación en determinadas colonias y la sustitución de materiales o equipos defectuosos [12,35].

3.3. Proyecciones a Largo Plazo de la Viabilidad Poblacional (2025–2028)

Para evaluar el impacto a largo plazo del programa CER de Córdoba, se realizó un análisis de viabilidad poblacional (PVA) para proyectar la dinámica de la población felina desde enero de 2025 hasta diciembre de 2028. Al final de este período de cuatro años, las colonias incluidas por primera vez en 2021 habrían sido monitoreadas durante ocho años, las agregadas en 2022 durante siete años, las de 2023 durante seis años y las de 2024 durante cinco años.

Los resultados, resumidos en la Figura 7, indican una reducción significativa en la población total de gatos, con estimaciones que muestran una disminución de hasta el 55% para finales de 2028. A lo largo de 1000 iteraciones, la disminución anual promedio de la población osciló entre el 12% y el 17%, con una amplia desviación estándar que refleja la variabilidad en los posibles resultados bajo los parámetros asumidos [42].

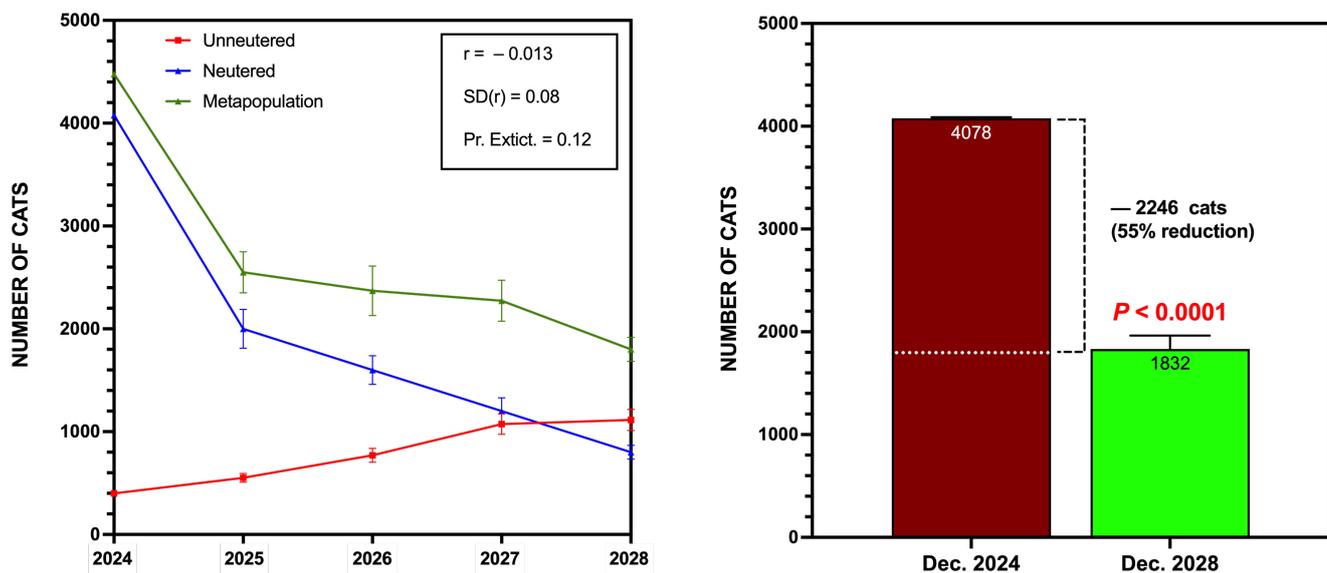


Figura 7. Las proyecciones a largo plazo del programa CER de Córdoba para el período 2025-2028 se presentan en la Figura 7. El panel izquierdo muestra la dinámica poblacional proyectada para gatos esterilizados, no esterilizados y la metapoblación total a lo largo de los cuatro años. El panel derecho compara la población total de gatos en diciembre de 2024 con la población proyectada para diciembre de 2028, indicando una reducción esperada de hasta el 55%.

Es importante señalar que las proyecciones excluyen las nuevas colonias que podrían incorporarse al programa en los próximos años, ya que su inclusión requeriría un análisis separado. Se espera que estas nuevas colonias se ubiquen principalmente en áreas periurbanas y rurales de los alrededores de Córdoba, donde la abundancia de gatos semipro-pietarios, su dispersión geográfica y la menor accesibilidad pueden representar desafíos adicionales para la gestión. No obstante, este análisis se centra específicamente en evaluar la efectividad del programa para las colonias existentes dentro del marco actual.

4. Discusión

4.1. Enfoques colaborativos y transparencia en la implementación del programa.

La implementación del programa CER en Córdoba enfrentó considerables obstáculos desde sus inicios en 2017. Inicialmente, se encontró con resistencia por parte del gobierno local, que optó por un proyecto piloto gestionado por otra organización de bienestar animal. Sin embargo, la limitada experiencia en la gestión de colonias ponía en riesgo el éxito del proyecto. Ante estos desafíos, los miembros de FAPAC aportaron su experiencia para garantizar que el proyecto alcanzara sus objetivos. Este éxito inicial sentó las bases para colaboraciones más amplias, involucrando a partidos políticos de la oposición, asociaciones culturales y el Consejo del Movimiento Ciudadano. Estas alianzas otorgaron legitimidad al proyecto y presionaron al gobierno local para adoptar una estrategia integral de CER.

La participación de SADECO [43], FAPAC y el Colegio Oficial de Veterinarios de Córdoba fue fundamental para el éxito del programa. FAPAC proporcionó la estructura organizativa mediante la gestión de la recopilación de datos, la supervisión de la metodología y la coordinación de la red de voluntarios, mientras que el apoyo logístico y financiero de SADECO fortaleció la credibilidad del programa. El Colegio de Veterinarios aportó supervisión técnica para mantener altos estándares quirúrgicos. Esta colaboración se extendió a 23 clínicas veterinarias, que rotaban semanalmente sus responsabilidades, asegurando flexibilidad y capacidad para manejar capturas adicionales cuando era necesario. Además, el programa CER siguió estrictamente directrices y protocolos internacionales, garantizando los más altos estándares de bienestar animal y rigor procedimental [12,36]. Un artículo publicado por FdCATS en 2023 destacó estos principios, subrayando la importancia de una metodología rigurosa, la capacitación continua de voluntarios y la colaboración estructurada entre instituciones y cuidadores como factores clave del éxito del programa [44].

La aprobación de la Ley 7/2023 de Protección de los Derechos y el Bienestar de los Animales en España ha reforzado aún más el enfoque implementado en Córdoba. Al alinearse con los principios del CER, esta legislación reconoce oficialmente este método como la estrategia preferida y ética para la gestión de las poblaciones de gatos en libertad. Este respaldo institucional ha fortalecido el programa, que ya operaba con éxito antes de la promulgación de la ley. No obstante, la aplicación de la Ley 7/2023 ha sido altamente desigual en España. Mientras que municipios como Córdoba han adoptado plenamente sus principios, otros han optado por un enfoque más cauteloso. De manera alarmante, algunas regiones han resistido activamente la ley. En Canarias, por ejemplo, varias organizaciones de bienestar animal y el gobierno nacional han tenido que emprender acciones legales contra el gobierno regional debido al incumplimiento de la norma, incluyendo la promulgación de resoluciones contrarias a la ley y la captura y eutanasia ilegal de gatos comunitarios. Esta disparidad pone de manifiesto los desafíos en la aplicación uniforme de la legislación nacional, incluso cuando proporciona un marco claro para una gestión ética y efectiva.

La transparencia y la gestión sistemática de datos fueron fundamentales para el éxito a largo plazo del programa. Herramientas tecnológicas accesibles, como Google Maps para la geolocalización de colonias y hojas de cálculo de Excel para la organización de información, facilitaron la recopilación de datos. Formularios estandarizados y documentación fotográfica de los gatos y los procedimientos quirúrgicos garantizaron que todas las partes interesadas tuvieran acceso a registros actualizados y fiables. Estas prácticas se alinearon con directrices internacionales [45,46], reforzando el compromiso del programa con la transparencia y el rigor metodológico.

El compromiso de los voluntarios emergió como otro pilar clave del éxito del programa. Inicialmente, muchos cuidadores eran reacios a compartir la ubicación de las colonias o datos debido a la desconfianza en las autoridades municipales. Sin embargo, a medida que el programa demostró consistentemente su compromiso con el bienestar

animal, la confianza creció, fomentando una cooperación más amplia. Los voluntarios desempeñaron un papel clave implementando protocolos de alimentación controlada para facilitar la captura y la obtención de datos fiables del censo, asegurando bases de intervención precisas.

Un hito significativo en la historia del programa fue el reconocimiento de Córdoba en 2022 por parte del gobierno español como una “Ciudad Amiga de los Animales”. Esta distinción destacó el liderazgo de la ciudad en la gestión ética de los animales y el impacto transformador de la iniciativa CER [47]. Este reconocimiento no solo validó los esfuerzos de los actores del programa, sino que también posicionó a Córdoba como un modelo a seguir para otros municipios en España.

La importancia del compromiso comunitario en el éxito de las técnicas de gestión de gatos en libertad está bien documentada. Una revisión sistemática reciente [20] demostró que altos niveles de implicación comunitaria, particularmente en roles como la educación y la adopción, mejoran significativamente la efectividad de los programas CER. Esto resalta la necesidad de integrar campañas educativas y fomentar la participación pública en las iniciativas de CER para garantizar su éxito a largo plazo.

Los desafíos iniciales y los logros posteriores subrayan la importancia de la colaboración estratégica y la organización estructurada en programas CER de gran escala. Al integrar un estricto cumplimiento de los protocolos internacionales, una gestión sistemática de datos y un marco operativo resiliente, el programa establece un referente para el control ético y eficaz de las poblaciones de animales urbanos. Estas experiencias proporcionan información valiosa para otras comunidades que enfrentan desafíos similares, enfatizando la necesidad de enfoques cohesivos y multidisciplinarios.

4.2. Dinámica poblacional, desafíos y análisis de costos en el programa CER de Córdoba

4.2.1. Dinámica Poblacional

La implementación del programa CER en Córdoba durante cuatro años demuestra la capacidad de las iniciativas colaborativas a gran escala para estabilizar poblaciones felinas urbanas. Con la gestión de 225 colonias y la realización de más de 5000 esterilizaciones, el programa logró una reducción total del 2,7% en la población de gatos. Aunque esta reducción pueda parecer modesta, es significativa dada la magnitud del programa y los desafíos logísticos involucrados en su implementación. Cabe destacar que la cobertura de esterilización superó el 80% en el 95% de las colonias, lo que subraya la eficiencia operativa de la iniciativa.

Las comparaciones con otros estudios revelan tanto similitudes como diferencias en los resultados y metodologías. En Roma, por ejemplo, se observaron reducciones en el tamaño de las colonias; sin embargo, la escala de intervención—centrada en menos colonias y en un área urbana más reducida—difiere considerablemente del enfoque a nivel de ciudad aplicado en Córdoba [15]. De manera similar, los esfuerzos dirigidos en San Francisco lograron la estabilización poblacional, pero el programa operó en entornos urbanos más restringidos y manejó un número menor de colonias de forma directa [48]. En contraste, el programa de Córdoba abarcó una escala más amplia e integró hábitats diversos, incluidos entornos urbanos, periurbanos y naturales, lo que introdujo complejidades no encontradas en programas más localizados.

Si bien los estudios teóricos proporcionan información sobre los posibles impactos de las estrategias de gestión [38,39], el programa de Córdoba ofrece una validación empírica de estos principios. Ambos enfatizan la importancia de una alta intensidad de esterilización y de un seguimiento constante para lograr la estabilización y reducción poblacional a largo plazo. El programa de Córdoba se alinea estrechamente con estos hallazgos, demostrando cómo los modelos teóricos pueden implementarse a gran escala con éxito.

Un desafío clave compartido con otros programas es el efecto compensatorio, en el que el crecimiento poblacional en ciertas colonias contrarresta las reducciones logradas en otras. Patrones similares se han reportado en estudios de Nueva Zelanda y Suiza [17,49], lo que subraya la influencia de factores externos como el abandono y la llegada de gatos no esterilizados en la estabilidad de las colonias [14,17]. En Córdoba, las colonias recientemente incorporadas, particularmente aquellas con menos de tres años de seguimiento, presentaron aumentos poblacionales, destacando la necesidad de intervenciones sostenidas y monitoreo constante para alcanzar la estabilización.

Las altas tasas de esterilización son ampliamente reconocidas como un factor crítico para el éxito en la gestión poblacional, tal como lo demuestran múltiples estudios [14,38]. El programa de Córdoba se alinea con este principio, logrando una cobertura significativa a través de una planificación estratégica y la participación activa de la ciudadanía. La integración de la ciencia ciudadana en el monitoreo de colonias y el uso de herramientas tecnológicas, como la cartografía geolocalizada, mejoraron la capacidad del programa para adaptarse a la complejidad urbana de la ciudad. Estos enfoques son consistentes con los hallazgos de estudios realizados en Chicago y Australia, donde la participación comunitaria y los métodos basados en datos mejoraron los resultados de las intervenciones [22,25].

Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que implementa un programa CER a nivel de toda una gran ciudad. Los estudios previos se han centrado generalmente en intervenciones de menor escala, dirigidas a barrios específicos, campus universitarios o un número limitado de colonias. Por lo tanto, el programa de Córdoba establece un precedente sobre la viabilidad y eficacia de las iniciativas CER a gran escala, proporcionando información clave para su replicación en otros contextos metropolitanos.

La variabilidad en la dinámica de las colonias—con algunas mostrando estabilización o reducción, mientras que otras experimentaron crecimiento—destaca la importancia de abordar desafíos específicos según la ubicación. Factores como la implicación de los cuidadores, el tamaño de la colonia y la proximidad a áreas no gestionadas juegan un papel significativo, tal como se ha observado en Córdoba y en otros estudios. Por ejemplo, las colonias más grandes con cuidadores menos comprometidos en Córdoba tendieron a tener tasas de esterilización más bajas, una tendencia también reportada en estudios realizados en Roma, San Francisco y Massachusetts [15,23,48].

4.2.2. Efectos compensatorios: desafíos y limitaciones

Efectos compensatorios, como el abandono, los nuevos nacimientos y la llegada de gatos desde áreas no gestionadas, representan desafíos significativos para la implementación de los programas CER, como se ha observado en Córdoba y otros entornos urbanos. A pesar de haber alcanzado una alta cobertura de esterilización en el 95% de las colonias, las dinámicas compensatorias fueron especialmente evidentes en las colonias recién incorporadas, donde los aumentos poblacionales contrarrestaron las reducciones logradas en los grupos más establecidos. Esto subraya la necesidad de un seguimiento continuo y de intervenciones sistémicas más amplias.

Se han documentado patrones similares en programas como los de Roma y Key Largo. En Roma, las altas tasas de abandono fueron mitigadas parcialmente mediante una sólida participación comunitaria y campañas educativas que promovieron la tenencia responsable de mascotas [15]. Por su parte, el programa ORCAT en Key Largo destacó la importancia del monitoreo continuo a lo largo del tiempo y logró reducir las poblaciones a pesar de los retrocesos iniciales causados por factores compensatorios [50]. Estos hallazgos coinciden con los modelos teóricos de Boone et al. [38,39], que predicen que las presiones externas—como el abandono y la llegada de gatos no esterilizados—requieren esfuerzos sostenidos para contrarrestar el crecimiento poblacional. Esta similitud con la

experiencia de Córdoba resalta cómo los intentos de estabilizar las poblaciones de colonias suelen verse obstaculizados por estas presiones externas.

Un desafío particular en Córdoba proviene de la coexistencia de colonias urbanas y periurbanas. La proximidad a áreas no gestionadas permite la llegada continua de gatos no esterilizados, lo que complica los esfuerzos de estabilización. El programa CER adoptó un enfoque concéntrico, comenzando en las zonas centrales, densamente pobladas, con alta actividad turística y una gran concentración de gatos, y expandiéndose progresivamente hacia la periferia. La mayoría de las colonias incorporadas en 2024 se ubicaron en áreas periféricas, algunas con hasta 150-200 individuos. Estos grupos más grandes no son colonias tradicionales, sino agregaciones difusas de gatos comunitarios (incluyendo gatos semipropietarios sin esterilizar) en amplias zonas, como áreas industriales intercaladas con explotaciones agrícolas. Se han registrado patrones similares en Suiza, donde la proximidad espacial entre grupos de gatos requirió esfuerzos de esterilización más intensivos para mitigar estas dinámicas [17]. Para abordar estos desafíos, se requieren estrategias específicas, como la esterilización sistemática en áreas no gestionadas adyacentes y la cooperación con municipios vecinos para expandir los esfuerzos CER más allá de los límites de la ciudad. Sin embargo, esta segunda fase enfrenta dificultades particulares, como la falta de cuidadores, una mayor extensión territorial, una menor densidad poblacional y una menor implicación comunitaria.

El abandono sigue siendo un problema persistente, con aproximadamente 300-400 gatos abandonados anualmente en Córdoba [42]. Esta situación intensifica las dinámicas compensatorias, lo que resalta la necesidad de medidas que vayan más allá de los programas CER. Entre las acciones complementarias clave se incluyen campañas de concienciación pública para educar a la ciudadanía, marcos legales más estrictos para penalizar el abandono y estrategias de adopción sólidas. Estrategias similares han demostrado ser eficaces en lugares como Key Largo y Nueva Zelanda, donde la participación comunitaria y los programas de adopción redujeron significativamente los efectos compensatorios [49,50]. Además, la nueva Ley de Bienestar Animal de España 7/2023 refuerza estos esfuerzos al exigir la esterilización y el registro de todos los gatos de más de seis meses en una base de datos nacional unificada, con excepciones únicamente para criadores registrados [32].

La experiencia de Córdoba demuestra que las dinámicas compensatorias representan una limitación inherente de los programas CER, especialmente en implementaciones a gran escala. Para mitigar estos efectos, se requieren enfoques integrales que combinen el CER con estrategias más amplias de reducción del abandono y la promoción de prácticas como la esterilización y el microchipado de gatos de compañía, además de proporcionar entornos seguros para evitar su abandono o escape.

4.2.3. Rentabilidad: Evaluación de la Viabilidad Económica de los Programas CER

El análisis económico del programa CER en Córdoba subraya su viabilidad como una estrategia rentable para la gestión de poblaciones de gatos comunitarios urbanos. Durante el período de cuatro años, el programa operó con un costo promedio de 0,62 euros por persona al año, sumando un total de 2,48 euros por persona para todo el período de estudio. Estas cifras reflejan un gasto notablemente bajo en comparación con otras iniciativas CER de similar complejidad.

Programas como los de San Francisco y Auckland muestran eficiencias económicas comparables, aunque a menudo operando en escalas más pequeñas. Por ejemplo, la iniciativa del Área de la Bahía de San Francisco logró la estabilización dentro de zonas urbanas específicas, pero con costos más elevados debido a intervenciones más intensivas por grupo de gatos [23]. De manera similar, el estudio piloto en Auckland informó costos por gato más altos, en gran parte debido a desafíos logísticos en la gestión de colonias urbanas

específicas y a la dependencia de servicios veterinarios externos [49]. En contraste, la integración de la ciencia ciudadana y las asociaciones con clínicas veterinarias locales en Córdoba redujo sustancialmente los gastos operativos.

Una de las principales fortalezas del programa en Córdoba ha sido su capacidad para equilibrar la inversión inicial en infraestructura con una gestión de costos sostenida. Los gastos del primer año incluyeron la adquisición de materiales como jaulas trampa, comederos y tolvas, además del establecimiento de acuerdos con clínicas veterinarias. Estos costos iniciales fueron amortizados en los años siguientes, lo que permitió una reducción progresiva de los gastos anuales sin comprometer la efectividad del programa.

Las iniciativas de adopción también contribuyeron a la rentabilidad del programa, al reducir el crecimiento poblacional con una carga financiera mínima. Este enfoque es similar a prácticas observadas en Key Largo y Suiza, donde los programas de adopción jugaron un papel clave en la gestión poblacional y la participación pública [17,50].

Las proyecciones a largo plazo refuerzan aún más los beneficios económicos de las intervenciones CER sostenidas. Sin el programa, se estimó que la población de gatos comunitarios en Córdoba habría aumentado en un 65,3% en cuatro años, agravando los desafíos para el bienestar animal y la biodiversidad urbana. Al evitar el nacimiento de cerca de 3000 gatos, el programa no solo estabilizó las poblaciones, sino que también redujo los costos potenciales asociados al crecimiento descontrolado. Estos resultados coinciden con modelos teóricos que enfatizan la rentabilidad de intervenciones tempranas y sostenidas para prevenir el crecimiento exponencial de poblaciones y sus consecuencias económicas y ecológicas [38,39].

Al combinar proyecciones teóricas con aplicaciones prácticas, el programa CER en Córdoba ilustra los beneficios tangibles de integrar modelos científicos en la implementación real, estableciendo un referente para estrategias de gestión poblacional en entornos urbanos.

4.3. Proyecciones a Largo Plazo e Implicaciones: Análisis de los Resultados del PVA para 2025-2028

El análisis de viabilidad poblacional (PVA) realizado para el programa CER en Córdoba ofrece información clave sobre los posibles resultados a largo plazo de los esfuerzos sostenidos de esterilización y gestión poblacional. Las proyecciones indican una reducción significativa de hasta un 55% en la población felina total para 2028, siempre que las intervenciones continúen y se mantenga el marco operativo del programa. Esta disminución proyectada coincide con las tasas anuales de reducción observadas durante los primeros cuatro años de implementación, reforzando la eficacia del compromiso a largo plazo con las estrategias CER. La desviación estándar del modelo estocástico, de 19,8%, refleja un amplio rango de posibles resultados, proporcionando flexibilidad ante variaciones en las dinámicas poblacionales. No obstante, incluso en las estimaciones más conservadoras, el modelo predice una reducción sustancial de al menos un 35% en el tamaño poblacional, destacando aún más el éxito general del programa.

Los datos subrayan los beneficios acumulativos de los esfuerzos constantes de esterilización, combinados con un monitoreo efectivo a largo plazo. Se espera que las colonias incluidas en el programa desde 2021 muestren las reducciones más pronunciadas, ilustrando el impacto acumulado de intervenciones sostenidas. Tendencias similares han sido documentadas en estudios de largo plazo, como el programa ORCAT en Key Largo, que logró la estabilización de la población y reducciones de hasta el 86% tras dos décadas de intervención continua [50]. Estos hallazgos resaltan la importancia de la paciencia, la persistencia y una gestión continua para obtener resultados significativos en programas CER, especialmente en contextos urbanos con alta densidad de población y dinámicas complejas.

Para garantizar la precisión de las predicciones del PVA y maximizar el impacto del programa, es fundamental seguir implementando estrategias complementarias, como iniciativas de adopción, campañas de concienciación pública y medidas para reducir las tasas de abandono. La reciente promulgación de la nueva legislación de bienestar animal representa una oportunidad crucial para reforzar estas estrategias. Esta normativa exige esfuerzos sostenidos de esterilización, incluso para gatos con dueño, e introduce medidas integrales para abordar el abandono [32,51]. Al institucionalizar estas iniciativas, la legislación no solo asegura la sostenibilidad a largo plazo del programa CER en Córdoba, sino que también establece un marco más cohesivo y resiliente para enfrentar los desafíos de la gestión de poblaciones felinas urbanas.

Estudios realizados en Nueva Zelanda y Suiza [17,25] enfatizan que la combinación de marcos legales con estrategias de participación pública proporciona una hoja de ruta estructurada para fortalecer las iniciativas CER. Siguiendo estos modelos, el programa de Córdoba demuestra cómo la integración de normativas legales con estrategias de participación ciudadana puede mejorar la gestión poblacional y promover resultados sostenibles [12,18].

4.4. Integrando Conservación y Gestión: El Ejemplo Icónico de la Colonia del Molino de la Albolafia

Si bien este estudio se centra principalmente en la gestión urbana de los gatos comunitarios, los principios y metodologías aplicados son igualmente relevantes para colonias situadas en entornos naturales o de importancia histórica [51]. Un ejemplo destacado de esta integración es la colonia del Molino de la Albolafia, un emblemático molino árabe a orillas del río Guadalquivir, que aparece de forma prominente en el escudo de Córdoba. Ubicada cerca de la famosa Mezquita-Catedral de Córdoba—uno de los monumentos más visitados de España—esta colonia ejemplifica la importancia de incluir todo tipo de hábitats—urbanos, periurbanos y naturales—en una estrategia de gestión coherente y humanitaria que garantice tanto la integridad ecológica como el bienestar animal.

Gracias a la implementación del programa CER, la población de gatos en esta colonia ha disminuido de 18 a 6 individuos, lo que demuestra la capacidad del programa para estabilizar y reducir gradualmente el tamaño de las colonias. Además de la esterilización, una medida clave que contribuyó a este éxito fue la adopción de un sistema de alimentación *ad libitum* con pienso de alta proteína, tal como han recomendado algunos autores [52]. Es importante destacar que este protocolo de alimentación se implementó únicamente después de completar la esterilización del 100% de los gatos de la colonia ($n = 18$), evitando así las dificultades que la alimentación *ad libitum* podría haber generado durante los esfuerzos de captura. El acceso continuo a alimento de alta calidad, combinado con la esterilización, parece haber reducido el comportamiento depredador de los gatos. Antes de la intervención, era frecuente encontrar restos de aves a lo largo del paseo peatonal, y los gatos solían mendigar comida a los turistas, lo que provocaba acumulación de basura en la zona. Tras la implementación del programa, estos problemas se han mitigado notablemente, logrando un entorno más limpio y reduciendo la dependencia de la caza.

Además, estos gatos se han convertido en un atractivo para los turistas, fomentando una percepción más positiva de los gatos comunitarios y demostrando cómo las intervenciones humanitarias pueden coexistir con la conservación del patrimonio. Este ejemplo subraya cómo el programa CER de Córdoba ha logrado integrar con éxito el bienestar animal, la preservación ecológica y el patrimonio cultural, proporcionando un modelo replicable para otras ciudades que enfrentan desafíos similares (Figura 8).



Figura 8. Gatos comunitarios en el Molino de la Albolafia, Córdoba. A la izquierda de la imagen se muestra una vista del molino (1137). En la parte superior, el escudo de la ciudad de Córdoba destaca de manera prominente este elemento emblemático. El resto de la composición incluye fotografías de algunos de los seis gatos que actualmente residen en la colonia.

4.5. Limitaciones del Estudio

A pesar de los resultados prometedores y del sólido diseño del programa CER en Córdoba, es importante reconocer varias limitaciones.

En primer lugar, la reducción moderada de la población total observada durante los primeros cuatro años refleja la incorporación progresiva de nuevas colonias al programa. Muchas de estas colonias aún no han alcanzado la fase de estabilización, que puede requerir varios años de intervención sostenida. Esto subraya la importancia del compromiso a largo plazo y el riesgo de evaluar prematuramente el éxito de programas similares basándose únicamente en resultados iniciales.

Otra limitación relevante es el impacto de factores externos, como el abandono, la llegada de gatos desde áreas no gestionadas y los efectos compensatorios, todos ellos capaces de afectar los esfuerzos de control poblacional. Aunque estos desafíos se mitigaron parcialmente mediante una alta cobertura de esterilización y la implicación de la comunidad, su persistencia evidencia la dificultad inherente de gestionar poblaciones felinas urbanas y periurbanas. Sin medidas sistémicas más amplias—como la aplicación estricta del marco legal, campañas de sensibilización pública y el fomento de la tenencia responsable de animales—el éxito a largo plazo del programa podría verse comprometido.

La dependencia de la ciencia ciudadana y de la participación de voluntarios, aunque es una fortaleza en muchos aspectos, también introduce variabilidad en la calidad de los datos y la eficiencia del programa. El compromiso irregular de algunos cuidadores y las dificultades logísticas en ciertas colonias han generado disparidades en las tasas de esterilización, lo que resalta la necesidad de una supervisión continua, formación y apoyo a los voluntarios.

Por último, las proyecciones derivadas del análisis de viabilidad poblacional (PVA) están sujetas a incertidumbre, ya que dependen de suposiciones sobre parámetros demográficos y condiciones ambientales. Cualquier desviación de estas suposiciones—como cambios en las tasas de abandono, interrupciones imprevistas en la financiación del

programa o limitaciones logísticas—podría modificar significativamente los resultados proyectados.

5. Conclusiones

El programa CER de Córdoba se consolida como un referente en la gestión ética y eficaz de poblaciones felinas urbanas y periurbanas a gran escala. Su singularidad radica en su amplio alcance geográfico, la magnitud de la población gestionada y la continuidad y organización de las intervenciones a lo largo de cuatro años. Este éxito ha sido posible gracias a una planificación meticulosa, una sólida estructura operativa, una financiación sostenida y el compromiso firme de todos los actores implicados, incluyendo voluntarios, clínicas veterinarias, ONGs de protección animal e instituciones públicas. Estos factores han permitido alcanzar tasas de esterilización elevadas en 225 colonias, cubriendo al 95% de la población felina gestionada, al tiempo que se han ido incorporando progresivamente nuevas colonias al programa.

A lo largo de estos cuatro años, el programa ha logrado estabilizar las poblaciones felinas y mitigar su crecimiento, a pesar de desafíos como el abandono, la inmigración desde áreas no gestionadas y los efectos compensatorios. La reducción total de la población en un 2,7% durante el período de estudio refleja la incorporación progresiva de nuevas colonias que aún no han alcanzado la fase de estabilización. Sin embargo, los análisis de viabilidad poblacional (PVA) estiman que el programa ha evitado el nacimiento de cerca de 3000 gatos, y proyectan una reducción significativa del 55% en la población felina para 2028, siempre que se mantenga la intensidad y cobertura de las intervenciones actuales. Estas proyecciones subrayan la eficacia de las estrategias sostenidas y consolidan el modelo de Córdoba como una referencia replicable para otras ciudades.

Otro de los pilares clave del programa ha sido su eficiencia económica, con un coste medio anual de 0,62 euros por persona. Esta inversión relativamente baja demuestra que es posible implementar iniciativas CER a gran escala con una asignación eficiente de recursos y con el apoyo de la comunidad. La integración de la ciencia ciudadana, la recopilación sistemática de datos y la gestión adaptativa han sido esenciales para mejorar la escalabilidad y replicabilidad del programa.

La reciente entrada en vigor de la Ley de Bienestar Animal 7/2023 en España representa una oportunidad clave para institucionalizar y consolidar estos esfuerzos. Esta legislación establece la obligación de planes estructurados de gestión de colonias felinas, que incluyen censos detallados, registros oficiales y la aplicación intensiva del método CER. Al alinearse con estos requisitos legales, el programa de Córdoba no solo se posiciona como modelo de cumplimiento normativo, sino que también proporciona conocimientos fundamentales para que otras administraciones municipales implementen estrategias eficaces dentro del marco de la nueva legislación. Este enfoque garantiza tanto la sostenibilidad a largo plazo del programa en Córdoba como la posibilidad de escalar esfuerzos similares en todo el país.

A medida que el programa continúe evolucionando, futuras evaluaciones serán clave para confirmar el éxito proyectado o para diseñar y ajustar estrategias adicionales según sea necesario. La evaluación continua garantizará la efectividad del programa a largo plazo, proporcionando un modelo de referencia para la gestión ética, basada en la evidencia, de las poblaciones de animales urbanos.

Materiales suplementarios: La siguiente información complementaria puede descargarse en: www.mdpi.com/xxx/s1, Tabla S1: Parámetros clave y supuestos para el análisis de viabilidad poblacional (PVA) en la población de gatos comunitarios de Córdoba.

Contribuciones de los autores: Conceptualización, M.V.-R., A.D. y E.I.; metodología, M.V.-R., A.D. y E.I.; software, M.V.-R., O.P.L. y M.d.M.T.-A.; validación, M.V.-R.; análisis formal, O.P.L., M.V.-R. y M.d.M.T.-A.; investigación, M.V.-R.; gestión de datos, M.V.-R., O.P.L. y M.d.M.T.-A.; redacción—preparación del borrador original, O.P.L.; redacción—revisión y edición, M.V.-R., A.D., E.I., M.d.M.T.-A. y O.P.L.; supervisión, M.V.-R. y O.P.L.; administración del proyecto, M.V.-R.; obtención de financiación, M.V.-R. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiación: Esta investigación fue financiada por el Ayuntamiento de Córdoba, a través de una asignación presupuestaria anual específica destinada al programa de captura-esterilización-retorno (CER).

Revisión ética y aprobación: La revisión ética y la aprobación fueron eximidas para este estudio, ya que no se realizaron procedimientos invasivos y toda la recopilación de datos se llevó a cabo estrictamente mediante métodos observacionales no intrusivos y fuentes de información de acceso público. Además, las intervenciones realizadas en el marco del programa CER siguieron protocolos veterinarios y de bienestar animal previamente aprobados por las autoridades competentes, en cumplimiento con la legislación nacional.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos que respaldan los resultados presentados están disponibles previa solicitud al autor de correspondencia. Debido a consideraciones éticas y de privacidad, los datos no son de acceso público.

Agradecimientos: Queremos expresar nuestra más profunda gratitud a todas las personas, instituciones y organizaciones que han contribuido al desarrollo del programa de gestión ética de colonias de gatos comunitarios en Córdoba. En primer lugar, extendemos nuestro agradecimiento al Ayuntamiento de Córdoba por su continuo apoyo, brindado a través de su empresa municipal SADECO, cuyo financiamiento ha sido fundamental para garantizar la sostenibilidad y efectividad de este proyecto. También reconocemos sinceramente a la Federación de Asociaciones Protectoras de Animales de Córdoba (FAPAC) por su papel como enlace entre todas las partes involucradas y por la gestión de la red de voluntarios. Su liderazgo en la Coordinación General del CER Córdoba, junto con los coordinadores de área, ha sido crucial para supervisar la metodología y asegurar la eficiente ejecución del proceso. Asimismo, queremos agradecer al Colegio de Veterinarios de Córdoba por su apoyo institucional y por facilitar la participación de profesionales comprometidos, cuya experiencia y capacidad de adaptación han sido vitales para el éxito del proyecto. Destacamos también el papel clave desempeñado por el grupo de voluntarios encargados de las capturas y por los cuidadores responsables, cuyo esfuerzo diario demuestra un admirable compromiso con el bienestar de los gatos comunitarios. Nuestra gratitud se extiende también a Enrique Alonso, Asesor Ambiental del Estado, al Grupo de Especialidad de Medicina Felina Española (GEMFE) por su asesoramiento técnico y científico, así como al equipo técnico y veterinario de la Fundación Protectora de Asturias. Por último, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias y amigos, quienes nos han brindado un apoyo inquebrantable y continuo aliento.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

1. Loss, S.R.; Will, T.; Marra, P.P. The Impact of Free-Ranging Domestic Cats on Wildlife of the United States. *Nat. Commun.* **2013**, *4*, 1396. <https://doi.org/10.1038/ncomms2380>.
2. Thomas, R.L.; Fellowes, M.D.E.; Baker, P.J. Spatio-Temporal Variation in Predation by Urban Domestic Cats (*Felis Catus*) and the Acceptability of Possible Management Actions in the UK. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e49369. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049369>.
3. Legge, S.; Woinarski, J.C.Z.; Dickman, C.R.; Murphy, B.P.; Woolley, L.A.; Calver, M.C. We Need to Worry about Bella and Charlie: The Impacts of Pet Cats on Australian Wildlife. *Wildl. Res.* **2020**, *47*, 523–539.

4. Díaz, M.; Fernández, J.; Page, A. Cat Colonies and Flight Initiation Distances of Urban Birds: Dealing with Conflicting Sources of Citizen Wellbeing. *Sci. Total Environ.* **2022**, *827*, 154401. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154401>.
5. Bassett, I.E.; McNaughton, E.J.; Plank, G.D.; Stanley, M.C. Cat Ownership and Proximity to Significant Ecological Areas Influence Attitudes Towards Cat Impacts and Management Practices. *Environ. Manag.* **2020**, *66*, 30–41. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01289-2>.
6. Finkler, H.; Gunther, I.; Terkel, J. Behavioral Differences between Urban Feeding Groups of Neutered and Sexually Intact Free-Roaming Cats Following a Trap-Neuter-Return Procedure. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2011**, *238*, 1141–1149. <https://doi.org/10.2460/javma.238.9.1141>.
7. Gunther, I.; Finkler, H.; Terkel, J. Demographic Differences between Urban Feeding Groups of Neutered and Sexually Intact Free-Roaming Cats Following a Trap-Neuter-Return Procedure. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2011**, *238*, 1134–1140. <https://doi.org/10.2460/javma.238.9.1134>.
8. Luzardo, O.P.; Zaldívar-Laguía, J.E.; Zumbado, M.; Travieso-Aja, M. del M. The Role of Veterinarians in Managing Community Cats: A Contextualized, Comprehensive Approach for Biodiversity, Public Health, and Animal Welfare. *Animals* **2023**, *13*, 1586.
9. Foley, P.; Foley, J.E.; Levy, J.K.; Paik, T. Analysis of the Impact of Trap-Neuter-Return Programs on Populations of Feral Cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2005**, *227*, 1775–1781. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.1775>.
10. Longcore, T.; Rich, C.; Sullivan, L.M. Critical Assessment of Claims Regarding Management of Feral Cats by Trap-Neuter-Return. *Conserv. Biol.* **2009**, *23*, 887–894.
11. Levy, J.K.; Gale, D.W.; Gale, L.A. Evaluation of the Effect of a Long-Term Trap-Neuter-Return and Adoption Program on a Free-Roaming Cat Population. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2003**, *222*, 42–46. <https://doi.org/10.2460/javma.2003.222.42>.
12. GEMFE-AVEPA Posicionamiento GEMFE-AVEPA Sobre Las Colonias Felinas Urbanas. Available online: https://avepa.org/pdf/GRUPOSTRABAJO/POSICIONAMIENTO_Colonias_Felinas.pdf (accessed on 7 May 2023).
13. Pérez Luzardo, O.; Zaldívar, J.E.; Travieso Aja, M.d.M.; Zumbado Peña, M. Control de Poblaciones de Gatos En Libertad. Parte 1: Perspectiva Veterinaria. *J. Anim. Law Interdiscip. Anim. Welf. Stud./Rev. Gen. Derecho Anim. Y Estud. Interdiscip. Bienestar Anim* **2021**. Available online: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9525589> (accessed on 3 January 2025).
14. Gunther, I.; Hawlena, H.; Azriel, L.; Gibor, D.; Berke, O.; Klement, E. Reduction of Free-Roaming Cat Population Requires High-Intensity Neutering in Spatial Contiguity to Mitigate Compensatory Effects. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2022**, *119*, e2119000119. <https://doi.org/10.1073/pnas>.
15. Natoli, E.; Maragliano, L.; Cariola, G.; Faini, A.; Bonanni, R.; Cafazzo, S.; Fantini, C. Management of Feral Domestic Cats in the Urban Environment of Rome (Italy). *Prev. Vet. Med.* **2006**, *77*, 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.06.005>.
16. Robertson, S.A. A Review of Feral Cat Control. *J. Feline Med. Surg.* **2008**, *10*, 366–375.
17. Umlas, E. Trap-Neuter-Return: A Study of the Practice in Switzerland. *Derecho Anim.* **2021**, *12*, 54–104. <https://doi.org/10.5565/REV/DA.563>.
18. Read, J.L.; Dickman, C.R.; Boardman, W.S.J.; Lepczyk, C.A. Reply to Wolf et al.: Why Trap-Neuter-Return (Tnr) Is Not an Ethical Solution for Stray Cat Management. *Animals* **2020**, *10*, 1525.
19. De Ruyver, C.; Abatih, E.; Villa, P.D.; Peeters, E.H.K.A.; Clements, J.; Dufau, A.; Moons, C.P.H. Public Opinions on Seven Different Stray Cat Population Management Scenarios in Flanders, Belgium. *Res. Vet. Sci.* **2021**, *136*, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.025>.
20. Ramírez Riveros, D.; González-Lagos, C. Community Engagement and the Effectiveness of Free-Roaming Cat Control Techniques: A Systematic Review. *Animals* **2024**, *14*, 492.
21. Leong, K.M.; Gramza, A.R.; Duberstein, J.N.; Bryson, C.; Amlin, A. Using Applied Social Science Disciplines to Implement Creative Outdoor Cat Management Solutions and Avoid the Trap of One-Size-Fits-All Policies. *Conserv. Biol.* **2024**, *39*, e14321.
22. Spehar, D.D.; Wolf, P.J. A Case Study in Citizen Science: The Effectiveness of a Trap-Neuter-Return Program in a Chicago Neighborhood. *Animals* **2018**, *8*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani8010014>.
23. Spehar, D.D.; Wolf, P.J. The Impact of Targeted Trap-Neuter-Return Efforts in the San Francisco Bay Area. *Animals* **2020**, *10*, 2089. <https://doi.org/10.3390/ani10112089>.
24. McDonald, J.L.; Hodgson, D. Counting Cats: The Integration of Expert and Citizen Science Data for Unbiased Inference of Population Abundance. *Ecol. Evol.* **2021**, *11*, 4325–4338. <https://doi.org/10.1002/ece3.7330>.
25. Roetman, P.; Tindle, H.; Litchfield, C. Management of Pet Cats: The Impact of the Cat Tracker Citizen Science Project in South Australia. *Animals* **2018**, *8*, 190. <https://doi.org/10.3390/ani8110190>.
26. Bischof, R.; Hansen, N.R.; Nyheim, Ø.S.; Kisen, A.; Prestmoen, L.; Haugaasen, T. Mapping the “Catscape” Formed by a Population of Pet Cats with Outdoor Access. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 5964. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09694-9>.

27. BOE. Ley 3/1988, de 4 de Marzo, de Protección de Los Animales. *Boletín Of. Del Estado* **1988**.
28. BOE. Ley 7/2020, de 31 de Agosto, de Bienestar, Protección y Defensa de Los Animales de Castilla-La Mancha. *Boletín Of. Del Estado* **2020**, *105*, 209–210. Available online: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-13916> (accessed on 02 December 2024).
29. BOE. Ley 13/2002, de 23 de Diciembre, de Tenencia, Protección y Derechos de Los Animales. *Bol. Of. Del Estado* **2002**, 1–16.
30. Dufau, A. *Estatuto Jurídico Del Gato Callejero En España, Francia y Reino Unido*; Tirant lo Blanch: Valencia, Spain, 2017.
31. APDDA Manifiesto Felino. Available online: <https://manifiestofelino.blogspot.com/2015/05/cat-manifesto-spain-english.html> (accessed on 31 December 2024).
32. BOE. Ley 7/2023, de 8 de Marzo, de Protección de Los Derechos y El Bienestar de Los Animales. *Boletín Of. Del Estado* **2023**, *11*, 133–138.
33. UNESCO World Heritage List. Available online: <https://whc.unesco.org/en/list/cid=31&l=en&&order=year> (accessed on 23 December 2024).
34. INE Spanish Population by Provinces. Available online: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2852> (accessed on 23 December 2024).
35. Slater, M.; Garrison, L.; Miller, K.; Weiss, E.; Makolinski, K.; Drain, N.; Mirontshuk, A. Practical Physical and Behavioral Measures to Assess the Socialization Spectrum of Cats in a Shelter-like Setting during a Three Day Period. *Animals* **2013**, *3*, 1162. <https://doi.org/10.3390/ani3041162>.
36. Bushby, P.A. High-Quality, High-Volume Spay–Neuter: Access to Care and the Challenge to Private Practitioners. *J. Feline Med. Surg.* **2020**, *22*, 208–215.
37. Lacy, R.C.; Pollak, J. *VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process*, Version 10.6.0; The Species Conservation Toolkit Initiative (SCTI): Brookfield, IL, USA, 2024.
38. Boone, J.D.; Miller, P.S.; Briggs, J.R.; Benka, V.A.W.; Lawler, D.F.; Slater, M.; Levy, J.K.; Zawistowski, S. A Long-Term Lens: Cumulative Impacts of Free-Roaming Cat Management Strategy and Intensity on Preventable Cat Mortalities. *Front. Vet. Sci.* **2019**, *6*, 238. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00238>.
39. Miller, P.S.; Boone, J.D.; Briggs, J.R.; Lawler, D.F.; Levy, J.K.; Nutter, F.B.; Slater, M.; Zawistowski, S. Simulating Free-Roaming Cat Population Management Options in Open Demographic Environments. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e113553. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0113553>.
40. Benka, V.A.; Boone, J.D.; Miller, P.S.; Briggs, J.R.; Anderson, A.M.; Sloomaker, C.; Slater, M.; Levy, J.K.; Nutter, F.B.; Zawistowski, S. Guidance for Management of Free-Roaming Community Cats: A Bioeconomic Analysis. *J. Feline Med. Surg.* **2021**, *24*, 975–985. <https://doi.org/10.1177/1098612X211055685>.
41. Boone, J.D. Better Trap–Neuter–Return for Free-Roaming Cats: Using Models and Monitoring to Improve Population Management. *J. Feline Med. Surg.* **2015**, *17*, 800–807.
42. Fundación Affinity Estudio El Nunca Lo Haría de La Fundación Affinity Sobre El Abandono, La Pérdida y La Adopción de Animales de Compañía En España. 2023. Available online: <https://www.fundacion-affinity.org/es/estudio-abandono-y-adopcion> (accessed on 17 November 2024).
43. SADECO Gestión de Colonias Felinas de Córdoba. Available online: <https://www.sadeco.es/wp-content/uploads/2024/02/RDP-COLONIAS-FELINAS.pdf> (accessed on 24 December 2024).
44. Vara, M. Los Pilares Del Éxito Del Método CER En Córdoba. Available online: <https://www.fdcats.com/los-pilares-del-exito-del-metodo-cer-en-cordoba/> (accessed on 24 December 2024).
45. Animais de Rua Trap-Neuter-Return (TNR) Manual. Available online: <https://www.eurogroupforanimals.org/files/eurogroupforanimals/2023-08/2023-08-08-Animais%20de%20Rua%20-%20TNR%20Manual.pdf> (accessed on 2 November 2024).
46. ASPCA Guide to Trap-Neuter-Return and Colony Care. Available online: https://aspcapro.org/sites/default/files/TNR_workshop_handbook.3.pdf (accessed on 2 November 2024).
47. General Directorate of Animal Rights RESOLUCIÓN de 25 de Marzo de 2022, de La Subsecretaría, Por La Que Se Otorgan Los Galardones “Ciudades Amigas de Los Animales”, Correspondientes a La Convocatoria 2021. Available online: https://www.dsca.gob.es/sites/default/files/derechos-sociales/Resolucion_Concesion_galardones_Convocatoria_2021.pdf (accessed on 24 December 2024).
48. Spehar, D.D.; Wolf, P.J. An Examination of an Iconic Trap-Neuter-Return Program: The Newburyport, Massachusetts Case Study. *Animals* **2017**, *7*, 81. <https://doi.org/10.3390/ani7110081>.
49. Zito, S.; Aguilar, G.; Vigeant, S.; Dale, A. Assessment of a Targeted Trap-Neuter-Return Pilot Study in Auckland, New Zealand. *Animals* **2018**, *8*, 73. <https://doi.org/10.3390/ani8050073>.

50. Kreisler, R.E.; Cornell, H.N.; Levy, J.K. Decrease in Population and Increase in Welfare of Community Cats in a Twenty-Three Year Trap-Neuter-Return Program in Key Largo, FL: The ORCAT Program. *Front. Vet. Sci.* **2019**, *6*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00007>.
51. Spanish Directorate of Animal Rights Directriz Técnica de La Dirección General de Derechos de Los Animales Sobre Gestión de Poblaciones Felinas. Available online: <https://www.agenda2030.gob.es/derechos-animales/colonias-felinas/docs/DGDA.pdf> (accessed on 31 October 2024).
52. Cecchetti, M.; Crowley, S.L.; Goodwin, C.E.D.; Cole, H.; McDonald, J.; Bearhop, S.; McDonald, R.A. Contributions of Wild and Provisioned Foods to the Diets of Domestic Cats That Depredate Wild Animals. *Ecosphere* **2021**, *12*, e03737. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3737>.

Aviso legal / Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusiva responsabilidad de los autores y colaboradores individuales y no de MDPI y/o los editores. MDPI y/o los editores declinan cualquier responsabilidad por daños o perjuicios a personas o propiedades resultantes de cualquier idea, método, instrucción o producto mencionado en el contenido.