Angie Paola Arias Pareja, Geraldine Camino Durango, Miguel Ángel Flórez Peláez (2024). Aplicación de la ingeniería de sistemas en la búsqueda y adopción de mascotas: una revisión de literatura. Cuaderno Activa, 16, 63 a 77.

Cuaderno Activa
• REVISTA CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA •

Aplicación de la ingeniería de sistemas en la búsqueda y adopción de mascotas: una revisión de literatura

Application of Systems Engineering in the Search and Adoption of Pets: a Review of the Literature

Angie Paola Arias Pareja[1], Geraldine Camino Durango[2], Miguel Ángel Flórez Peláez[3]

Tipo de Artículo: Revisión de literatura.
Recibido: 01/11/2023. **Aprobado:** 14/11/2024. **Publicado:** 12/12/2024

Resumen: La pérdida o el abandono de mascotas conmueve a la sociedad, generando impactos emocionales y de seguridad significativos. En esta revisión se analiza el papel que desempeña la ingeniería de sistemas en la protección de animales perdidos. Se presentan diversas soluciones tecnológicas, como *software*, aplicaciones móviles, inteligencia artificial y hardwares innovadores, al tiempo que se destaca el valor de la colaboración social y el registro riguroso de información. Además, se abordan problemáticas relacionadas con mascotas en situación de calle, como la propagación de enfermedades y la formación de jaurías. La reflexión ética sobre medidas como la esterilización, vacunación y adopción responsable se plantea como un camino necesario para enfrentar esta situación. En sinergia con la conciencia social, la ingeniería de sistemas ofrece un enfoque integral para garantizar el bienestar animal y la salud emocional de las personas.

Palabras clave: Animales extraviados; refugios; inteligencia artificial; *software*; procesamiento de imágenes.

[1] *Autor correspondiente: Angie Paola Arias Pareja Mayor título: Ingeniera de Sistemas. Filiación institucional: Universidad Católica Luis Amigó. País; Colombia, Ciudad: Medellín. Correo electrónico: angie.ariaspa@amigo.edu.co ORCID: 0009-0004-9375-9602*

[2] *Autor correspondiente: Geraldine Camino Durango Mayor título: Ingeniera de Sistemas. Filiación institucional: Universidad Católica Luis Amigó; País: Colombia, Ciudad: Medellín. Correo electrónico: geraldine.caminodu@amigo.edu.co ORCID: 0009-0009-5670-3892*

[3] *Autor correspondiente: Miguel Ángel Flórez Peláez Mayor título: Estudiante de Ingeniería de Sistemas. Filiación institucional: Universidad Católica Luis Amigó País: Colombia, Ciudad: Medellín. Correo electrónico: miguel.florezpe@amigo.edu.co ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3548-900X*

Abstract: The loss or abandonment of pets affects society, generating significant emotional and safety repercussions. This review analyzes the role that systems engineering plays in protecting lost animals. It presents and explores technological solutions, such as *software*, mobile applications, artificial intelligence, and innovative hardware, while highlighting the value of social collaboration and the rigorous recording of accurate information. In addition, it addresses issues related to stray pets, such as the spread of disease and the formation of packs. Ethical reflection on measures The article highlights the need for ethical approaches, such as sterilization, vaccination, and responsible adoption, as a necessary way to address this situation and tackle the problem. In synergy with social awareness, the article explains how systems engineering offers a comprehensive approach that, combined with social awareness, can ensure the well-being of animals and the emotional health of people.

Keywords: Lost animal; shelter; artificial intelligence; *software*; image processing.

I. Introducción

La pérdida o el abandono de mascotas es una situación que genera una profunda sensibilidad tanto en quienes la viven directamente como en aquellas personas que se preocupan por el bienestar animal. Este problema tiene un impacto significativo en diversos aspectos de la vida y la sociedad en general. En primer lugar, afecta profundamente la estabilidad emocional de las personas, ya que la pérdida de un animal de compañía o la angustia de presenciar el abandono de uno pueden provocar intensos episodios de tristeza, preocupación y ansiedad, e incluso, en algunos casos, traumas emocionales.

La seguridad de los animales abandonados en la calle es otra preocupación relevante, pues estos enfrentan peligros constantes como accidentes de tráfico, enfermedades y maltrato. Ante estás problemáticas cotidianas, surge la motivación por crear soluciones para quienes atraviesan este tipo de situaciones, al tiempo que se busca generar conciencia en la comunidad.

En este contexto, resulta fundamental revisar literatura científica con el propósito de identificar hallazgos investigativos sobre la aplicación de la ingeniería de sistemas en la localización y protección de mascotas perdidas, reconociendo los desarrollos tecnológicos actuales y las problemáticas asociadas con los animales en situación de calle.

La elaboración de la revisión de la literatura implicó varios pasos dirigidos a encontrar artículos, revistas, tesis e instrumentos pertinentes que aportaran a la consolidación del marco teórico de la investigación. En primer lugar, se definió el propósito central del estudio, enfocado en el control y seguimiento de mascotas extraviadas, lo que se convirtió en el objeto de estudio central del estudio. Posteriormente, se formularon preguntas de investigación orientadas a identificar aplicaciones tecnológicas existentes y determinar en qué áreas de la ingeniería de sistemas se podrían implementar dichas soluciones. Para este propósito, se formularon criterios de inclusión y exclusión que permitieron definir las palabras clave necesarias para la búsqueda de información a través de las bases de datos académicas, tales como Scopus, Taylor and Francis, Web of Science y Science Direct. Estos criterios garantizaron una revisión rigurosa y precisa de los artículos más relevantes.

El uso de dichos criterios facilitó el filtrado de la información recolectada, asegurando que solo los estudios pertinentes y de calidad fueran considerados para dar respuesta a las preguntas problematizadoras. De esta manera, se encontraron hallazgos importantes y diferenciadores que fortalecieron el desarrollo de la investigación.

Desde la perspectiva de la ingeniería de sistemas, se han propuesto soluciones innovadoras que abarcan distintas áreas tecnológicas, tales como el desarrollo de *software* y aplicaciones móviles, la implementación de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático (*Machine Learning*) y la integración de hardware, incluyendo placas inteligentes y escaneo de códigos QR.

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 65 de 130

No obstante, el éxito de estas soluciones se basa en las redes de apoyo, la colaboración activa de la sociedad y un registro cuidadoso de información, para identificar áreas de intervención y aplicar estrategias de mejora. Así mismo, resulta necesario abordar las problemáticas relacionadas con los animales en situación de calle, como la propagación de enfermedades zoonóticas o la formación de jaurías territoriales.

En este sentido, la esterilización, vacunación y adopción se constituyen en enfoques fundamentales. Implementar medidas éticas y socialmente aceptables resulta crucial para enfrentar la situación, evitando decisiones drásticas que puedan afectar emocionalmente tanto a los trabajadores del sector como a las personas involucradas por razones inapropiadas.

II. Justificación

Realizar una revisión de literatura resulta fundamental para ampliar el conocimiento sobre las problemáticas sociales, ambientales y emocionales que pueden traer las mascotas extraviadas, así como conocer las tecnologías que facilitan su localización y posible adopción. Este ejercicio permite reconocer las áreas que han abordado esta temática y comprender cómo se han aplicado soluciones en investigaciones previas, lo cual respalda la pertinencia y actualidad del presente estudio. En este sentido, se busca actuar como un puente entre las mascotas en condición de extravío y personas interesadas en brindar apoyo.

El abandono o la pérdida de mascotas favorece la sobrepoblación de animales callejeros convirtiéndose en un problema creciente [1], lo que directamente pone en riesgo la seguridad de estos animales y aumenta la posibilidad de que estén expuestos a enfermedades y peligros. Según un estudio realizado en Bogotá, con el fin de estimar la abundancia poblacional, se obtuvieron 66.467 perros deambulantes; con lo que respecta a la salud de algunos de estos, se observó un estado regular [2].

El incremento en la población de animales callejeros conlleva a una sobrepoblación, ya sea en las calles o en los refugios animales. Esta sobrepoblación limita recursos para atender a otros animales en situación de calle. Por lo tanto, muchas decisiones se basan en realizar la eutanasia para aquellos que no pueden ser adoptados, sin embargo, estas prácticas pueden generar efectos negativos en las personas que ejercen este trabajo [34]. Por lo anterior, se justifica la necesidad de buscar soluciones que salven vidas, generen segundas oportunidades y fortalezcan los vínculos entre la comunidad y los animales en situación de calle.

III. Formulación de preguntas de investigación

1. ¿Qué aplicaciones existen en la actualidad para la ubicación o protección de mascotas perdidas?

2. ¿Cómo se ha utilizado la ingeniería de sistemas para la ubicación o protección de animales extraviados?

3. ¿Qué problemáticas sociales/ambientales/sanitarias/emocionales generan las mascotas en condición de calle?

IV. Definición y conceptos básicos

Análisis predictivo: técnica que se enfoca en analizar datos históricos y predecir o anticipar qué podría pasar en el futuro [3].

Aprendizaje automático: rama de la inteligencia artificial que se enfoca en crear sistemas que aprenden adquiriendo conocimientos a partir de la información que absorben, más específicamente, datos [4].

Cánidos: grupo de animales carnívoros con características y morfologías similares al animal central del artículo, el perro doméstico [5].

Equinococosis quística: enfermedad parasitaria común en el ganado, causada por el cestodo Echinococcus granulosus; el perro es su principal hospedador definitivo [6].

Helicobacter pylori: bacteria que habita en el estómago y es una de las principales causantes de cáncer gástrico [7].

Inteligencia artificial: ciencia orientada a desarrollar sistemas capaces de ejecutartareas y resolver problemas. Las IA son tecnologías que permiten a las computadoras realizar tareas avanzadas, como ver, comprender y traducir un lenguaje natural, escrito y analizar datos. Además, con su entrenamiento, generan recomendaciones [8].

Chagas: enfermedad infecciosa causada por el parásito Trypanosoma cruzi que suele transmitirse a través de heces contaminadas [9].

Parásitos zoonóticos: infecciones que pueden transmitirse de animales a humanos. Estas enfermedades pueden ser causadas por virus, bacterias, parásitos u hongos siendo estos bastante comunes [10].

Problemas de salud pública: responsabilidad compartida entre el Estado y los ciudadanos para salvaguardar la salud individual y colectiva, mediante el mejoramiento de las condiciones de bienestar y la calidad de vida [11].

Redes neuronales: técnica de inteligencia artificial que permite a las computadoras procesar información de forma similar al cerebro humano. Este aprendizaje se caracteriza por utilizar nodos o neuronas interconectadas que imitan la organización del cerebro humano [12].

Regresión logística: método de análisis de datos que emplea principios matemáticos para encontrar relaciones entre dos variables, por lo general estas predicciones se traducen en resultados como afirmativo o negativo [13].

V. Proceso de búsqueda de documentos

Palabras de búsqueda: para la revisión sistemática de la literatura (RSL) se tuvieron en cuenta las siguientes palabras: *artificial intelligence*, *software*, stray animals, adoption, engineering, image processing, and developments.

Cadenas o ecuaciones de búsqueda:

- TITLE-ABS-KEY (“Adoption” AND “Animals” AND “*Software*”) AND (LIMIT- TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”)) AND (LIMIT- TO (SRCTYPE, “j”))
- TITLE-ABS-KEY (“Stray animals” AND “Developments” AND “Applications”) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”)) AND (LIMIT- TO (SRCTYPE, “j”)) TITLE-ABS-KEY (“Animals” AND “Adoption”) AND PUBYEAR > 2016 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”)) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Animal”) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Adoption”) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Dog”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”)) AND (LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE, “Journal Of Dairy Science”) OR LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE, “Animals”))
- TITLE-ABS-KEY (“Pets” AND “Developments” AND “Engineering”) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT- TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”)) AND (LIMIT- TO (SRCTYPE, “j”))
- TITLE-ABS-KEY (‘face recognition” and “dogs”) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 67 de 130

2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))

- TITLE-ABS-KEY (''stray animals" and "problems") AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))

VI. Bases de datos empleadas

Las bases de datos empleadas en la investigación se componen de un selecto grupo de artículos, extraídos de Science Direct, Web of Science y Taylor and Francis, espacios que almacenan información de carácter científico e investigativo de todo el mundo, lo que permite tener un amplio espectro de puntos de vista sobre el tema tratado.

El período de búsqueda para la revisión de literatura abarcó los últimos cinco años. Esta elección se realizó con el propósito de excluir información obsoleta y asegurar la inclusión de los datos más actualizados en beneficio del estudio.

VII. Criterios

Los criterios de inclusión para buscar los artículos trataban sobre el desarrollo de *software*, específicamente en aplicaciones publicadas en tiendas como Google Play y App Store orientadas al control de mascotas perdidas, es decir, registros básicos de información con la ubicación de la mascota.

Dado que la investigación se enfoca en mascotas extraviadas, particularmente domésticas, la metodología empleada para incluir los estudios científicos se enfoca en cómo la ingeniería de sistemas ha ayudado a esta causa, por lo tanto, las temáticas deben incluir desarrollos utilizando la inteligencia artificial, el análisis de datos, *machine learning*, entre otros.

Como último criterio de inclusión, se seleccionaron estudios que expusieron de forma clara problemáticas generadas en el entorno por animales en situación de calle, tales como problemas sanitarios, problemas emocionales, problemas psicológicos y problemas sociales frente a la comunidad.

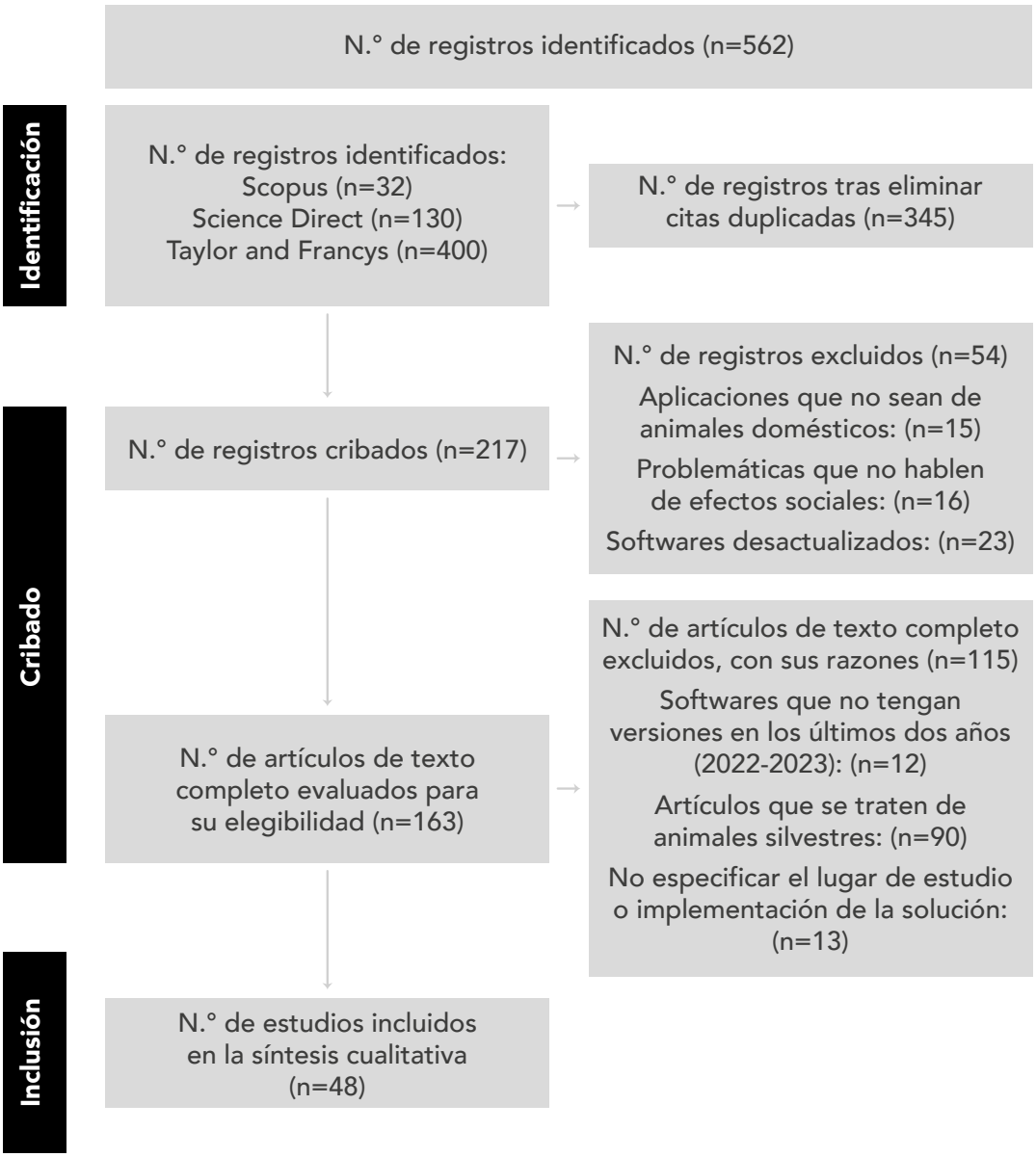
Finalmente, los criterios de exclusión se dividieron en tres ítems. El primero descartó estudios relacionados con desarrollos tecnológicos aplicados al rescate de animales salvajes o que no fueran considerados mascotas Los estudios no abordan animales domesticados o usados como mascotas, por lo que no se incluyeron animales salvajes.

El segundo criterio excluyó problemáticas que no abordan específicamente aspectos sanitarios, emocionales o enfermedades derivadas de la condición de calle de animales domésticos; es decir, estas causas de abandono, pérdida o desorientación sobre los animales domésticos y la sociedad.

El tercer criterio contempló la exclusión de *softwares* que no hubieran sido actualizados o mejorados en los últimos dos años, con el fin de evitar aplicaciones inactivas o que pudieran quedar obsoletas o por falta de desarrollo y mantenimiento.

VIII. Flujograma prisma

Figura 1. Flujograma Prisma



Nota: fuente elaboración propia.

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 69 de 130

IX. Discusión

¿Qué aplicaciones existen en la actualidad para la ubicación o protección de mascotas perdidas?

En la actualidad existen numerosas aplicaciones enfocadas en la búsqueda y adopción de mascotas. Gracias a la tecnología esta problemática se ha visto abordada desde diferentes perspectivas y conocimientos. En este contexto, la compañía Nestlé desarrolló e innovó una aplicación llamada PetFinder, diseñada para facilitar la adopción de nuevos amigos peludos. PetFinder se concibe como un hogar virtual para miles de organizaciones dedicadas al bienestar de los animales, que trabajan para proteger sus derechos y garantizar su seguridad. Además, esta aplicación contribuye a esta noble causa al establecer conexiones entre refugios, grupos de rescate y hogares temporales para mascotas [14].

Como se mencionó anteriormente, los programadores han ideado nuevas soluciones innovadoras para abordar esta problemática, entre ellas la creación de placas inteligentes destinadas a recopilar información relevante sobre las mascotas. Estas placas contienen datos esenciales como la foto de la mascota, número de contacto, información del propietario, estado de salud, entre otros. La incorporación de estas placas ha derivado en el desarrollo de una aplicación móvil que mejora significativamente la interacción con el usuario final, como lo es Pet Find, permitiendo escanear el microchip de la mascota de manera más cómoda y eficiente [15].

A pesar de que estas aplicaciones representan una mejora significativa en la calidad de vida de las mascotas y sus cuidadores, es importante enfatizar que su éxito depende en gran medida de la interacción con el usuario final. La inclusión de funcionalidades como chats, blogs y redes de apoyo, como lo ofrecen PawBoost [16] y Petsi Global [17], responde a la necesidad de fortalecer redes de colaboración y voluntariado. La posibilidad de publicar información sobre mascotas perdidas y encontradas incrementa considerablemente las probabilidades de reunirse con sus dueños. Además, la integración de redes sociales agrega visibilidad y alcance a estas publicaciones.

Otra alternativa eficaz, como se evidencia en Petsi Global es el etiquetado de mascotas con un QR para su identificación mediante reconocimiento facial. Esta doble protección ha demostrado ser eficaz y precisa. El uso de microchips para mascotas, la incorporación de tecnología GPS y otras alternativas contribuyen a optimizar y acelerar la búsqueda de mascotas perdidas.

Ahora bien, la pérdida de una mascota querida puede sumergir a la familia sentimientos profundos de tristeza, dolor y sufrimiento. Por ello, la necesidad de encontrar a la mascota extraviada se vuelve urgente y prioritaria. Además, preocupa el bienestar del animal, dado que enfrenta múltiples riesgos en la calle, como el tráfico vehicular, el posible encuentro con personas malintencionadas o incluso el peligro de perder la vida. En este contexto, aplicaciones como Taponto se convierten en un valioso recurso, permitiendo a las familias y comunidades establecer una red de apoyo eficaz para localizar rápidamente el hogar de la mascota perdida o encontrarle una nueva familia. Esta aplicación se organiza en tres secciones clave: adopción, mascotas desaparecidas y mascotas encontradas. Además, ofrece funciones como mensajería interna para facilitar el contacto sin necesidad de compartir números, biografías detalladas de cada mascota, un buscador avanzado con filtros útiles, notificaciones en tiempo real y, lo más destacable, es completamente gratuita para la comunidad [18].

Según Chervyakov [19] es importante no descartar la opción de crear anuncios impresos como parte de la estrategia para buscar mascotas. Esto implica considerar la utilidad de los carteles físicos, incluso después de haber publicado información en ones digitales. Esta combinación de enfoques proporciona un conjunto más amplio de herramientas para localizar a una mascota extraviada. Además, el uso de plataformas como Instagram, Facebook, X y otras redes sociales amplía aún más las posibilidades en la búsqueda.

Desarrollar aplicaciones que vayan más allá y despierten el interés del usuario es de suma importancia. Emplear estrategias que atraigan la atención y generen confianza, como ofrecer el

acompañamiento de un experto disponible las 24 horas del día, los siete días de la semana, es lo que ofrece Findster. Esta aplicación permite el rastreo mediante GPS, sin requerir tarifas mensuales, ya que funciona con un único pago e incluye acceso directo a un veterinario. Esto resulta altamente atractivo y aumenta la usabilidad por parte de las familias que cuidan de una mascota. Findster permite monitorear la ubicación del animal directamente desde un dispositivo móvil, así como establecer áreas seguras alrededor de su localización, lo que proporciona un nivel adicional de seguridad. Además, su amplia cobertura garantiza la protección de la mascota en diversas situaciones [20].

Sin embargo, uno de los desafíos identificados en aplicaciones como esta es su modelo de pago, lo cual puede representar un obstáculo para las familias con recursos económicos limitados, ya que no todos pueden permitirse el lujo de adquirir el producto y utilizarlo para rastrear a sus mascotas.

Establecer el rango de acción y alcance dentro de una aplicación se presenta como una solución altamente efectiva. Esto se debe a que delimitar un espacio seguro dentro de la ubicación general del usuario mejora tanto la búsqueda como las oportunidades de interactuar con más mascotas extraviadas. Es importante destacar que las aplicaciones no están diseñadas únicamente para los dueños de mascotas, sino que también tienen como objetivo atraer a personas que sienten afinidad por los animales o que tienen un interés genuino en ellos. Esto refleja la misión principal de la aplicación Encuentra Mascotas Perdidas [21].

El funcionamiento central de esta app se activa cuando un perro o gato se extravía o es encontrado. En tales casos, la aplicación envía alertas a todas las personas cercanas a la ubicación de la mascota perdida, lo que facilita enormemente la búsqueda y la comunicación en caso de que se haya encontrado [22]. Este enfoque colaborativo y comunitario se convierte en un valioso recurso para ayudar a reunir a las mascotas con sus dueños y, al mismo tiempo, fomenta la interacción y el apoyo entre amantes de los animales.

En síntesis, en el ámbito de las aplicaciones web y móviles, existe una amplia variedad de soluciones para la ubicación y protección de mascotas extraviadas. Estas aplicaciones comparten una preocupación común por el bienestar de las mascotas y sus familias, promoviendo la colaboración y la formación de redes de apoyo comunitario que generan empatía. Además, la integración estratégica de las redes sociales cumple un papel esencial para alcanzar el objetivo principal: garantizar el bienestar de los animales.

Por último, es importante destacar que los desarrolladores no se limitan al diseño de *software* o aplicaciones, sino que también incorporan recursos de hardware, como placas inteligentes, chips y códigos QR en los collares de las mascotas, proporcionando mayor seguridad y ampliando el alcance de la búsqueda. Luego de un análisis exhaustivo en bases de datos y tiendas virtuales se identificó una gran variedad de aplicaciones, sin embargo, muchas de ellas carecen de un factor diferencial que las haga sobresalir entre tantas. Por ello, implementar ideas innovadoras y anticiparse a los nuevos retos cotidianos permite abordar este proyecto con mayor pertinencia y efectividad.

¿Cómo se ha utilizado la ingeniería de sistemas para la ubicación o protección de animales extraviados o refugios?

Las redes neuronales profundas son caracterizadas por tener múltiples capas de neuronas en su estructura [23]. Su objetivo consiste en entrenar y procesar datos mediante algoritmos para mejorar futuras predicciones. La implementación de un programa de esterilización y retorno ha sido una solución para disminuir la población de animales callejeros. Cada vez que un gato o perro asiste a una clínica veterinaria para ser esterilizado es necesario tomar fotografías que incluyan varias partes de su cuerpo como prueba de cada cirugía. Se encontró que el uso del aprendizaje profundo [24], no se ha aplicado directamente en el proceso de esterilización de mascotas, sin embargo, la combinación de algoritmos de aprendizaje profundo basado en Yolo junto al método de votación mayoritaria muestran resultados prometedores en relación con el reconocimiento de

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 71 de 130

imágenes relacionadas de esterilización, cumpliendo con el objetivo de automatizar la clasificación de imágenes de esterilización de perros y gatos tanto machos como hembras.

Siguiendo con la línea de aprendizaje automático, [24] planteó la posibilidad de predecir el tiempo de adopción de mascotas antes de ser sacrificadas debido a su lenta adopción en un refugio. El estudio, desarrollado en el entorno de *Big Data*, empleó técnicas como la minería de texto y redes neuronales para predecir la velocidad de adopción. así como otros mecanismos de aprendizaje automático, como árboles de decisión, regresiones y bosques aleatorios. Se utilizó una metodología que incluía la adquisición de datos, dedicando parte significativa del tiempo a la etapa de preparación de información. Finalmente, se realizaron análisis avanzados mediante el uso del *software* Miner TM el cual demostró ser una herramienta poderosa en este campo [24].

En estos programas de análisis predictivo, se toma como objetivo un índice de resultado denominado RTO por sus siglas en inglés, (Return to owner-Devolución al Propietario). Esta tasa se refiere a la proporción de animales callejeros que son devueltos a sus dueños por agentes de campo o después de una estancia en el refugio. Con el propósito de que un número mayor de refugios puedan examinar sus datos, se desarrolló una plataforma web interactiva denominada como Shelter Dashboard diseñada para visualizar los resultados del análisis de cada refugio. Esta Herramienta fue concebida para admitir la importación de un archivo CSV, que cualquier albergue puede generar a partir de la recolección de su información [23]. Para cada perro, se consideraron las siguientes características: fecha de admisión, duración de estadía, modalidad de ingreso, subtipo de admisión, condición al momento de la admisión, raza, edad, posesión de microchip, así como la dirección y el código postal del lugar de admisión.

En un estudio de *Machine Learning* realizado por Bradley y Rajendran [25] se investigó la duración de la estancia de las mascotas en los refugios, se identificaron las variables significativas que influyen en la velocidad de adopción de los animales y se exploraron posibles formas de mejorar las tasas de adopción de mascotas. Durante este estudio, se emplearon diversos algoritmos de aprendizaje automático (*Machine Learning*) para predecir los tiempos de permanencia en los refugios, teniendo en cuenta factores como la raza, el tamaño y el color de los animales. Según los resultados obtenidos, se concluyó que el modelo predictivo más eficiente fue el de impulso de gradiente, seguido por bosque aleatorio y, finalmente, el de regresión logística. Estos resultados se evaluaron utilizando métricas de precisión, recall y puntuación F1 [25].

Como técnica del aprendizaje automático, la regresión logística se basa en el uso de una función estadística para analizar variables categóricas. Los autores [26], emplearon esta técnica para determinar si existía una asociación entre la identificación de las emociones en los rostros de tres razas de perros por parte de varios humanos y las respuestas correctas. Los participantes debían identificar emociones como la felicidad, tristeza, enojo y miedo, asociándose con situaciones cotidianas que experimentan los animales.

Según Jeyaraj y Aponso [27], se han realizado análisis estadísticos sobre las características de las imágenes de mascotas que influyen en la velocidad de adopción en línea, pero no existen enfoques automatizados que optimicen esta orientación. Por lo tanto, propusieron desarrollar una aplicación capaz de predecir la velocidad de adopción a partir de una imagen de una mascota, empleando métodos de clasificación de imágenes. De acuerdo con las técnicas de clasificación disponibles - SVM, KNN, Random forest, DNN Y CNN- [27], se concluyó que la combinación de CNN con aprendizaje por transferencia es la elección más apropiada para el desarrollo.

Los estudios sobre alternativas para la protección y conservación de animales callejeros se fundamentan en modelos tecnológicamente viables. Uno de estos modelos es un sistema de redes neuronales que incorpora aprendizaje automático, aprendizaje profundo y visión por computadora: un algoritmo diseñado para operar en línea y detectar en tiempo

real animales callejeros, con el fin de prevenir accidentes y salvar vidas. Los datos de entrada que se procesan se caracterizan por tener forma de matriz de píxeles, lo que permite identificar el objeto [28].

Desde otra perspectiva, Turken et al. [29] describieron un modelo de colas desarrollado con métricas de impacto aplicadas a refugios de animales. Analizaron el modelo básico para 2 tipos de refugios: aquellos con adopción garantizada (libres de eutanasia) y los tradicionales, con el objetivo de generar políticas que optimicen la permanencia y el rendimiento de estos espacios. El modelo de cola de pérdida analiza la tasa de llegada de animales, la capacidad, el procesamiento y la probabilidad de rechazo o eliminación.

Más específicamente, luego de que un animal permanece durante un periodo prolongado en el refugio, existe una probabilidad p de ser sacrificado, mientras que existe una probabilidad de 1-p de que se le permita permanecer en el asilo. Los resultados comparan métricas de impacto y ofrecen recomendaciones para mejorar el desempeño de cada tipo de refugio [29].

Otra tecnología utilizada para el control de animales es la implantación de microchips y la esterilización de animales domésticos [30], lo cual reduce las tasas de abandono y previene la reproducción incontrolada. Esta tecnología permite identificar a los animales encontrados en la vía pública, incrementando la probabilidad de reunirlos con sus propietarios.

De igual forma, se ha desarrollado una aplicación que agrupa diversas funcionalidades para asistir en la localización de animales extraviados, con un impacto significativo en la reducción de esta población. La plataforma también actúa como espacio de voluntariado para personas interesadas en colaborar en la búsqueda de mascotas perdidas, fomentando la comunicación y la participación comunitaria [31].

Al consolidar la información sobre desarrollos generados desde la ingeniería de sistemas, se identifican tendencias en el aprendizaje automático y profundo, orientadas a asistir en la predicción del tiempo de permanencia de los animales callejeros y en la generación de nuevas recomendaciones, perspectivas y estrategias.

No obstante, tras revisar diversos estudios científicos, se evidencian vacíos en la documentación sobre aplicaciones web dirigidas específicamente a la protección de animales callejeros. Aunque existen múltiples desarrollos tecnológicos enfocados en su localización, como se expuso en el apartado anterior, se observa escasa información respecto al uso del procesamiento de imágenes, lo cual representa una oportunidad para futuras investigaciones.

¿Qué problemáticas sociales, ambientales, sanitarias y emocionales generan las mascotas en condición de calle?

La principal problemática sanitaria que representan las mascotas en situación de calle es la portación de parásitos zoonóticos, propios de animales cánidos. Sin embargo, su evolución ha permitido que estos parásitos colonicen diferentes sistemas orgánicos, afectando tanto a perros como a gatos. En este punto, la problemática trasciende a los seres humanos, ya que dichos parásitos pueden ocasionar enfermedades como Chagas, la equinococosis quística [32] y la infección por Helicobacter Pylori, bacteria cuya presencia ha sido comprobada en un gran número de caninos en refugios de Estados Unidos. Esta bacteria es la principal causa de gastritis y cáncer de estómago en los humanos [33]. Las vías de transmisión incluyen vómitos, heces y artrópodos hematófagos como garrapatas, mosquitos y pulgas [34].

En cuanto a las causas del crecimiento sostenido de la población de animales callejeros, el tema se origina con el abandono por parte de sus propietarios, ya sea por problemas de comportamiento, migración familiar o limitaciones económicas. Una vez en la calle, estas mascotas pueden encontrarse con otras en la misma situación, lo que propicia una reproducción incontrolada y, por ende, un aumento en la población callejera. Esta situación deriva en diversas problemáticas como accidentes de tránsito, desorden en el manejo de residuos (por

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 73 de 130

la búsqueda de alimento en la basura) y la propagación de enfermedades [35].

Además, los animales que han pasado de un entorno doméstico a uno hostil tienden a formar vínculos con miembros de su propia especie, volviéndose más territoriales. Esto genera una problemática social evidente: las mordeduras o ataques a personas. Dichos comportamientos son una respuesta de supervivencia ante la falta de socialización y educación sobre cómo interactuar con otras especies, incluida la humana [36].

Es importante destacar, que las mascotas también se han convertido en apoyo social y emocional para muchas personas. Perros, gatos y otros animales domésticos, han establecido vínculos estrechos con los seres humanos, contribuyendo de manera significativa a su salud mental.

En la cultura occidental, en particular, estos vínculos han servido como catalizadores sociales que favorecen las relaciones interpersonales y generan efectos positivos en personas de todas las edades [37].

Sin embargo, también existen problemáticas culturales derivadas del trato que reciben las mascotas en otras partes del mundo. En algunos países asiáticos, como China, se han documentado casos de maltrato hacia animales callejeros, percibidos como una plaga ante la ausencia de normativas regulatorias. No fue sino hasta 2017 cuando se revisaron las leyes para prohibir la venta y reproducción descontrolada, con el objetivo de mitigarla sobrepoblación y el maltrato animal [38].

Para controlar la población de animales callejeros y evitar la proliferación de enfermedades, accidentes viales y contagios, se han implementado distintos métodos como anticonceptivos, castración, envenenamiento y eutanasia. Estos representan diversos impactos económicos, sociales y éticos, y son objeto de regulación creciente por parte de los diferentes gobiernos [39]. Un ejemplo de estrategia socialmente aceptada es la implementada en el Estado de Goa, India, donde se llevaron a cabo campañas de esterilización y vacunación masiva para frenar la reproducción y propagación de enfermedades entre animales en situación de calle [40].

Estos animales, debido a su adaptación a entornos hostiles, suelen desarrollar comportamientos temerosos o agresivos que dificultan su adopción. Por ello, ha surgido la idea de implementar programas de rehabilitación que ofrecen a estos animales una segunda oportunidad mediante procesos de formación que les permita generar confianza hacia los humanos, facilitando así su integración en hogares responsables [41].

Los animales en situación de calle representan una problemática de índole social, psicológica, económica y medioambiental. Estas incluyen la propagación de enfermedades, el riesgo de agresiones físicas a personas, la contaminación de espacios públicos y el impacto emocional que generan en la comunidad las estrategias actuales, esterilización, vacunación, adopción responsable y, en ciertos casos, eutanasia, resultan limitadas sino se cuenta con el respaldo gubernamental necesario.

Asimismo, es fundamental promover una adopción informada y responsable por parte de la ciudadanía. Mientras no se adopte un enfoque integral que contemple concienciación, educación, apoyo institucional y participación comunitaria, esta problemática persistirá en el tiempo.

X. Conclusiones

Es evidente que las aplicaciones actuales destinadas a la ubicación y protección de mascotas perdidas ofrecen una variedad de soluciones tecnológicas, las cuales abordan la problemática de forma eficaz y eficiente. Estas herramientas incluyen desde la facilitación de procesos de adopción de mascotas hasta la localización de animales extraviados, mediante tecnologías como GPS, códigos QR, inteligencia artificial, reconocimiento facial y placas inteligentes. También promueven la interacción entre la comunidad mediante chats, blogs y redes de apoyo.

Sin embargo, existe una diversidad de aplicaciones en este campo, y muchas de ellas enfrentan desafíos relacionados con su modelo de pago, lo que puede limitar su accesibilidad para algunas familias. Además, el éxito de estas aplicaciones depende en gran medida de la participación y la colaboración de la comunidad.

Reconociendo que existe una variedad de aplicaciones móviles en el mercado, ha resultado complejo encontrar desarrollos orientados a la web que abordan la localización de animales extraviados. Se puede identificar una relación entre las tecnologías aplicadas en este campo, las cuales convergen en la seguridad y protección de los animales en situación de calle. El crecimiento del *software* va encaminado a la adaptación de *machine learning*, inteligencia artificial, redes neuronales, clasificación de imágenes, entre otros.

Finalmente, las mascotas en situación de calle crean problemas sanitarios al transmitir parásitos zoonóticos; además, pueden mostrar comportamientos agresivos y causar lesiones, lo que incrementa los riesgos sociales y ambientales. También, tienen un impacto emocional significativo en las personas. Para enfrentar estas situaciones, se han implementado medidas como la esterilización, la vacunación, la adopción y, en casos extremos, la eutanasia. No obstante, se requiere un enfoque integral que incluya sensibilización, educación, apoyo gubernamental y participación comunitaria para resolver esta problemática de manera sostenible y ética.

XI. Referencias

[1] C. Medina, La ética de la responsabilidad y el respeto a las mascotas como formas de vida, como solución al maltrato y abandono de las mismas, [tesis de Maestría], Universidad El Bosque, Bogotá, 2011.

[2] M. Vargas, T. Jiménez, R. Álvaro, J. Moreno, D. Herrera, and J. Rubio, Estimativo de la abundancia y densidad poblacional de perros deambulantes en la ciudad de Bogotá D.C., Bogotá, 2022.

[3] C. Espino, Análisis predictivo: técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo - herramientas Open Source que permiten su uso, [tesis de grado], Universitat Oberta de Catalunya, 2017.

[4] F. Quiroga y L. C. Lanzarini, "Aprendizaje automático. aplicaciones en reconocimiento de gestos, acciones y señas", InvJov, vol. 6, n.º Especial, p. 174, abr. 2019.

[5] K. Tołkacz et al., "The first report on Hepatozoon canis in dogs and wolves in Poland: clinical and epidemiological features", Parasit Vectors, vol. 16, n° 1, p. 313, 2023, doi: 10.1186/s13071-023-05928-5.

[6] B. Salazar-Mesones, M. Luna-Vílchez, J. Maquera-Afaray, C. Chiara-Chilet, D. Portillo-Álvarez, and J. W. López Revilla, "Clinical and epidemiological characteristics of cystic echinococcosis in children from at a Tertiary Center in Peru". Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública, vol. 39, n° 1, pp. 65–69, 2022, doi: 10.17843/rpmesp.2022.391.9830.

[7] S. Nie, T. Chen, X. Yang, P. Huai, and M. Lu, "Association of Helicobacter pylori infection with esophageal adenocarcinoma and squamous cell carcinoma: a meta-analysis", Dis. Esophagus, vol. 27, n° 7, pp. 645–653, Sep. 2014.

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 75 de 130

[8] J. Ponce et al., "Inteligencia Artificial", 1 ed., Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos, 2014. doi: 10.13140/2.1.3720.0960.

[9] R. Dai, J. Zhang, H. Zhang, N. Zhao, F. Song, and J. Fan, "Effect of acupuncture and auricular acupressure on smoking cessation", Medicine (Baltimore), vol. 99, n° 22, p. e20295, May 2020.

[10] L. Vélez-Hernández, K. L. Reyes-Barrera, D. Rojas-Almaráz, M. A. Calderón-Oropeza, J. K. Cruz-Vázquez, and J. L. Arcos-García, "Riesgo potencial de parásitos zoonóticos presentes en heces caninas en Puerto Escondido, Oaxaca", 2014.

[11] P. Suárez, "¿Qué es un problema de salud pública?", Universidad de Antioquia, 2013.

[12] R. M. Suárez Castro y I. D. Ladino Vega, "Redes neuronales aplicadas al control estadístico de procesos con cartas de control EWMA", Tecnura, vol. 27, n° 75, pp. 72–88, Jan. 2023, doi: 10.14483/22487638.18623.

[13] M. Poveda, D. I. Alejandro, V. Núñez, E. I. Roberto, T. Castro, and Y. Tobar, "Logistic regression based on gender for the registration of bachelor's degrees at Universidad Técnica Ambato", Uniandes Episteme Revista digital de Ciencia, Tecnología e Innovación, Vol. 7, N° 3, p. 321-335, 2020.

[14] Nestlé, "Petfinder - Adopt a Pet." Feb. 22, 2013.

[15] Pet Find, "Pet Find". Oct. 04, 2022.

[16] I. FindFido, "PawBoost". Nov. 17, 2016.

[17] Petsi Global, "Petsi Pet Finder & Protection". Dec. 20, 2019.

[18] G. Fajardo, "Taponto". Mar. 27, 2021.

[19] A. Chervyakov, "LostPets". Feb. 2016.

[20] Findster Technologies, "Findster". Dic. 26, 2016.

[21] A. Revinade, "MissingPets". Oct. 04, 2019.

[22] P. Asselbergh, "PetLife". Sep. 28, 2019.

[23] W. Diao, Y. Wang, J. Zhang, H. Shao, Y. Huang, and M. Jin, "Identification and comparison of novel circular RNAs with associated co-expression and competing endogenous RNA networks in postmenopausal osteoporosis", J. Orthop. Surg. Res., vol. 16, n° 1, p. 459, 2021, doi: 10.1186/s13018-021-02604-1.

[24] A. K. Sahu, S. Sharma, and R. Raja, "Deep Learning-based Continuous Authentication for an IoT-enabled healthcare service", Computers and Electrical Engineering, vol. 99, p. 107817, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107817.

[25] J. Bradley and S. Rajendran, "Increasing adoption rates at animal shelters: a two-phase approach to predict length of stay and optimal shelter allocation", BMC Vet. Res., vol. 17, n° 1, p. 70, 2021, doi: 10.1186/s12917-020-02728-2.

[26] T. Bloom, M. Trevathan-Minnis, N. Atlas, D. A. MacDonald, and H. L. Friedman, "Identifying facial expressions in dogs: A replication and extension study", Behavioural Processes, vol. 186, pp. 104371, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.beproc.2021.104371.

[27] P. Jeyaraj and A. Aponso, A Review of Techniques for Image Classification to Enhance Online Animal Adoption Speed. 2020. doi: 10.1145/3384613.3384656.`

[28] S. Sengan et al., "Real-time automatic investigation of Indian roadway animals by 3D reconstruction detection using deep learning for R-3D-YOLOv3 image classification and filtering", Electronics (Basel), vol. 10, n° 24, p. 3079, 2021, doi: 10.3390/electronics10243079.

[29] N. Turken, J. E. Carrillo, and A. Paul, "The impacts of mergers, capacity expansion and adoptions on animal shelter performance: A queuing analysis", Eur J Oper Res, vol. 292, n° 1, pp. 299–310, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.022.

[30] S. D. Cardoso, C. B. Faraco, G. D. G. Pereira, and H. Eckman, "A survey of acquisition and animal-related factors leading to microchipping and neutering of dogs and cats in Portugal", Journal of Veterinary Behavior, vol. 64–65, pp. 9–15, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2023.06.005.

[31] I. Kolandaisamy, A. Ramachandran, and M. Sundar Rajathi and Kumar, "The impact of e-wallets for current generation", Journal of Internet Banking and Commerce, vol. 21, n° 1, pp. 1–12, 2016.

[32] D. Otranto, F. Dantas-Torres, R. J. Mihalca Andrei Dan and Traub, M. R. Lappin, and G. Baneth, "Zoonotic parasites of sheltered and stray dogs in the era of the global economic and political crisis", Trends Parasitol, vol. 33, n° 10, pp. 813–825, 2017.

[33] D. Bradley and K. Rajendran, "Prevalence, diversity and public health implications of Helicobacter species in pet and stray dogs", Animal Welfare, vol. 30, n° 2, pp. 171–180, 2023.

[34] I. Manev, "Serological survey of vector-borne pathogens in stray dogs from Sofia area, Bulgaria", Vet Parasitol Reg Stud Reports, vol. 21, p. 100441, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100441.

[35] V. Sharma, R. Sharma, R. S. Aulakh, and B. B. Singh, "Prevalence of Brucella species in stray cattle, dogs and cats: A systematic review", Prev Vet Med, vol. 219, p. 106017, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106017.

[36] L. Reese and J. Vertalka, "Understanding Dog Bites: The Important Role of Human Behavior", Journal of Applied Animal Welfare Science, vol. 24, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1080/10888705.2020.1790371.

[37] R. Delgado-Rodríguez, R. Carriquí Madroñal, C. Vázquez Villalba, R. Martos-Montes, and D. Ordoñez-Pérez, "The role of dogs in modulating human affective reactivity and sense of safety in emotional urban public spaces", Journal of Veterinary Behavior, vol. 55–56, pp. 12–22, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2022.07.005.

[38] T. W. Whyke and J. López-Múgica, "Content and discourse analysis of cruelty towards stray dogs as presented in Chinese social media", Soc. Anim., vol. 31, n° 2, pp. 139–158, Jun. 2020.

[39] A. Abdulkarim, M. Khan, and E. Aklilu, "Stray Animal Population Control: Methods, Public Health Concern, Ethics, and Animal Welfare Issues", World's Veterinary Journal, vol. 11, pp. 319–326, Sep. 2021, doi: 10.54203/scil.2021.wvj44.

ISSN: 2027-8101 - e-ISSN: 2619-5232. Enero-Diciembre 2024 • Página 77 de 130

[40] H. R. Fielding et al., "Capturing free-roaming dogs for sterilisation: A multi-site study in Goa, India", Prev Vet Med, vol. 218, p. 105996, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.105996.

[41] M. Casaca, G. M. Morello, T. Magalhães, I. A. S. Olsson, and A. C. Vieira de Castro, "Is there hope beyond fear? Effects of social rehabilitation on unsocialised stray dogs", Appl Anim Behav Sci, vol. 253, p. 105671, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105671.