ELABORACIÓN INNOVACIONES EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL DIAGNÓSTICO VETERINARIO: UN CAMBIO PARADIGMÁTICO EN LA ATENCIÓN MÉDICA ANIMAL

Arnulfo Villanueva Castillo[1,2], Ruby Sandy Moreno Mejía[1,2], Claudia Mancilla Simbro[3*], Carlos Gerardo Sosa Castillo[1,2], Hermilo Lucio Castillo[4], Cesar F. Pastelín Roja[1,2,4], Alberto Ramírez Mata[5], Alexis Cruz Espinosa[1,2]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco - Cañada Morelos Km. 7.5, El Salado, C.P. 75460 Tecamachalco, Pue. México

[2]Cuerpo Académico de Enfermedades Emergentes, Bioinformática y Dinámica Molecular CA-274-BUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco - Cañada Morelos Km. 7.5, El Salado, C.P. 75460 Tecamachalco, Pue. México. https://orcid.org/0000-0002-9430-1503

[3HybridLab.]Fisiología y Biología Molecular de Células Excitables Instituto de Fisiología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 sur 6301 CU. 72570. San Manuel, Puebla Pue. México. https://orcid.org/0000-0003-3976-3550

[4] Laboratorio de Biotecnología agropecuaria (LaBtAp) de la UAMMANTE-UAT. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Universidad Autónoma de Tamaulipas Matamoros SN, Zona Centro Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000.

[5]Laboratorio de la Interacción bacteria-planta, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edif. 103J, Av. San Claudio S/N, Col. San Manuel, Puebla Pue. CP 72570, México. https://orcid.org/0000-0002-2119-2254

*Correo del autor de correspondencia: claudia.mancilla@correo.buap.mx

Resumen

La integración de innovaciones en inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico veterinario, representa un avance notable en la medicina veterinaria contemporánea. La IA, al procesar vastos volúmenes de datos derivados de registros médicos y de imágenes, facilita la identificación rápida y precisa de enfermedades, lo que se traduce en una mejora del bienestar animal y en la gestión eficiente de recursos en clínicas veterinarias. Tecnologías como las redes neuronales convolucionales (CNN) y el aprendizaje automático han demostrado eficacia en la clasificación de enfermedades, evidenciada por altas áreas bajo la curva (AUC) en la detección de condiciones críticas. Además, la implementación de sistemas expertos, como PROLOG (lenguaje de programación lógica), destaca la necesidad de marcos de decisión estructurados que favorezcan diagnósticos y tratamientos precisos. A pesar de los resultados prometedores, se deben abordar retos como las cuestiones éticas, la regulación de datos y la formación continua para los profesionales, elementos cruciales para un uso responsable de la IA. La transición hacia la integración de la IA, en la práctica clínica requiere colaboración multidisciplinaria que maximice sus beneficios y minimice sus riesgos, convirtiéndose en un enfoque proactivo y basado en evidencia en el cuidado de la salud animal. En conclusión, la IA representa una oportunidad significativa para transformar el diagnóstico veterinario y mejorar la atención al paciente animal, de acuerdo con las normas de México (NOM-064-ZOO-2000, NOM-022-ZOO-1995, NOM-024-ZOO-1995, OM-051-ZOO-1995, NOM-194-SSA1-2004, NOM-042-SSA2-2006) e Internacionales OMSA_2025 (ISO/IEC 17025 2017).

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Diagnóstico Veterinario, Aprendizaje Automático, Redes Neuronales Convolucionales, Bienestar Animal.

Introducción

La transformación del diagnóstico veterinario a través de la IA ha revolucionado la medicina veterinaria en las últimas décadas. La integración de algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de análisis de grandes volúmenes de datos ha incrementado significativamente la precisión y la rapidez en la identificación de enfermedades animales. Este enfoque no solo facilita la detección de patologías complejas, sino que también fomenta un enfoque preventivo en el cuidado de la salud animal, con consecuencias positivas para la práctica veterinaria (Medici *et al*., 2023).

Los sistemas de IA destacan en la interpretación de imágenes diagnósticas, identificando patrones que podrían pasar desapercibidos para los médicos veterinarios, lo que reduce errores y aumenta la confianza en los diagnósticos. Además, la IA permite la identificación temprana de brotes epidémicos y la personalización de tratamientos, basándose en datos clínicos específicos (Gutiérrez *et al.*, 2016).

La colaboración entre médicos veterinarios y bioinformáticos resulta esencial para maximizar el potencial de estas herramientas, garantizando su implementación efectiva en entornos clínicos. Este cambio promete no solo beneficiar a los animales pacientes sino también avanzar en la medicina veterinaria como disciplina (González et al., 2018). En este nuevo paradigma, la IA se establece como un aliado estratégico en la mejora de la salud y el bienestar animal (González *et al*., 2018).

Desarrollo de la IA en medicina

El avance del aprendizaje profundo, especialmente a través de redes neuronales convolucionales (CNN), ha permitido que los sistemas automáticos clasifiquen con alta precisión enfermedades a partir de imágenes médicas. Por ejemplo, Lakhani et al., (2017) demostraron que las CNN pueden clasificar la tuberculosis en radiografías de tórax con un área bajo la curva de 0.99, evidenciando la eficacia de estos

sistemas en la detección de enfermedades pulmonares.

Además de la clasificación de imágenes, la inteligencia artificial ha encontrado aplicaciones en la decisión médica. Awaysheh et al., (2019) revisaron métodos de soporte a la decisión médica y algoritmos de aprendizaje automático, destacando su potencial para mejorar los procesos de toma de decisiones clínicas y diagnósticas. Estos métodos incluyen técnicas como Bayes ingenuo, árboles de decisión y redes neuronales, cada una de las cuales tiene sus propias características y aplicaciones en el ámbito de la salud (Awaysheh *et al*., 2019).

La historia de la IA en medicina refleja un camino lleno de desafíos y avances notables. La integración de la IA en la práctica clínica no solo ha mejorado la precisión en el diagnóstico, sino que también ha optimizado el flujo de trabajo de los profesionales de la salud, permitiendo así una atención más eficiente. A medida que continuamos explorando y desarrollando estas tecnologías, será fundamental seguir investigando y validando estos sistemas para garantizar que se utilicen de manera segura y efectiva en la atención médica (Kaul *et al*., 2020).

La IA tiene un papel prometedor en la evolución de la medicina, y su aplicación en áreas como la gastroenterología y endoscopia, es un testimonio de su potencial. A medida que más investigaciones y revisiones se llevan a cabo, será interesante observar cómo estos avances cambiarán el panorama de la atención médica en las próximas décadas (Awaysheh et al., 2019).

Importancia de la detección temprana de enfermedades

Un ejemplo es la detección temprana de subclínica en vacas lecheras tiene importantes implicaciones tanto en la producción de leche como en la salud de los animales. La mastitis subclínica es una enfermedad que puede reducir significativamente la producción de leche diaria, lo que puede tener un impacto económico negativo en las fincas lecheras. Además, la mastitis subclínica también puede comprometer seriamente el bienestar animal y aumentar los costos de producción de leche bovina. La detección temprana de esta enfermedad puede ayudar a prevenir la propagación de la infección y reducir la necesidad de tratamientos costosos y prolongados. También puede mejorar la calidad de la leche producida y garantizar la seguridad alimentaria para los consumidores (Estrada-Carvajal et al., 2019).

Además, la IA puede ser utilizada para realizar diagnósticos más precisos y rápidos. Los algoritmos de IA pueden analizar los datos de los animales y compararlos con una base de datos de enfermedades conocidas, utilizando algoritmos de regresión lineal. Esto puede ayudar a los médicos veterinarios a identificar la enfermedad con mayor precisión y rapidez, lo que puede ser crucial para prevenir la propagación de enfermedades y reducir el costo de los tratamientos (González et al., 2018).

Ventajas del uso de PROLOG en sistemas expertos

PROLOG, que significa “Programación en Lógica”, es un lenguaje clave en el ámbito de la inteligencia artificial y los sistemas expertos. Su fundamento en la lógica de primer orden y su motor de inferencia integrado lo presentan como una herramienta eficiente para el desarrollo de diversas aplicaciones. La naturaleza declarativa de PROLOG permite que los programadores se enfoquen en los objetivos, facilitando la creación de reglas y conocimientos esenciales para estos sistemas (Gutiérrez *et al*., 2016).

Entre sus múltiples ventajas de PROLOG, destaca su capacidad para realizar inferencias lógicas automáticas, lo que acelera la toma de decisiones y permite que el sistema se adapte fácilmente a nuevos datos. También, es capaz de manejar grandes volúmenes de información y realizar cálculos complejos, lo cual resulta fundamental en contextos que requieren análisis detallados. La relevancia de PROLOG se acentúa aún más en el desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de cólicos en equinos. Esta innovación promete transformar la práctica veterinaria, proporcionando un diagnóstico rápido y eficiente que puede ser crucial para la salud del animal. La rapidez en la identificación del tipo de cólico es vital, ya que un tratamiento adecuado

y oportuno puede prevenir complicaciones graves en el paciente (Gutiérrez *et al*., 2016).

Además, este sistema ofrece acceso a información especializada, lo que asegura que los médicos veterinarios cuenten con datos fiables y actualizados sobre síntomas y tratamientos. Así, se fortalece la confianza en la toma de decisiones clínicas. La capacidad del sistema para ofrecer recomendaciones basadas en reglas y datos específicos también mejora el proceso decisional, lo que potencialmente eleva los resultados clínicos. Esta tecnología no solo optimiza el diagnóstico y tratamiento, sino que también podría reducir los costos de tratamientos prolongados y evitar complicaciones derivadas de diagnósticos incorrectos o tardíos. En suma, PROLOG se presenta como un aliado indispensable en el avance de la inteligencia artificial dentro del campo veterinario (Gutiérrez *et al.,* 2016).

Aplicaciones de la termografía Infrarroja y la IA en medicina veterinaria

La termografía infrarroja, es una tecnología versátil utilizada en sectores industriales como el mantenimiento mecánico y la supervisión petroquímica, ha encontrado un importante lugar en la medicina veterinaria, especialmente cuando se combina con inteligencia artificial (Pérez *et al*., 2017). Este método no invasivo permite la identificación de problemas de salud en animales mediante el análisis de patrones térmicos, ayudando en la detección de lesiones musculares, problemas circulatorios e inflamaciones, lo que contribuye al bienestar animal.

Recientemente, se ha desarrollado la base de datos en Prolog, donde se obtiene los datos de ultrasonográficas, así como imágenes termográficas de ovinos, tanto gestantes como no gestantes, que sirve para entrenar algoritmos de visión artificial. Esta herramienta no solo facilita la detección automática de fetos, sino que también optimiza la producción animal al reducir los costos de verificación manual. Así, la termografía infrarroja se perfila como un aliado esencial para mejorar la eficiencia en el campo veterinario (Pérez *et al.,* 2017).

En cuanto al uso de la base de datos, se planea aplicar en el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial que reconozcan y clasifiquen patrones térmicos en ovinos. Mediante el realce de áreas con mayor emisión de calor, se aspira a extraer rasgos significativos que ayuden en la clasificación de preñez, mejorando así la precisión y eficiencia de los diagnósticos veterinarios (*Pérez et al.,* 2017).

Comparación entre Métodos tradicionales de diagnóstico y técnicas de IA en ganadería

Los métodos tradicionales de diagnóstico en la ganadería, aunque han sido ampliamente utilizados durante décadas, enfrentan limitaciones significativas cuando se comparan con las técnicas de IA. La precisión y la certeza son aspectos cruciales en este campo; mientras que los diagnósticos convencionales dependen del juicio clínico del médico veterinario, lo que puede traer consigo variaciones y un grado de incertidumbre considerable, las técnicas de IA ofrecen un enfoque más sistemático y fundamentado en datos. Por ejemplo, el uso de redes bayesianas permite una evaluación más precisa y confiable del estado de salud animal (González *et al.,* 2018).

Además, la capacidad de manejo de datos se convierte en un factor diferenciador importante. Los métodos tradicionales suelen operar con conjuntos de datos limitados y son ineficaces ante grandes volúmenes de información. En cambio, las herramientas de IA pueden analizar extensos conjuntos de datos en tiempo real, identificando patrones y correlaciones que pueden resultar difíciles de discernir de manera convencional. Esta ventaja se traduce en una mayor flexibilidad y adaptación ante nuevas amenazas sanitarias, permitiendo a los sistemas de IA aprender continuamente de los nuevos datos recopilados (González *et al*., 2018).

La interpretación de resultados también se ve influenciada por estas diferencias tecnológicas. En los métodos tradicionales, el análisis puede ser subjetivo y depender en gran medida de la experiencia del médico veterinario, mientras que, aunque algunas técnicas de IA, como las redes neuronales, pueden ser a menudo percibidas como “cajas negras”, las redes bayesianas facilitan una mejor interpretación al integrar conocimientos previos y visualizar relaciones causales. Por último, la eficiencia es otra ventaja crítica, ya que las técnicas de IA suelen acelerar significativamente el proceso de diagnóstico, un atributo esencial en la contención rápida de brotes de enfermedades en la ganadería. Así, la adopción de tecnologías de IA se plantea no solo como una opción, sino como una necesidad inminente en la mejora de la salud animal y la

sostenibilidad del sector pecuario (González *et al.,* 2018).

Innovaciones tecnológicas para la prevención de enfermedades en mascotas: un estudio revelador

Las recientes investigaciones sobre la prevención de enfermedades en mascotas han presentado importantes aportes que prometen transformar la manera en que los dueños de animales de compañía acceden a información crucial para el cuidado de sus mascotas. Uno de los hallazgos más innovadores es la implementación de un chatbot integrado en un sistema web informativo, que permite a los usuarios aprender de manera rápida y eficiente sobre la prevención de enfermedades. De esta manera, se busca que los propietarios dispongan de recursos informativos a su alcance, facilitando la toma de decisiones informadas (Carmen Marcelo & Roque Seminario, 2022).

Los resultados de la investigación reflejan un notable incremento en la satisfacción de los usuarios que interactuaron con el chatbot, en comparación con la información tradicional ofrecida en los centros veterinarios. A través de un estudio comparativo entre un pretest y un pos-test, se evidenció que la tecnología no solo es atractiva, sino que también fomenta una mayor motivación en los dueños para aprender sobre la salud de sus mascotas (Carmen Marcelo & Roque Seminario, 2022).

Además, las tesis abogan por la ampliación del uso del chatbot en más centros veterinarios y sugiere la creación de aplicaciones móviles que mejoren la interactividad con los usuarios. Esto no solo optimizaría la educación sobre la prevención de enfermedades, sino que también podría aliviar la carga en los servicios veterinarios al empoderar a los dueños de mascotas con información veraz y accesible. En un momento donde el acceso a ciertos servicios puede estar limitado, el uso de tecnologías como la inteligencia artificial se presenta como una respuesta efectiva a las necesidades de los propietarios de mascotas, abriendo un nuevo camino hacia la salud animal (Carmen Marcelo & Roque Seminario, 2022).

Avances en diagnóstico veterinario asistido por computadora a través de redes neuronales convolucionales y aprendizaje automático

La creciente incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial, específicamente las redes neuronales convolucionales (CNN) y modelos de aprendizaje automático, ha revolucionado el diagnóstico en medicina veterinaria. Estos artículos revisan diversas investigaciones que usan técnicas de detección asistida por computadora para mejorar la identificación de condiciones críticas en perros, como la cardiomegalia y enfermedades hepáticas degenerativas, a través de imágenes radiográficas y ecográficas. Se destaca la precisión de estos modelos en comparación con métodos diagnósticos tradicionales, sugiriendo su integración en la práctica clínica y la formación académica de médicos veterinarios.

La cardiomegalia, caracterizada por el agrandamiento del corazón, es una condición que afecta notablemente la salud canina. Según Burti *et al.,* (2020), el uso de dispositivos de detección asistida por computadora (CAD) basados en CNN ha mostrado resultados prometedores, logrando clasificar imágenes de radiografías torácicas de manera precisa. En su estudio, donde se emplearon 1,465 radiografías, los modelos de CNN alcanzaron un área bajo la curva (AUC) superior a 0.9, lo que resalta su capacidad para soportar diagnósticos en condiciones críticas.

Por otro lado, el diagnóstico de enfermedades hepáticas degenerativas mediante imágenes ultrasonográficas ha sido abordado por Banzato *et al.,* (2018), quienes desarrollaron una red neuronal profunda (DNN) usando aprendizaje por transferencia. En este estudio, la DNN mostró una alta precisión diagnóstica (AUC de 0.91) superando los métodos tradicionales de citología y bioquímica sanguínea.

En la investigación sobre la evaluación de imágenes pélvicas caninas, McEvoy *et al.,* (2013) aplicaron modelos de análisis discriminantes y redes neuronales artificiales (ANN). Los resultados indicaron que ambos modelos demostraron una sensibilidad y especificidad aceptables en la clasificación de imágenes, sugiriendo así el potencial de estas tecnologías en la práctica radiológica.

Un área novedosa que se ha explorado es la detección de aumento de la aurícula izquierda en radiografías torácicas caninas, como se documentó en el proyecto piloto de Shen *et al.,* (2020). Utilizando 792 radiografías, la red neuronal alcanzó una precisión comparable a la de radiólogos veterinarios, enfatizando la aplicabilidad de redes profundas en diagnósticos asistidos.

Finalmente, el trabajo de Boissady *et al.*, (2020) demuestra que una red neuronal diseñada para evaluar lesiones torácicas primarias tuvo menores tasas de error en comparación con los médicos veterinarios, tanto en diagnóstico independiente como en conjunto con la inteligencia artificial. Esto evidencia la eficacia de la inteligencia artificial en el diagnóstico veterinario, aunque se requiere atención a su rol como herramienta de apoyo y no como un sustituto del juicio clínico humano.

Las investigaciones revisadas sugieren que la detección asistida por computadora a través de modelos de aprendizaje profundo puede significar un avance sustancial en la precisión diagnóstica dentro de la medicina veterinaria, mejorando no solo el diagnóstico temprano de condiciones críticas en perros, sino también el desarrollo de competencias en futuros médicos veterinarios. Se recomienda la integración de tecnologías de inteligencia artificial en la formación académica y en la práctica clínica para optimizar el diagnóstico de diversas patologías que afectan a la salud animal. A medida que estas herramientas continúan evolucionando, su implementación efectiva en el campo veterinario podría transformar el enfoque de diagnóstico y tratamiento, aumentando así el bienestar animal.

Avances en la clasificación automatizada de enfermedades en veterinaria mediante técnicas de aprendizaje profundo y análisis de imágenes médicas

La evolución de la tecnología de aprendizaje automático y las técnicas de imágenes médicas ha revolucionado la forma en que los médicos veterinarios abordan la clasificación y diagnóstico de diversas patologías en animales. En el contexto de enfermedades gastrointestinales en felinos, un estudio reciente analizó la precisión de los algoritmos de machine learning para clasificar informes histopatológicos no estructurados en función de hallazgos microscópicos relacionados con la enfermedad inflamatoria intestinal (EII) y el linfoma alimentario (ALA) en gatos. Siguiendo las pautas de la World Small Animal Veterinary Association (WSAVA), se comparó la exactitud de clasificación de tres algoritmos de aprendizaje supervisado utilizando informes estructurados versus no estructurados, encontrando que la inclusión de características textuales mejoró significativamente la precisión diagnóstica (Awaysheh *et al.,* 2016).

Paralelamente, el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) en la diferenciación de meningiomas y gliomas en perros mediante imágenes de resonancia magnética (RM) ha mostrado un progreso significativo. El estudio de Banzato, *et al.,* (2018) utilizó una CNN llamada GoogLeNet, logrando una alta precisión en identificar los tipos de lesiones cerebrales, lo que es crucial para determinar la terapia adecuada. Esto demuestra que las técnicas de aprendizaje profundo pueden proporcionar una herramienta eficaz y precisa para el diagnóstico de neoplasias en pacientes caninos.

En un enfoque similar, Banzato *et al.,* (2019) desarrollaron un DNN para predecir el grado de meningiomas utilizando imágenes de RM, revelando que los modelos de aprendizaje profundo tienen potencial no solo para diferenciar tipos de tumores, sino también para determinar su grado histopatológico. De manera análoga, la evaluación de la queratitis ulcerativa canina a través de CNN ha permitido clasificar la severidad de las úlceras corneales con una precisión superior al 90%, subrayando así la utilidad de estas técnicas en el ámbito veterinario (Kim *et al.,* 2022).

El análisis de la generalización de los modelos de aprendizaje profundo fue evaluado en un contexto diferente en un estudio sobre la detección de neumonía a partir de radiografías torácicas. Zech *et al.,* (2018) encontraron que, aunque los CNNs ofrecían una precisión interna robusta, su capacidad de generalización a datos externos variaba significativamente, lo que plantea desafíos en su implementación clínica.

La investigación sobre la clasificación de enfermedades cerebrales neoplásicas e inflamatorias también resalta el uso de métricas de textura en imágenes de RM para diferenciar patologías similares en perros. Wanamaker *et al.*, (2021) emplearon análisis de textura para

diferenciar entre gliomas y meningoencefalitis no infecciosa, logrando una precisión cercana al 85% en sus modelos, lo que destaca la eficacia de las técnicas de análisis computacional para abordar diagnósticos complejos en veterinaria.

Además, el análisis de heterogeneidad en masas hepáticas mediante tomografía computarizada (CT) ha revelado que la caracterización cuantitativa puede predecir la malignidad histológica, mejorando así el manejo diagnóstico y terapéutico de los tumores hepáticos caninos. Este enfoque ha demostrado un alto potencial en la previsión del comportamiento maligno de las neoplasias a través del análisis de características de textura (Ye *et al.,* 2021).

Por último, el estudio de las guías de la ACVIM (American College of Veterinary Internal Medicine) sobre el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad valvular mitral mixomatosa (MMVD) en perros resalta la importancia de basar las decisiones clínicas en la evidencia disponible. Las actualizaciones en las recomendaciones presentan un cambio significativo en la gestión de los pacientes, buscando optimizar los resultados clínicos (Keene *et al.,* 2019).

La integración de técnicas de aprendizaje profundo y análisis de imágenes médicas en la veterinaria ha mostrado avances significativos en el diagnóstico y clasificación de múltiples patologías en animales, lo que representa una promesa para la mejora de la atención veterinaria a través de diagnósticos más rápidos y precisos.

Evolución de la inteligencia artificial en la medicina: una revisión histórica y aplicaciones actuales

La inteligencia artificial (IA) se describió por primera vez en 1950; sin embargo, varias limitaciones en los modelos iniciales evitaron su aceptación y aplicación generalizada en el ámbito médico. Durante los primeros años del milenio, muchas de estas limitaciones se superaron gracias al advenimiento del aprendizaje profundo. En la época contemporánea, los sistemas de inteligencia artificial tienen la habilidad de analizar algoritmos complejos y de aprender de manera autónoma, señalando el comienzo de una nueva era en el campo de la medicina. Esto permite la incorporación de la inteligencia artificial en la práctica clínica mediante modelos de evaluación de riesgos, lo cual potencia la precisión en los diagnósticos y optimiza la eficiencia de los procesos de trabajo.

Hoy en día, los sistemas de inteligencia artificial tienen la capacidad de analizar algoritmos complejos y aprender de manera autónoma, lo que representa el comienzo de una nueva era en el campo de la medicina. Esta nueva era permite la incorporación de IA en la práctica clínica mediante modelos de evaluación de riesgos, lo que mejora la precisión en los diagnósticos y la eficiencia en los procesos de trabajo.

La presente revisión presenta una perspectiva histórica sobre la evolución de la IA en las últimas décadas y la introducción y desarrollo de la IA en la medicina en años recientes, como gastroenterología, endoscopia y otras áreas de la medicina.

Desde su concepción, la IA, ha sido objeto de investigación y desarrollo en múltiples disciplinas, incluida la medicina. La aceptación inicial de la IA en este campo fue limitada por la incapacidad de los modelos para manejar la complejidad de los datos clínicos. No obstante, la evolución de las tecnologías y algoritmos ha permitido una integración más significativa de la IA en el ámbito clínico. En particular, el aprendizaje profundo ha revolucionado la forma en que los profesionales de la salud utilizan la IA, facilitando la clasificación y diagnóstico de enfermedades (Kaul *et al.*, 2020).

Conclusión

La implementación de la IA en el diagnóstico veterinario (Figura 1), ha revolucionado la medicina animal, posicionándose como una herramienta esencial que mejora tanto la precisión como la eficacia en la detección de enfermedades. Los avances en algoritmos de

aprendizaje automático y redes neuronales han permitido el análisis de grandes volúmenes de datos clínicos, radiológicos y genómicos, facilitando diagnósticos más rápidos y fiables. Este fenómeno no solo optimiza la atención al paciente, sino que también contribuye a la gestión eficiente de los recursos en las clínicas veterinarias.

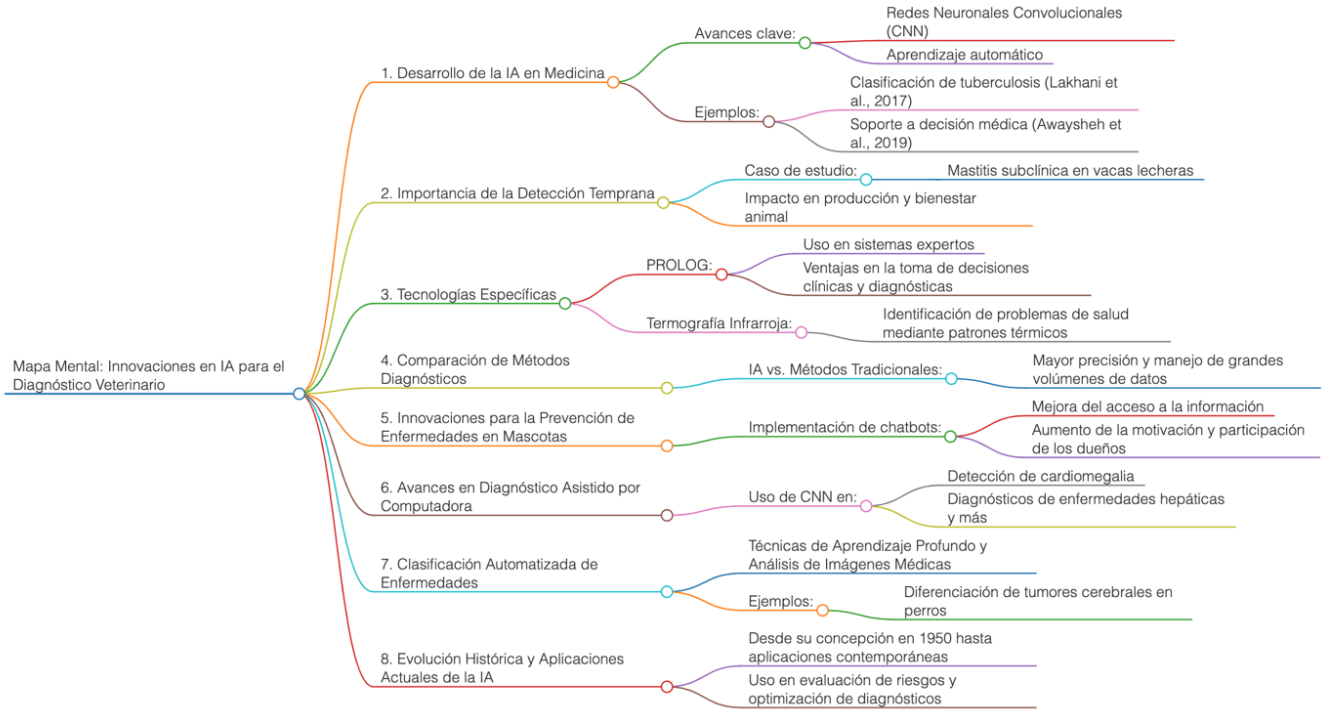


Figura 1. Estructura y componentes clave en las innovaciones en inteligencia artificial para el diagnóstico veterinario (autoría propia Arnulfo Villanueva Castillo).

Asimismo, la IA ha demostrado su capacidad para identificar patrones y correlaciones que podrían escapar al ojo humano. Las aplicaciones de esta tecnología están abarcando desde el análisis de imágenes médicas hasta la predicción de brotes de enfermedades infecciosas en poblaciones animales. Estas herramientas son especialmente valiosas en contextos donde la prevención y el diagnóstico temprano son cruciales para el bienestar animal y la salud pública. La integración de sistemas de IA en las prácticas veterinarias también fomenta un enfoque más proactivo y personalizado en el cuidado de los animales (Figura 2).

Sin embargo, a medida que avanzamos hacia una mayor integración de la IA en el diagnóstico veterinario, es fundamental abordar cuestiones éticas y de regulación. La transparencia en los algoritmos, la privacidad de los datos y la capacitación de los profesionales son aspectos que deben ser considerados cuidadosamente para garantizar un uso responsable de esta tecnología. Los avances en inteligencia artificial en el ámbito veterinario no solo transforman la práctica médica, sino que también plantean desafíos que requerirán una colaboración multidisciplinaria para maximizar sus beneficios y minimizar riesgos.



Figura 2. Dos hermanos cachorros Jack Russell Terrier. La raza Jack Russell Terrier, también se conoce como Parson Russell Terrier, de origen inglés (Inglaterra), generada por el sacerdote John Jack Russel. En un principio, se usaron para la caza de zorros (en Devonshire y Sussex-XIX), en el presente, se consideran mascotas (XXI). Presentan un tamaño medio, peso promedio de 5-8 kg, altura aprox. 25-30 cm, esperanza de vida aprox. 13años, así mismo, pertenecen al Grupo de la Federación Cinológica Internacional (Nomenclatura de las razas de la FCI). (Fotos de cortesía del MVyZ Andrés Abimael Torres y D.C. Claudia Mancilla Simbro, 2024).

Bibliografía

Awaysheh, A., Awaysheh, A., Wilcke, J. R., Wilcke, J. R., Wilcke, J. R., Elvinger, F., Elvinger, F., Elvinger, F., Rees, L. P., Rees, L. P., Fan, W., Fan, W., Zimmerman, K., & Zimmerman, K. L. (2019). Review of Medical Decision Support and Machine-Learning Methods. *Veterinary Pathology*. https://doi.org/10.1177/0300985819829524

Awaysheh, A., Awaysheh, A., Wilcke, J. R., Wilcke, J. R., Wilcke, J. R., Elvinger, F., Elvinger, F., Rees, L. P., Rees, L. P., Fan, W., Fan, W., Fan, W., Fan, W., Zimmerman, K., & Zimmerman, K. L. (2016). Evaluation of supervised machine-learning algorithms to distinguish between inflammatory bowel disease and alimentary lymphoma in cats. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. https://doi.org/10.1177/1040638716657377

Banzato, T., Banzato, T., Bernardini, M., Bernardini, M., Cherubini, G. B., Cherubini, G. B., Zotti, A., & Zotti, A. (2018). A methodological approach for deep learning to distinguish between meningiomas and gliomas on canine MR-images. *BMC Veterinary Research*. https://doi.org/10.1186/s12917-018-1638-2

Banzato, T., Banzato, T., Causin, F., Causin, F., Puppa, A. Della, Puppa, A. Della, Cester, G., Cester, G., Mazzai, L., Mazzai, L., Zotti, A., & Zotti, A. (2019).

Accuracy of deep learning to differentiate the histopathological grading of meningiomas on MR images: A preliminary study. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. https://doi.org/10.1002/jmri.26723

Banzato, T., Bonsembiante, F., Aresu, L., Gelain, M. E., Burti, S., & Zotti, A. (2018). Use of transfer learning to detect diffuse degenerative hepatic diseases from ultrasound images in dogs: A methodological study. *Veterinary Journal*, *233*, 35–40. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.12.026

Boissady, E., Boissady, E., Comble, A. de La, Comble, A. de La, Zhu, X., Zhu, X., Hespel, A., & Hespel, A.-M. (2020). Artificial intelligence evaluating primary thoracic lesions has an overall lower error rate compared to veterinarians or veterinarians in conjunction with the artificial intelligence. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. https://doi.org/10.1111/vru.12912

Burti, S., Longhin Osti, V., Zotti, A., & Banzato, T. (2020). Use of deep learning to detect cardiomegaly on thoracic radiographs in dogs. *The Veterinary Journal, 262,* 105505. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105505

Carmen Marcelo, W. L., & Roque Seminario, J. J. (2022). *Chatbot para el aprendizaje de la prevención de enfermedades de mascotas para veterinarias Piura-2022*.

Estrada-Carvajal, V., Calvo, M. C., Montero, R. M., & Madrigal, W. P. (2019). Detección de mastitis subclínica en vacas lecheras por modelos de regresión lineal y algoritmos de inteligencia artificial, San Carlos, Costa Rica. *Revista AgroInnovación En El Trópico Húmedo, 2*(1), 18–30.

González, N., Río, P., Río, P., Leyva, M. Y., & Faggioni, K. M. (2018). **Estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería**.

Gutiérrez, J. F., Frías, T. E. R., Ledesma, M. Á. G., Pérez, N. V. R., & Montalvo, A. F. (2016). Sistema basado en inteligencia artificial para el diagnóstico sobre tipos de cólicos en equinos desarrollado en PROLOG. *Pistas Educativas, 38*(122).

Kaul, V., Kaul, V., Enslin, S., Enslin, S., Gross, S. A., Gross, S. A., & Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*. 92 (4), 807 – 812. https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.040

Keene, B. W., Keene, B. W., Atkins, C. E., Atkins, C. E., Bonagura, J. D., Bonagura, J. D., Fox, P. R., Fox, P. R., Häggström, J., Häggström, J., Fuentes, V. L., Fuentes, V. L., Oyama, M. A., Oyama, M. A., Rush, J. E., Rush, J. E., Stepien, R. L., Stepien, R. L., Uechi, M., & Uechi, M. (2019). ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. https://doi.org/10.1111/jvim.15488

Kim, I., Kang, K., Song, Y., & Kim, T. J. (2022). Application of Artificial Intelligence in Pathology: Trends and Challenges. In *Diagnostics* (Vol. 12, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/diagnostics12112794

Lakhani, P., Lakhani, P., Sundaram, B., & Sundaram, B. (2017). Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks. *Radiology*. https://doi.org/10.1148/radiol.2017162326

McEvoy, F. J., McEvoy, F. J., Amigo, J. M., & Amigo, J. M. (2013). Using machine learning to classify image features from canine pelvic radiographs: evaluation of partial least squares discriminant analysis and artificial neural network models. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. https://doi.org/10.1111/vru.12003

Medici, V., Czlonkowska, A., Litwin, T., & Giulivi, C. (2023). Diagnóstico de la enfermedad de Wilson y sus fenotipos usando inteligencia artificial. *Magna Scientia UCEVA, 3*(1), 54–64.

Pérez, R. S., Olivera, M. V. M., García, O. S., & de la Cruz, D. D. (2017). Desarrollo de una base de datos con imágenes termográficas para uso en algoritmos de visión e inteligencia artificial. *Pistas Educativas, 39*(125).

Shen, L., Shen, L., Wang, Z., Wang, Z., Visser, L. C., Visser, L. C., Wisner, E. R., Wisner, E. R., Cheng, H., & Cheng, H. (2020). Pilot study: Application of artificial intelligence for detecting left atrial enlargement on canine thoracic radiographs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. https://doi.org/10.1111/vru.12901

Wanamaker, M. W., Wanamaker, M. W., Vernau, K. M., Vernau, K. M., Taylor, S. L., Taylor, S. L., Cissell, D. D., Cissell, D. D., Abdelhafez, Y., Abdelhafez, Y., Zwingenberger, A. L., & Zwingenberger, A. L. (2021). Classification of neoplastic and inflammatory brain disease using MRI texture analysis in 119 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. https://doi.org/10.1111/vru.12962

Ye, Y., Ye, Y., Ye, Y., Sun, W. W., Sun, W. W., Xu, R. X., Xu, R. X., Selmic, L. E., Selmic, L. E., Sun, M., & Sun, M. (2021). Intraoperative assessment of canine soft tissue sarcoma by deep learning enhanced optical coherence tomography. *Veterinary and Comparative Oncology*. https://doi.org/10.1111/vco.12747

Zech, J. R., Zech, J., Badgeley, M. A., Badgeley, M. A., Liu, M., Liu, M., Liu, M., Liu, M., Liu, M., Costa, A., Costa, A. B., Titano, J., Titano, J. J., Oermann, E. K., & Oermann, E. K. (2018). Variable generalization performance of a deep learning model to detect pneumonia in chest radiographs: A cross-sectional study. *PLOS Medicine*. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002683