



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Clínica veterinaria digital: Análisis  
inteligente para la gestión de casos  
clínicos**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniera en Computación**

**P R E S E N T A**

Karla Paulina García Ventura

**DIRECTORA DE TESIS**

M.I. Norma Elva Chávez Rodríguez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025**



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado CLINICA VETERINARIA DIGITAL: ANALISIS INTELIGENTE PARA LA GESTION DE CASOS CLINICOS que presenté para obtener el título de INGENIERO EN COMPUTACIÓN es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

---

**KARLA PAULINA GARCIA VENTURA**  
Número de cuenta: 316173670

## Dedicatoria

Mimosa, más que una dedicatoria, es una carta de despedida:

Empezamos juntas este camino desde hace 15 años, sin saber que llegaríamos a cambiarnos la vida una a la otra. Hoy agradezco por haberte tenido como compañera de vida. Compartimos demasiados momentos juntas. Siempre recordaré las veces en que jugábamos, recordaré cuando te refugiabas conmigo cuando tenías miedo, nervios o frío, recordaré tu aroma que me daba paz y tranquilidad, hasta quedarme dormida. Todas las veces que te abracé y te besé seguirán en mi mente y en mi corazón, porque a pesar de que ya no estés por las noches acompañándome en mi tarea, cenando o viendo alguna película, siempre te sentiré cerca. Sé que no me podrás acompañar en hoy, mañana ni en los mejores días de mi vida, pero nuestras almas siempre estarán unidas.

El 02 de mayo del 2025 a las 14:34 horas, todo se tornó gris, ya no hubo un camino que seguir y todo se borró. Tal vez no es un adiós, es un hasta luego. Confío que en esta y en otras vidas nos volveremos a encontrar.

Te dedico este trabajo porque contigo inició esta travesía, todas las noches de desvelo, estrés, pero sobre todo, contigo empezó el amor que tengo hacia los animales, un camino que al día de hoy me hace ver las fortalezas y las habilidades que tengo para cuidarlos y acompañarlos en su camino, te prometo que seguiré guiando, protegiendo y cuidando a más animalitos. Así como contigo, espero haberte dado la mejor vida que por naturaleza merecías llena de amor, salud, felicidad y diversión; espero que hayas sentido todo mi amor y cariño que te tuve, mi paz estuvo y está contigo siempre.

Gracias por elegirme, pero sobre todo por amarme. Te prometo que disfrutaré la vida y trataré de amar tanto como te amé a ti. Espérame en un páramo lleno de árboles, flores y plantas, con el cielo azul, porque cuando te vuelva a ver volveremos a abrazarnos.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a mis padres, Juan Carlos García Huamache y María Magdalena Ventura Monsalvo, por haberme guiado a lo largo de los años en un camino de sabiduría y conocimiento. Gracias por siempre orientarme en los días más oscuros. Les agradezco la confianza que han depositado en mí, pues el camino no ha sido fácil, pero el resultado es satisfactorio. Gracias por creer en mí y en mis proyectos de vida. Gracias por la educación que me han brindado en todo este tiempo, y que al día de hoy se ve demostrado en este trabajo, como profesionista, estudiante pero sobre todo en la persona que me he convertido

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi hermano Erick Berssain García Ventura, quien ha sido un ejemplo a seguir durante todos estos años. Como mi hermano mayor, me has guiado y ayudado a forjarme como una persona con valores, disciplina y grandes conocimientos. Agradezco los años de estudio y las valiosas lecciones que la vida nos ha brindado para afrontar juntos el camino. Gracias por esos momentos de juegos, discusiones, conversaciones, enseñanzas y esfuerzo. Sin ti, no estoy segura de si estaría donde estoy hoy, persiguiendo mis sueños y avanzando al éxito.

A Mariel Perez Rivera, gracias por ser como una hermana más para mí, por llenarme de buenos consejos y enseñanzas. Gracias por llegar a mi vida para apoyarme en momentos difíciles o cuando dudo de mí misma.

A mis amigos, que han estado conmigo a lo largo de este trayecto. Algunos se han ido y otros han llegado, pero todos me han dejado grandes lecciones de vida. Aunque es difícil mencionar a todos, les agradezco por escucharme,

aconsejarme y apoyarme en los días de desvelo, proyectos y concursos. Espero compartir más momentos de éxito y alegría a su lado.

Pero sobre todo, doy las gracias y otorgo mi mayor mérito a aquellos seres que me acompañan todos los días: mis compañeros de cuatro patas y algunas de dos de vida. Han sido mi mayor fuente de amor y por quienes sigo luchando día a día para construirles a ellos y a todos los demás animales un mundo mejor, libre de violencia, abuso y maltrato. El amor más sincero es el de tu mascota.

## **Declaración de autenticidad**

Por la presente declaro que, salvo cuando se haga referencia específica al trabajo de otras personas, el contenido de esta tesis es original y no se ha presentado total o parcialmente para su consideración para cualquier otro título o grado en esta o cualquier otra universidad. Esta tesis es resultado de mi trabajo personal y no incluye nada que sea el resultado de algún trabajo realizado en colaboración o externamente por otros autores, salvo que se indique específicamente en el texto.

Karla Paulina García Ventura  
Ciudad de México, mayo 2025.

## Resumen

Esta tesis se enfoca en desarrollar un sistema de análisis de texto para facilitar la identificación rápida de casos clínicos de diferentes tipos de archivo: documentos (escaneados y pdf) e imágenes (jpg y png). Utiliza reconocimiento óptico de caracteres (OCR, por sus siglas en inglés) y procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés) para extraer y analizar información clave.

El sistema identifica palabras clave en casos clínicos, como síntomas, tratamientos, medicamentos, nombre de pacientes etc. Los usuarios pueden realizar búsquedas ingresando palabras clave, obteniendo conjuntos de documentos relevantes para una identificación más eficiente de casos similares.

Este enfoque tiene el potencial de agilizar la revisión de casos clínicos, especialmente en entornos médicos con registros en formato analógico o escaneado. Busca mejorar la toma de decisiones médicas al aprovechar la información histórica de manera más efectiva, contribuyendo a una atención al paciente más informada y eficiente.

**Palabras clave:** Reporte de caso clínico, medicina en México, información médica, situaciones de emergencia, investigación y formación médica, OCR, México.

## **Abstract**

This thesis focuses on developing a text analysis system to facilitate the rapid identification of clinical cases from different types of files: documents (scanned and pdf) and images (jpg and png). It utilizes optical character recognition (OCR) and natural language processing (NLP) to extract and analyze key information.

The system identifies keywords in clinical cases, such as symptoms, treatments, medications, patient names, etc. Users can perform searches by entering keywords, obtaining sets of relevant documents for more efficient identification of similar cases.

This approach has the potential to streamline the review of clinical cases, especially in medical environments with records in analog or scanned formats. It aims to improve medical decision-making by leveraging historical information more effectively, contributing to more informed and efficient patient care.

# Índice

CAPÍTULO 1.....	8
1.1. Introducción.....	9
1.2. Problemática.....	10
1.3. Hipótesis.....	10
1.4. Objetivo principal.....	11
1.5. Metas.....	11
1.6. Requerimientos.....	12
1.7. Metodología de la investigación.....	13
1.8. Conclusiones del capítulo 1.....	15
CAPÍTULO 2.....	16
2.1. Introducción.....	17
2.2. Antecedentes de la Medicina Veterinaria y Zootecnia.....	17
2.2.1. Escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia.....	19
2.2.2. Medicina Veterinaria y Zootecnia en México.....	21
2.3. Código de ética y bioética profesional del médico veterinario zootecnista en México.....	24
2.3.1. Bioética en la medicina veterinaria zootecnia.....	26
2.3.2. Juramento profesional Médico Veterinario y Zootecnista de la UNAM.....	29
2.4. Casos clínicos.....	31
2.4.1. Expediente clínico orientado por problemas (EPOC).....	33
2.4.2. Elaboración del ECOP.....	35
2.5. Desafíos en la Investigación Clínica.....	40
2.5.1. Sesgos internos.....	40
2.5.2. Sesgos externos.....	41
2.5.3. Heurística.....	42
2.5.4. Estudio sobre las Prácticas Académicas y profesionales en Diagnósticos Veterinarios.....	43
2.6. Instituciones en el sector de la Salud Veterinaria.....	48
2.7. Conclusiones de capítulo 2.....	50
CAPÍTULO 3.....	51
3.1. Introducción.....	52
3.2. Tecnologías y Herramientas en el Proceso de Diagnóstico.....	52

3.3. Necesidades sociales.....	56
3.4. Conclusiones de capítulo 3.....	61
CAPÍTULO 4.....	62
4.1. Introducción.....	63
4.2. Procesamiento Digital de Imágenes (PDI).....	63
4.3. Tipos de imágenes.....	72
4.4. Tipos de archivos.....	77
4.4.1. Estructura de un formato.....	78
4.4.2. Formatos de imagen.....	79
4.5. Análisis de textos.....	85
4.6. Reconocimiento óptico en la extracción de información.....	89
4.6.1. Diversidad en el OCR.....	92
4.6.2. Reconocimiento de palabras inteligente.....	93
4.6.3. Aplicaciones de extracción de información.....	93
4.6.4. Ventajas y Desventajas del OCR.....	94
4.7. Conclusiones del capítulo 4.....	95
CAPÍTULO 5.....	96
5.1 Introducción.....	97
5.2. Funcionamiento del Algoritmo SVM.....	98
5.3. Clases linealmente separables.....	101
5.4. Clases linealmente no separables.....	104
5.5. Conclusiones de capítulo 5.....	106
CAPÍTULO 6.....	107
6.1. Introducción.....	108
6.2. Aplicación del Sistema Inteligente.....	110
6.2.1. Librerías.....	110
6.2.2. Proceso y funcionamiento del sistema.....	112
6.3. Resultados teóricos.....	113
6.4. Resultados prácticos.....	114
6.4.1. Resultados prácticos con archivos.....	115
6.5. Mejoras a futuro sobre el sistema desarrollado.....	117
6.6. Conclusiones generales.....	119
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>121</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>127</b>
APÉNDICE A.....	128

# CAPÍTULO 1

## Fundamentos y estructura del proyecto

*"Fluyo entre lo que comprendo y lo que aún me duele. En cada retorno, recojo fragmentos de mí que estaban dispersos. Así, la separación se disuelve, y en su lugar emerge una presencia más cercana a lo que realmente soy. No es pensamiento, ni anhelo: es un sentir total, donde incluso el dolor es parte del Todo."  
(Jacobó Grinberg, La fuerza vital del cielo anterior)*

## **1.1. Introducción**

En México, la negligencia en hospitales veterinarios, representa un desafío crítico. Este estudio también aborda la mejora en la formación académica de estudiantes de medicina veterinaria, esencial para elevar los estándares en el sector.

En el ámbito veterinario, la revisión y el análisis de casos clínicos desempeñan un papel crucial, para el diseño de protocolos de casos veterinarios. Sin embargo, en entornos donde los registros médicos veterinarios se encuentran en diferentes extensiones de archivos, la búsqueda de: casos veterinarios, estudios clínicos, registros, investigaciones entre otros; puede ser un desafío en tiempo y estudio.

Las ciencias computacionales están transformando el sector salud, ofreciendo herramientas que mejoran la precisión y rapidez en los servicios médicos, incluidas las áreas de medicina veterinaria. Este trabajo analiza el estado del arte de estas tecnologías y su impacto en el diagnóstico y tratamiento en hospitales veterinarios. Por ello se propone desarrollar un sistema de análisis de textos que emplea reconocimiento óptico de caracteres y el procesamiento de lenguaje natural, para facilitar la identificación rápida de casos clínicos relacionados en diferentes tipos de archivos. La iniciativa se enfoca en la extracción y análisis de información relevante, como síntomas, enfermedades, procedimientos, medicamentos etc, para crear conjuntos de características que permitan una búsqueda eficaz.

A lo largo de este capítulo se analizan y exponen de manera clara las problemáticas, metas, limitaciones y metodologías que guiarán el rumbo del proyecto. La intención es establecer una base sólida que permita tomar decisiones fundamentadas en cada etapa del desarrollo. De esta forma, se busca identificar la mejor ruta hacia un producto final eficaz, funcional y alineado con las necesidades reales del contexto en el que será aplicado.

## **1.2. Problemática**

En escenarios de emergencia, tanto médicos como estudiantes de medicina veterinaria y zootecnia se enfrentan a situaciones críticas en las que la rapidez y la precisión diagnóstica son determinantes para una atención médica oportuna. No obstante, el acceso a información relevante se ve afectado por la sobrecarga de datos clínicos dispersos en múltiples documentos, dificultando la recuperación de conocimientos previos aplicables a cada nuevo caso.

Esta problemática se acentúa en casos poco comunes o con presentaciones clínicas atípicas, donde la ausencia de herramientas que permitan una búsqueda rápida y eficiente de antecedentes similares puede derivar en errores de diagnóstico. Además, los profesionales deben tomar decisiones fundamentales en lapsos muy cortos, lo que exige un sistema que facilite la recuperación de información médica específica en tiempo real.

El presente trabajo parte de la necesidad de mejorar la accesibilidad y recuperación de información crítica mediante el diseño de un sistema inteligente. Para ello, se analiza el contexto social, médico y tecnológico en el que se desenvuelven los profesionales de la salud animal, y se propone una solución que aprovecha los avances en inteligencia artificial para optimizar el acceso a reportes de casos clínicos y fortalecer los procesos formativos y diagnósticos en la medicina veterinaria.

## **1.3. Hipótesis**

La implementación de un software basado en inteligencia artificial que identifique palabras clave y clasifique documentos clínicos en distintos formatos mejorará significativamente la eficiencia en la búsqueda y análisis de información médica veterinaria.

Esto permitirá a médicos y estudiantes acceder con mayor rapidez y precisión a casos relevantes, optimizando tanto la toma de decisiones como los procesos de formación académica. Se espera que la automatización reduzca el tiempo de revisión manual y

potencie el aprovechamiento de datos clínicos previamente dispersos o poco accesibles.

La hipótesis parte del supuesto de que automatizar la lectura, extracción y clasificación de datos clínicos permitirá reducir el tiempo invertido en la revisión manual, mejorar la toma de decisiones clínicas en escenarios de urgencia, y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área médica veterinaria.

#### **1.4. Objetivo principal**

El objetivo de esta tesis es desarrollar e implementar un sistema basado en inteligencia artificial que, mediante el uso de técnicas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) y Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN), permita la extracción automatizada de información clínica contenida en distintos tipos de documentos médicos veterinarios (imágenes, PDFs y escaneos). Esta información será utilizada para generar vectores de características que alimenten algoritmos de aprendizaje automático, particularmente SVM, con el fin de realizar procesos de clasificación y pronóstico clínico en casos que requieran atención médica y monitoreo continuo.

Asimismo, se busca que esta herramienta contribuya a mejorar la práctica veterinaria, al ofrecer una solución eficiente para el análisis y recuperación de información clínica relevante. Con ello se pretende reducir los errores por omisión en el diagnóstico, fortaleciendo la toma de decisiones fundamentadas tanto en ambientes académicos como hospitalarios.

#### **1.5. Metas**

1. Investigar el estado del arte de las tecnologías de computación en el sector de la salud así como estudiar la importancia de las ciencias computacionales en el sistema de salud.
2. Comprender cómo funciona y se organiza el sistema de salud veterinario en

hospitales y aulas, para identificar necesidades clave que orienten el diseño de una herramienta inteligente de análisis de textos clínicos.

3. Identificar datos sobre la frecuencia de errores en hospitales veterinarios en México, como parte del diagnóstico del entorno. Esta información servirá para justificar la necesidad de soluciones tecnológicas que mejoren el acceso y la organización de la información clínica. Este estudio de errores clínicos y hospitalarios será simplemente contextual y no formará parte de las funcionalidades del sistema.
4. Desarrollar un sistema de investigación y análisis que agilice y mejore la precisión en el diagnóstico de enfermedades poco convencionales.

Estas metas buscan contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras y prácticas que beneficien al sector veterinario y promuevan un sistema de salud más eficiente.

## **1.6. Requerimientos**

Se definen requisitos clave para garantizar que el sistema propuesto cumpla con los objetivos de precisión, eficiencia y utilidad en el sector de la salud veterinaria. El sistema busca integrar sistemas inteligentes de reconocimiento de caracteres, procesamiento de lenguaje natural y manejo de datos para facilitar el diagnóstico y análisis en casos clínicos. A continuación, se detallan los requisitos que orientan su diseño y funcionalidad:

1. El sistema debe ser capaz de realizar reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en archivos de diferentes formatos, incluyendo imágenes (.png y .jpg) y documentos PDF.
2. Se debe implementar procesamiento de lenguaje natural (PLN) para la extracción de información relevante de los textos clínicos, como síntomas,

enfermedades, procedimientos y medicamentos.

3. El sistema debe permitir a los usuarios realizar búsquedas ingresando palabras clave.
4. Se necesita una interfaz de usuario intuitiva que permita una interacción eficiente y accesible con el sistema.
5. Debe ser capaz de realizar pruebas de eficacia con documentos y casos clínicos reales para evaluar la precisión y eficiencia del sistema en la identificación de información relevante.
6. El sistema debe ser rápido y eficiente en el procesamiento de archivos y la extracción de información.
7. Se requiere precisión en el reconocimiento de caracteres y en la extracción de información clave.
8. El sistema debe ser escalable para adaptarse a diferentes entornos y necesidades de los usuarios.

## **1.7. Metodología de la investigación**

La metodología que sustenta este trabajo combina enfoques teóricos y experimentales. En la parte teórica, se recurre a la investigación documental, el procesamiento estadístico de datos, la teoría de clasificación automática, los fundamentos de la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje supervisado, el procesamiento de lenguaje natural (PLN), así como a principios de bioética y al análisis del contexto clínico y social de la salud veterinaria en México.

En el componente experimental, se desarrolla un sistema inteligente diseñado para analizar, clasificar y extraer información clínica relevante a partir de documentos en diversos formatos, incluyendo archivos PDF, imágenes escaneadas y notas manuscritas digitalizadas. Para ello, se implementan tecnologías de Reconocimiento

Óptico de Caracteres (OCR), algoritmos de clasificación como las Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) y modelos de PLN, los cuales permiten identificar palabras clave, asociarlas con categorías clínicas y contribuir al pronóstico veterinario automatizado.

El desarrollo del sistema se guía mediante una metodología híbrida que combina elementos de los modelos Cascada y SCRUM, seleccionados por la naturaleza del proyecto. Del modelo en Cascada, se retoma la estructura secuencial y lineal, que permite una progresión ordenada entre fases claramente definidas y documentadas. En la etapa de planeación, correspondiente al Project Initiation, se realiza la definición del problema, la delimitación de objetivos y la identificación de recursos, estableciendo los entregables y criterios de éxito. En la fase de análisis (Requirement Gathering and Specification), se lleva a cabo un diagnóstico del contexto clínico y se recopilan los requerimientos funcionales y no funcionales, mediante encuestas dirigidas a estudiantes y profesionales de las áreas de veterinaria e ingeniería, mejorando la postura del proyecto. En la fase de diseño e implementación inicial (System Design and Coding), se utilizan modelos para estructurar las funcionalidades principales, como diagramas. Posteriormente, se pasa al desarrollo del sistema. Finalmente, en la fase de pruebas y validación (System Testing and Deployment), se realiza una evaluación sistemática basada en test cases, pruebas de caja negra y validaciones clínicas, centradas en la precisión y funcionalidad del sistema en el entorno veterinario.

Por otro lado, el modelo SCRUM se adapta por ser una metodología ágil que se basa en el desarrollo evolutivo, ideal para entornos de redefiniciones. En este proyecto, el trabajo se organiza en sprints cortos (iteraciones de 1 a 2 semanas), que permiten el desarrollo progresivo de módulos funcionales mínimos viables (MVPs) como el motor OCR y el clasificador. Se incorpora una revisión continua a través de Sprint Reviews, las cuales permiten evaluar los entregables al final de cada sprint y realizar ajustes iterativos al Product Backlog con base en los resultados, pruebas y necesidades emergentes que paralelamente se hace con la parte teórica. Se mantiene también un Sprint Planning al inicio de cada ciclo para definir prioridades técnicas. Este enfoque ágil facilita la redefinición de objetivos parciales, la reorganización dinámica de tareas

y la adaptación constante a los cambios técnicos o clínicos que puedan surgir durante el desarrollo del sistema.

En este proyecto, al tratarse de un desarrollo individual y no grupal, se prescinde de la práctica tradicional del Daily Scrum (reuniones diarias de sincronización del equipo). En su lugar, se establecen reuniones semanales recurrentes con la directora del trabajo. Estas sesiones funcionan como una especie de Sprint Review ampliada, permitiendo evaluar el progreso, resolver bloqueos técnicos, ajustar prioridades y revisar la escalabilidad del sistema.

Estas metodologías permiten iniciar el desarrollo con una estructura formal, lineal y documentada, como lo propone el modelo Cascada, sin perder la flexibilidad, adaptabilidad y rapidez de respuesta al cambio, características centrales del modelo SCRUM. Esta combinación favorece tanto la rigurosidad académica exigida por un proyecto en el área de salud como la eficiencia tecnológica que demanda el desarrollo de un sistema inteligente, asegurando la precisión, escalabilidad y evolución continua del trabajo.

## **1.8. Conclusiones del capítulo 1**

El planteamiento de este trabajo se desarrolla a partir de dos metodologías, considerando que, en muchos casos, el enfoque teórico representa el camino más viable para comprender las bases teóricas para la investigación y el desarrollo. No obstante, también es fundamental analizar qué tanto de esta teoría se traduce eficazmente en la práctica, especialmente al momento de llevar a cabo investigaciones aplicadas y desarrollar soluciones mediante programación.

Desde el inicio del proyecto se establecen los objetivos, los requisitos y las metas, reconociendo la importancia de delimitar el alcance del trabajo, pero también, también, se considera las posibles rutas de desarrollo futuro que el proyecto podría tomar. Esto permite identificar claramente las limitaciones y los tiempos, en el desarrollo.

# **CAPÍTULO 2**

## **Fundamentos Históricos y Éticos en la Medicina Veterinaria y Zootecnia: Una perspectiva integral**

*“Un ser humano se comporta éticamente bien, cuando trata a otros seres vivientes, con la misma reverencia que se tiene por sí mismo y cuando está dispuesto a ayudar a todo el que lo necesite”.*  
(Albert Schweitzer, 2002).

## **2.1. Introducción**

Los reportes de casos clínicos veterinarios han sido una parte integral de la literatura veterinaria a lo largo de la historia. Aunque sufrieron cierto deterioro en el siglo XX debido a la evolución de nuevos métodos de investigación, persisten como fuentes esenciales de información médica. Desde tiempos antiguos, la cultura egipcia hasta la era moderna, estos informes han proporcionado detalles sobre técnicas y casos clínicos, adaptándose a los avances de la medicina.

En la antigua Grecia, durante la era de Hipócrates, surgieron los reportes de casos con descripciones detalladas de hallazgos clínicos, destacando la historia natural de las enfermedades. En el siglo II D.C. Claudio Galeno adoptó la narrativa en primera persona en sus reportes, posicionándolo como un agente activo en las historias clínicas.

Desde el siglo XIX hasta la actualidad, la literatura médica y veterinaria ha adoptado un estilo más estructurado y científico, con un lenguaje preciso y un enfoque en los hallazgos clínicos relevantes, dejando atrás el énfasis literario y dramático.

## **2.2. Antecedentes de la Medicina Veterinaria y Zootecnia**

A lo largo de la historia, los animales han desempeñado un papel fundamental en la vida humana, ya sea como fuente de alimento, compañeros de hogar, fuerza laboral o sujetos de experimentación y estudio. Su participación ha influido profundamente en el desarrollo de las sociedades, marcando el rumbo de la humanidad hasta conformar el mundo que conocemos en la actualidad.

Los animales representan el pasado, presente y futuro, estando intrínsecamente vinculados a la existencia humana. Su presencia es universal, dado que prácticamente todas las regiones geográficas albergan una fauna diversa, lo que ha dado lugar a una amplia variedad de relatos históricos alrededor del mundo. A partir de las necesidades humanas, se comenzó a estudiar y explorar a los animales con diversos propósitos, lo que derivó en avances significativos en múltiples áreas del conocimiento.

Uno de los primeros indicios históricos sobre la relación entre humanos y animales se remonta a la cultura mesopotámica, específicamente con el Código de Hammurabi<sup>1</sup>. Sin embargo, existe un documento aún más antiguo que se considera el primer tratado de medicina veterinaria en la historia: el Papiro de Kahun, que es considerado como un testimonio invaluable del conocimiento y cuidado animal en las civilizaciones antiguas.

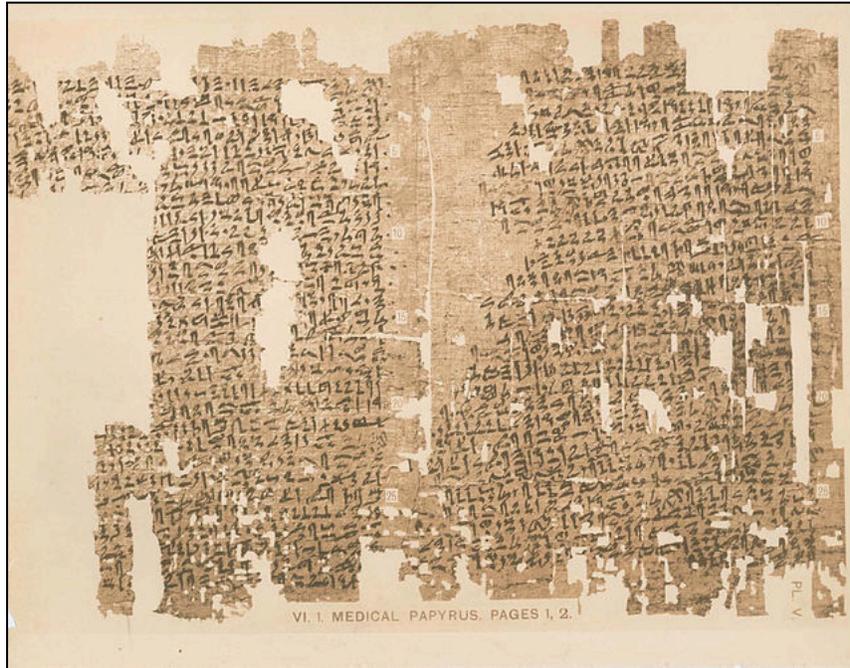


Imagen 2.2.1. Segmento de papiro Kahun.

El Papiro de Kahun es un documento escrito en jeroglífico hierático, compuesto por varios fragmentos de papiro. Fue descubierto en 1889 por Flinders Petrie en el poblado obrero de Kahun, en Egipto. Tras su análisis, se ha determinado que data aproximadamente del año 1800 a. C., durante el final de la Dinastía XII. El conjunto de papiros recogen el saber egipcio sobre matemáticas, medicina humana (principalmente de ginecología y obstetricia) y animal (ahora reconocido como medicina veterinaria). En ellos se describen enfermedades del ganado y su tratamiento, así como patologías de perros (y, posiblemente, de gatos). Por su mal estado de conservación y restauración, no es posible interpretarlos a la perfección. Entre la información que se ha podido rescatar se encuentran los siguientes

---

<sup>1</sup> El Código de Hammurabi es un monumento jurídico y literario de la antigua Mesopotamia que ha resistido el paso de los siglos como una de las primeras recopilaciones de leyes conocidas en la historia.

fragmentos:

*“Cómo tratar a un perro con una úlcera con gusanos [...]. Una vez recitada la fórmula mágica, debo introducir mi mano en un recipiente lleno de agua colocado junto a mí. Cuando la mano alcance el hueso de su espalda, debe ser introducida en el recipiente cada vez que se ensucie, hasta que haya sido retirada toda la sangre seca o cualquier otra suciedad [...]”. (Papiro de Kahun, aprox. 1800 a. C.). (Papiro de Kahun, aprox. 1800 a. C.).*

*“Cómo tratar a un toro resfriado Si veo a un toro hinchado, con lagrimeo en sus ojos, la frente arrugada, las encías enrojecidas y el cuello hinchado, hay que decir la fórmula mágica. Después, debo tumbarlo sobre un costado, salpicarlo con agua fría y masajear todo su cuerpo y sus ojos con calabaza o melón [...]. Si no se recupera [...]. Debo vendar sus ojos con lino quemado para que dejen de lagrimear.” (Papiro de Kahun, aprox. 1800 a. C.).*

En los dos fragmentos del Papiro de Kahun se analizan los métodos utilizados en el antiguo Egipto para tratar emergencias o situaciones críticas relacionadas con animales, aproximadamente hacia el 1800 a. C. Estos escritos detallan el uso de herramientas cotidianas, así como el empleo de alimentos de origen vegetal como parte de los tratamientos. Es importante destacar la organización sistemática del proceso, que contemplaba una segunda opción de tratamiento en caso de que el primero no funcionará. En estas evidencias, se muestra una clara comprensión de la importancia de la medicina veterinaria en la época y la necesidad de contar con alternativas médicas.

### **2.2.1. Escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Históricamente, los registros de la medicina humana han avanzado de manera paralela a los de la medicina animal, reflejando un desarrollo simultáneo en ambas

disciplinas. En diversas obras literarias se encuentran descripciones que vinculan el estudio de la salud humana y animal, evidenciando su estrecha relación. Un ejemplo destacado es el de Demócrito, uno de los naturalistas griegos más prominentes que precedió a Aristóteles. Demócrito dedicó parte de sus estudios al análisis del interior de los animales, buscando comprender la naturaleza de las enfermedades y su funcionamiento.

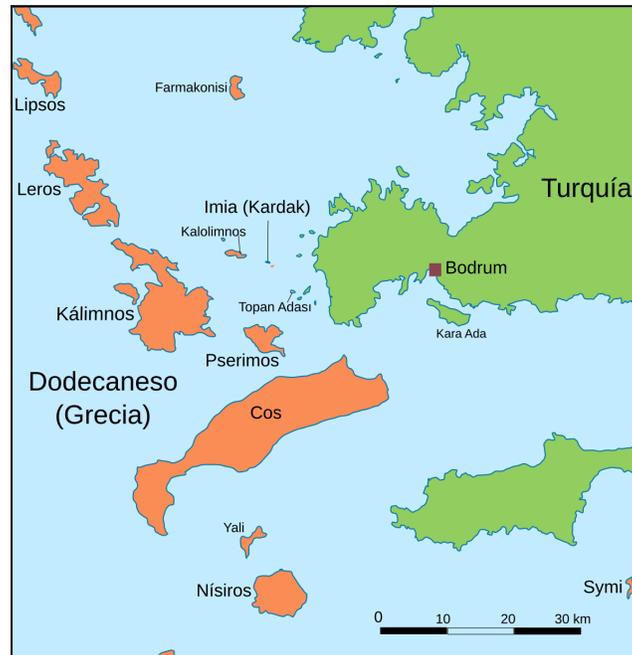


Imagen 2.2.1.1. Ubicación de la isla de Cos.

La Escuela Hipocrática (Escuela de Cos), originaria de la isla de Cos (ubicada en el Egeo Oriental muy cercana a la costa de Turquía, a 4 kilómetros de la ciudad turca de Bodrum), es asociada con Hipócrates, quien es considerado o conocido como el "Padre de la Medicina". Su enfoque estaba basado en la observación rigurosa y sistemática en los pacientes, el análisis de los síntomas y la búsqueda de causas naturales para las enfermedades era la técnica principal, centrándose en el método científico como lo menciona en el *Corpus Hippocraticum* (Tratados hipocráticos), que sentó las bases de un espíritu científico de la medicina, muy distante del empirismo y la teúrgia de las civilizaciones anteriores.

Esta escuela marcó el inicio a la medicina como una disciplina científica y ética, introduciendo conceptos fundamentales como el equilibrio de los humores y el

principio de *primum non nocere* (primero, no hacer daño). Por otro lado, la Escuela Peripatética, fundada por Aristóteles en el Liceo de Atenas, tuvo otro enfoque más amplio y filosófico. Aristóteles, quien fue discípulo de Platón, integró el estudio de la medicina en su visión general del conocimiento y la naturaleza. Su escuela se distinguió por combinar la observación empírica con el razonamiento lógico, priorizando la anatomía y la fisiología como partes fundamentales del estudio médico. Aunque no se centró exclusivamente en la medicina, los principios peripatéticos influyeron en la investigación de procesos biológicos y en el desarrollo de métodos científicos que posteriormente fueron adoptados por médicos y naturalistas.

Ambas escuelas dejaron un legado imborrable en la medicina occidental. Mientras que la Escuela Hipocrática estableció los fundamentos clínicos y éticos de la práctica médica, la Escuela Peripatética aportó un marco teórico y metodológico que enriqueció el entendimiento del cuerpo humano y sus funciones. Este conjunto de escuelas contribuyen a un enfoque práctico y filosófico que ayudó a consolidar la medicina como una disciplina compleja y multifacética, cuya influencia perdura hasta nuestros días.

La obra contemporánea más importante para la Veterinaria fue la dedicada a las enfermedades del caballo, titulada, traducida al latín como: *Liber Ipocratis infirmitatibus equorum et curis eorum*, que significa “El libro de Hipócrates sobre las enfermedades de los caballos y sus cuidados”. El cual es un texto atribuido o relacionado con Hipócrates, que trata sobre las enfermedades de los caballos y los métodos para tratarlas. Sin embargo, no hay evidencia histórica de que Hipócrates, enfocado en la medicina humana, haya escrito sobre medicina veterinaria.

### **2.2.2. Medicina Veterinaria y Zootecnia en México**

Los inicios de la medicina veterinaria en México están ligados a la evolución social y económica de los países. Como carrera, veterinaria en los inicios, estaba enfocada en el tratamiento de enfermedades en animales de trabajo, principalmente equinos (caballos), ya que eran esenciales para el transporte y actividades agrícolas. Sin

embargo, la formalización de la carrera y la creación de la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria (ENAV), en 1853, fueron un gran avance social al darle un enfoque académico y profesional que la diferenciaba de la agronomía.

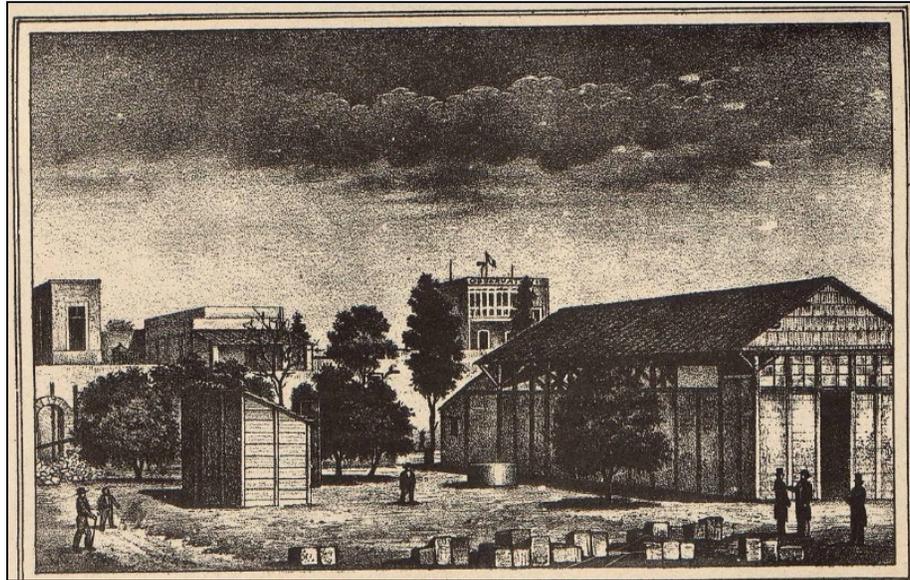


Imagen 2.2.2.1. Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria (ENAV), en 1853.

Esto no sólo permitió que se reconociera oficialmente como profesión, sino que también marcó un punto clave en el desarrollo del país, ya que impulsó la formación de especialistas en salud animal, lo que posteriormente influyó en el mejoramiento de las actividades agrícolas y ganaderas.

En el año de 1916, Venustiano Carranza fundó la Escuela Nacional de Veterinaria, la cual dejó de lado en su plan de estudio a la Agricultura, puesto que se estaba tomando un nuevo rumbo en la formación de los profesionales. Sin embargo, debido a una huelga estudiantil, la institución cerró en 1918, y fue reabierto este mismo año, pero bajo el nombre de "Escuela Nacional de Medicina Veterinaria". El objetivo principal fue educar a los alumnos en medicina aplicada a los animales domésticos (perros y gatos), y al mismo tiempo dar educación a los alumnos en civismo y moral.

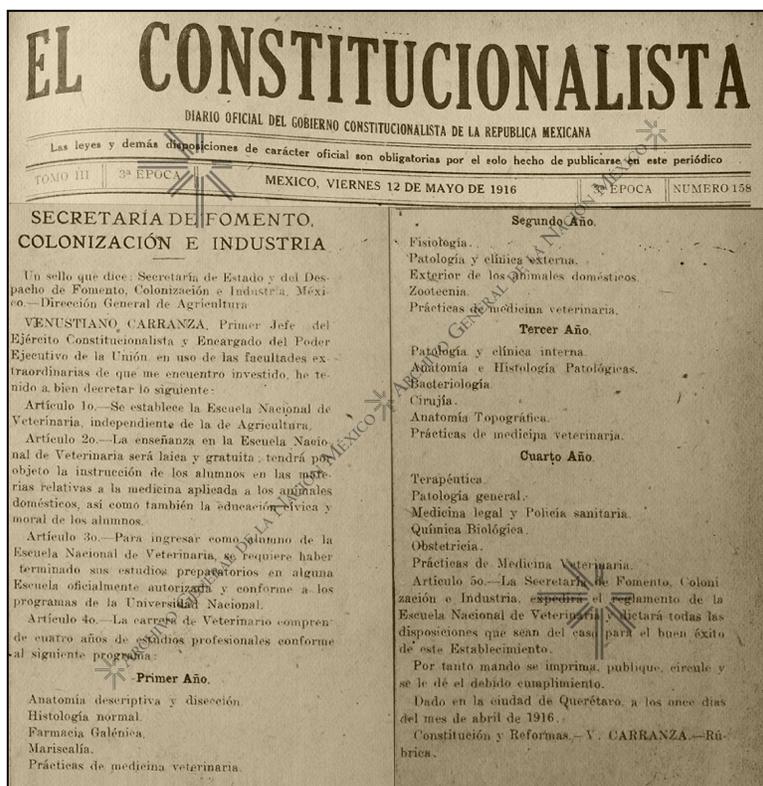


Imagen 2.2.2.2. Noticia del periodico el “EL CONSTITUCIONALISTA”, sobre la fundación de la Escuela Nacional de Veterinaria y su mapa curricular.

Para este momento, el país atravesaba por unos de los hitos históricos más importantes de México: la Revolución Mexicana (1910-1917). La cual mantuvo al país en una gran inestabilidad social, política y económica, incluso después de que concluya la guerra, dejó rastros de ahogo. A partir de 1925, se produjeron cambios significativos en la sociedad mexicana que impactaron directamente la educación veterinaria. El enfoque de la profesión se amplió para adaptarse a nuevas demandas, destacando el enfoque de bacteriología, la industria animal y la ganadería productiva. Se definió al veterinario como productor de alimentos y responsable del control exclusivo de las epizootias<sup>2</sup>. El 10 de julio de 1929, la Universidad de México obtuvo su autonomía y se convirtió en la Universidad Nacional Autónoma de México. Con el nuevo nombramiento y posesión de la UNAM, la Escuela de Medicina Veterinaria solicitó su incorporación a la Universidad.

A partir de la fusión de la UNAM y la Escuela de Medicina Veterinaria, se expandieron

<sup>2</sup> Enfermedad infecciosa de los animales, que determina un aumento notable y relativamente rápido del número de casos en un área determinada (sinónimo de epidemia en el hombre).

más campos de estudio, un ejemplo de ello, fue la apertura del área de bacteriología y ganadería reproductiva. Asimismo, se comenzaron a abrir nuevas oportunidades para los estudiantes, incluyendo becas, cursos, seminarios y simposios, así como la posibilidad de realizar estudios en el extranjero, lo que contribuyó al enriquecimiento de su formación académica y profesional.

### **2.3. Código de ética y bioética profesional del médico veterinario zootecnista en México**

Los médicos veterinarios zootecnistas, al igual que en otras profesiones, se rigen por un código de ética profesional. Este código integra principios de bioética y ética<sup>3</sup>, orientando el ejercicio de su conocimiento hacia el desarrollo de su profesión, el bienestar de los animales y el beneficio de la sociedad.

La palabra bioética, proviene de las etimologías griegas bio=vida y ethos=ética o ética de la vida, este término fue utilizado por el bioquímico y oncólogo estadounidense Van Rensselaer Potter en 1970 en el artículo "Bioethics: The science of survival". La bioética se define como el "estudio sistemático de la conducta humana en el ámbito de las ciencias de la vida y del cuidado de la salud, examinada a la luz de los valores y principios morales" (Encyclopedia of Bioethics, 2014). Este concepto puede entenderse como el compromiso con un comportamiento ético hacia la vida:

*"[...] la bioética entrelaza la salud y la vida, que no deben verse como entidades separadas, ni construir discursos distantes entre sí. Las sociedades contemporáneas enfrentan a cada momento retos que ponen en situación de discusión el tratamiento que se da a la existencia humana desde distintas perspectivas (ética, política, social y cultural". (Hincapié Sánchez & Medina Arellano, 2019, p. 5).*

A pesar de que existen, muchas definiciones sobre la bioética, es el resultado de unir

---

<sup>3</sup> Se define como manera de ser, carácter. El hombre construye su ethos o forma de ser a partir de la repetición progresiva de actos que dan lugar a la formación de hábitos y son precisamente estos los que expresan la conducta humana.

varias disciplinas biológicas, humanistas, económicas, filosóficas, políticas y legislativas, esto como solución ante los conflictos éticos que surgen en por la constante necesidad del avance científico y tecnológico, por ejemplo: las investigación y experimentación en animales, manipulación de la estructura genética, problemas derivados por el uso de combustibles fósiles, contaminación de los suelos y el agua por el uso de productos químicos, uso irracional de insecticidas, etc. La bioética tiene el objetivo claro de producir el bien social en el presente y futuro de las generaciones, siendo un punto de equilibrio entre las ramas de estudio.

En este contexto, la ética se considera una herramienta fundamental para evaluar las acciones humanas, determinando si éstas son correctas o incorrectas. Este análisis ético implica un juicio sobre el acto en cuestión, tomando en cuenta tanto sus repercusiones individuales como su impacto en la comunidad. En la Bioética, se engloba tres categorías de juicios o proposiciones:

1. **Juicios de hecho:** Son afirmaciones basadas en la realidad objetiva que percibimos a través de los sentidos. Para ello aplica, la característica de *ser universales y verificables*, mediante el método científico. En bioética, se toman en cuenta como la base objetiva para el análisis de situaciones en las que intervienen valores éticos o morales. En el sector de la salud, los juicios de hecho suelen ser objetivos, como el diagnóstico de una enfermedad basado en observaciones clínicas.
2. **Juicios de valor:** Se toman como apreciaciones subjetivas que surgen al estimar las características de algo percibido. A diferencia de los juicios de hecho, estos varían según la percepción individual o cultural, y se guían por: valores de uso (comerciales), valores vitales (como la salud o la fortaleza) y valores espirituales (como la honestidad o la sensibilidad).
3. **Juicios morales:** Estos juicios implican una prescripción, es decir, una recomendación sobre cómo actuar basándose en valores. Indican una forma de "deber ser". En la bioética, los juicios morales son el eje central de las decisiones éticas, ya que implican elegir la mejor opción dentro de un marco complejo de hechos y valores. Incluyen tres elementos básicos:
  - a. **Análisis del hecho:** Se evalúan los valores relevantes según un marco

de referencia (creencias religiosas, principios filosóficos, etc.).

- b. **Consecuencias:** Se consideran los posibles resultados de actuar o no actuar.
- c. **Contexto:** Se tienen en cuenta las circunstancias específicas (cultura, creencias, tiempo, urgencia, etc.).

Al juntar estas categorías de juicio, se obtiene un criterio sólido para la toma de decisiones racionales, que es enriquecido por un análisis profundo de los valores. Este enfoque permite optimizar los resultados en contextos de incertidumbre, especialmente cuando se trata de dilemas éticos relacionados con problemas de la vida. Los hechos, cuando se separan de los valores, pierden dirección y propósito; por otro lado, los valores sin el respaldo de los hechos se vuelven vacíos e ineficaces. La integración armónica de ambos elementos es crucial para abordar cuestiones éticas de manera equilibrada y efectiva.

### **2.3.1. Bioética en la medicina veterinaria zootecnia**

La bioética en medicina veterinaria, es enseñada en la formación de los médicos veterinarios y zootecnistas. A los estudiantes de la carrera, se les enseña desde los principios y metodologías bioéticas hasta la toma de decisiones en aplicaciones prácticas para el desempeño ético de los profesionistas (veterinarios y zootecnistas). En este sentido, la Dra. Beatriz Vanda, académica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, se le enseña al estudiante de medicina veterinaria a ser el punto de equilibrio, entre el bienestar humano y animal.

Se puede concluir que los viejos esquemas de explotación animal están siendo cuestionados bajo el paradigma vigente del desarrollo sustentable el comportamiento y el bienestar animal y la inocuidad alimentaria.

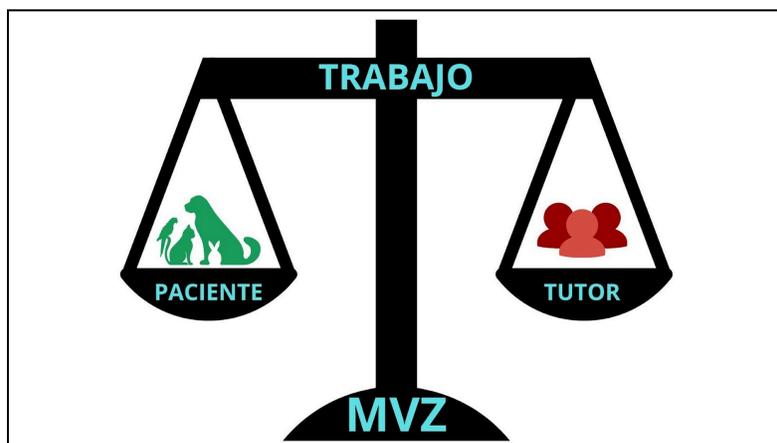


Imagen 2.3.1.1. Responsabilidad del médico veterinario zootecnista en su trabajo.

Según la Dra. Beatriz Vanda, uno de los principales requerimientos de la bioética es tener la valentía de comprometerse con la propia conciencia y, sobre todo, con "el otro" en este caso, los animales. Esta ética también exige una profunda empatía hacia ellos, sin importar cuán diferentes puedan ser, lo que permite al profesional ir más allá de sus obligaciones hacia los animales, los clientes, los colegas, la profesión y los estudiantes. Como también lo señaló Albert Schweitzer, este compromiso con la empatía y la conciencia ética es fundamental para el ejercicio de la profesión:

*“Un ser humano se comporta éticamente bien, cuando trata a otros seres vivientes, con la misma reverencia que se tiene por sí mismo y cuando está dispuesto a ayudar a todo el que lo necesite”. (Albert Schweitzer, 2002).*

La bioética se sitúa en diferentes campos de estudio como las ciencias básicas, zootecnia y producción, ciencias médicas y la ética profesional. En teoría, la bioética debe de estar en constante evolución rodeada de preguntas en el área de la salud, principalmente se da para los primeros dos casos que se muestran en imagen 2.3.1.1, y como buena práctica se debería enseñar a lo largo de la formación profesional (no solo como una materia de un semestre) y seguir practicando en la vida profesional, principalmente para la relación: médico, paciente y cliente.



Imagen 2.3.1.2. Campos de estudio de la Bioética.

Lo que trata de explicar la imagen 2.3.1.1, es que la bioética es una disciplina propositiva, es decir, que está en constante avance con el objetivo de mejorar las cosas. Y no solo en el ámbito veterinario, si no expandiéndose a más áreas de estudio.

Las implicaciones éticas (en medicina veterinaria), en el campo de la bioética son principalmente las siguientes:

1. El deber de no dañar a los seres susceptibles de ser dañados. Incluyendo las negligencias médicas veterinarias.
2. La responsabilidad de procurar y promover su bienestar.
3. Un diagnóstico oportuno y certero, que les ayude a los pacientes a conservar y tener una calidad de vida.
4. Trato cuidadoso.

En el área de la salud, existe el *Principio de no maleficencia o mínimo daño*, que trae consigo principalmente los siguientes puntos:

1. Primero el bienestar del paciente.
2. No poner en riesgo al paciente: No intervenirlos cuando no sabemos, o

cuando no mejoran con la terapéutica.

3. Excitar pruebas diagnósticas innecesarias, cuando los resultados no modifican el pronóstico ni el tratamiento.
4. ¿Bajo qué circunstancias se justifica quitarles la vida a los pacientes? y ¿Cómo se lleva a cabo?, es decir, cuando es eutanasia<sup>4</sup> y cuando es matanza.

La bioética es un campo interdisciplinario que se encuentra en constante desarrollo y expansión. En esta investigación, se considera relevante por su enfoque en el bienestar animal y las implicaciones éticas en la práctica veterinaria. Con el objetivo de garantizar un diagnóstico adecuado para el paciente, también resalta la importancia de la relación entre el médico veterinario y el tutor de la mascota, en este sentido es importante mencionarlo para comprender las implicaciones que se tienen desde el aspecto tecnológico e ingenieril. Aunque la bioética abarca un amplio espectro de análisis, este proyecto se centra únicamente en sus fundamentos teóricos para fines prácticos.

### **2.3.2 Juramento profesional Médico Veterinario y Zootecnista de la UNAM**

El *Reglamento de titulación para la licenciatura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, de la UNAM, establece en su artículo ciento catorce, que los estudiantes que se encuentren en el proceso de titulación, al finalizar su examen profesional, recibirán la evaluación del jurado, quien les dará a conocer el resultado de su desempeño. Si el estudiante es aprobado, podrá continuar con los procedimientos necesarios para obtener su título profesional, lo que puede incluir la ceremonia de toma del Juramento Profesional:

---

<sup>4</sup> Acción u omisión que, para evitar sufrimientos a los pacientes desahuciados, acelera su muerte con su consentimiento o sin él.

*“Artículo 114.- Al terminar el Examen Profesional el Presidente le dará a conocer al sustentante el resultado del mismo y el Secretario dará lectura al acta correspondiente. En caso de ser aprobado (a), el Presidente del jurado tomará la protesta del Juramento profesional.” (Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 2013, Art. 114).*

En la toma de protesta, el futuro profesionista expresa los compromisos éticos, sociales y profesionales que asumen quienes reciben este título, los cuales se analizan a continuación:

1. Compromiso hacia la sociedad y el bienestar animal. Se centra en el compromiso de utilizar los conocimientos adquiridos para el beneficio de la sociedad y de los animales. Reconoce la responsabilidad de garantizar la salud y el bienestar animal, así como proteger la salud pública mediante prácticas que aseguren la calidad e inocuidad de los alimentos de origen animal.
2. Sostenibilidad y conservación. Se refiere a equilibrar la producción animal con la sostenibilidad. El médico veterinario zootecnista se compromete a incrementar la producción sin que se vea comprometido el medio ambiente, lo cual promueve prácticas y planes de trabajo que se enfoquen en la conservación de los recursos naturales y reduzcan el impacto ecológico.
3. Normatividad. Compromiso de trabajar dentro del marco legal establecido. También se resalta la importancia de respetar y cumplir las leyes, protocolos, reglamentos y normas éticas que regulan la profesión para garantizar un ejercicio responsable y legal y la seguridad de los implicados.
4. Formación de otros profesionales. El médico veterinario acepta la responsabilidad de guiar y formar a futuras generaciones, contribuyendo al desarrollo de la profesión y fortaleciendo la comunidad veterinaria y compartiendo conocimientos y experiencias con otros profesionales.
5. Formación profesional continua. Necesidad de mantenerse actualizado en los avances científicos y tecnológicos, asegurando un ejercicio profesional de calidad que responda a los retos actuales y futuros.
6. Agradecimiento. El juramento expresa gratitud hacia la universidad y la facultad como principal apoyo sobre los conocimientos y habilidades

adquiridas.

7. Ética y dignidad profesional. Se establece un compromiso ético y moral en la práctica profesional, con integridad, dignidad y respeto, preservando el prestigio de la institución que lo otorga. Mantiene la importancia de representar con honor y orgullo la profesión y Universidad.

## 2.4. Casos clínicos

Este trabajo, en su enfoque veterinario, se fundamenta en los planes de estudio de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Los temas relacionados con la salud médica han sido validados y cuentan con respaldo certificado, garantizando su rigor académico y científico.

Los informes de casos clínicos, tienen una gran trayectoria histórica en la literatura médica. Como se analiza al inicio de este capítulo, la clínica veterinaria ha ido evolucionando con el tiempo, y a pesar de que ya existe demasiada tecnología, existen estudios que señalan que el avance es limitado.

Los modelos de razonamiento analítico médicos, tienen varias características adicionales.

1. Primero, la generación de un conjunto de hipótesis que ocurre después de la adquisición de señales que facilita la construcción de un diagnóstico diferencial<sup>5</sup> (DD), el cual sugiere realizar hipótesis potenciales antes de recopilar información, ya que pueden mejorar la precisión del diagnóstico.
2. En segundo lugar, para complementar las hipótesis recuperadas, las buenas prácticas sugieren emplear herramientas de apoyo a las decisiones clínicas.
3. En tercer lugar, la lista actualizada de diagnósticos determina las actividades posteriores de recopilación de información.
4. Por último, todo el proceso implica, ya sea explícita o implícitamente, probabilidades de cada diagnóstico potencial, dados los datos disponibles.

---

<sup>5</sup> Proceso que ayuda a los profesionales de la salud a identificar la causa más probable de una enfermedad en un paciente. Se utiliza para diagnosticar trastornos físicos y mentales.

Este último paso resulta ser el más importante, en esta investigación. Ya que lo que se plantea en este trabajo es ir descartando los reportes clínicos menos relevantes que se ajunten al caso de estudio.

Las tareas de resolución de problemas clínicos, como el diagnóstico, requieren un razonamiento deliberado y sólido por parte de los médicos. Por lo tanto, el razonamiento clínico puede mejorarse desarrollando las habilidades de pensamiento crítico en las investigaciones. También implican que el razonamiento clínico utiliza la presencia o ausencia de signos o síntomas específicos como evidencia que confirma o refuta un diagnóstico.

La clínica se define como el proceso mediante el cual se establece una sospecha de un diagnóstico basado en tres pilares fundamentales: el relato proporcionado por el propietario del animal, el análisis detallado del motivo de consulta y la evaluación de los signos clínicos obtenidos durante la exploración física. Este enfoque integral permite al médico veterinario identificar problemas de salud, formular posibles diagnósticos y dirigir los procedimientos diagnósticos y terapéuticos adecuados para cada caso.

El reporte de un caso clínico<sup>6</sup> Es una herramienta valiosa en la literatura médica que permite la representación detallada de situaciones singulares y relevantes desde el punto de vista clínico. Los informes de casos suelen describir un suceso inusual o novedoso y, como tal, siguen siendo una de las piedras angulares del progreso médico y proporcionan muchas ideas nuevas en medicina. Algunos informes contienen una revisión extensa de la literatura relevante sobre el tema.

En la literatura médica, se destaca con frecuencia la importancia de llevar a cabo una búsqueda minuciosa, constante y completa de todos los datos pertinentes del paciente. Esta práctica se considera el enfoque más adecuado para recopilar la información necesaria para elaborar los distintos apartados del informe clínico. En la enseñanza y la práctica clínica, se suelen emplear diversos cuestionarios diseñados

---

<sup>6</sup> Es un informe detallado de los síntomas, signos, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de un paciente individual.

para guiar a estudiantes y profesionistas en esta estrategia de recolección exhaustiva de datos.

### 2.4.1. Expediente clínico orientado por problemas (EPOC)

La realización del examen físico general del paciente es una condición para que el médico veterinario tenga la posibilidad de desarrollar el método diagnóstico orientado a problemas, como se explicó al inicio de este tema. La información obtenida durante el examen e historia clínica, permite hacer una selección apropiada de las pruebas de laboratorio, técnicas radiográficas y procedimientos especiales para confirmar o descartar un diagnóstico presuntivo, hasta llegar al diagnóstico correcto.

El Expediente Clínico Orientado a Problemas (ECOP), es un método utilizado para para obtener, clasificar y organizar la información sobre el paciente (las mascota), lo cual facilita la correlación de los datos obtenidos en la historia clínica y examen físico con los diferentes padecimientos, lo que guía al médico para hacer una selección apropiada de las pruebas y exámenes, encaminado al diagnóstico y tratamiento.

El ECOP, se compone de 4 fases, que en orden de ejecución son las que se muestran en la imagen 2.4.1.1.:

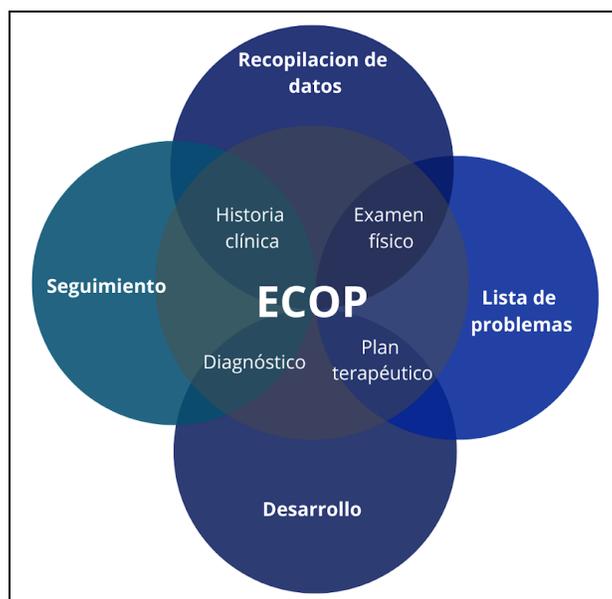


Imagen 2.4.1.1. Fases del ECOP.

Cada una de las fase mostradas en la imagen 2.4.1.1, son explicados a continuación:

1. Recopilación de datos: La recopilación de datos básicos es la etapa inicial, donde el médico veterinario reúne información proveniente de la historia clínica<sup>7</sup> y el examen físico<sup>8</sup>.
2. Listado de padecimientos: En esta segunda etapa se desarrolla una lista de problemas médicos con la información de la fase 1.
  - a. Problemas iniciales: Síntomas, signos clínicos, resultados de pruebas.
  - b. Depuración de la lista: Se analizan los problemas y los problemas que se duplican y por ende se descarta, lo restante se agrupa en forma lógica.
  - c. Lista maestra: Resultado final de la depuración y es la guía para priorizar los problemas según su relevancia.
3. Elaboración de un plan diagnóstico y terapéutico: Se elabora un plan de acción donde se pone en práctica un plan de diagnóstico y un plan terapéutico.
4. Desarrollo de un plan de seguimiento del paciente: Es el cuidado del paciente y evalúa la efectividad de las intervenciones realizadas.

Evidentemente, el objetivo es resolver los problemas clínicos y dar con un diagnóstico definitivo, donde se puede seguir un tratamiento dirigido para estabilizar la salud del paciente o mantener la calidad de vida de la mascota. Esto le ayuda al veterinario, a informar a los tutores de la mascota sobre todos los datos necesarios, con la responsabilidad de hacerlo de manera clara a los clientes (tutores del paciente), de tal forma que se entienda la gravedad del caso.

---

<sup>7</sup> Antecedentes médicos, quirúrgicos, familiares, y sociales relevantes, además de la descripción detallada de los síntomas actuales.

<sup>8</sup> Observaciones y hallazgos obtenidos mediante la exploración directa del paciente (inspección, palpación, auscultación, etc.).

## 2.4.2. Elaboración del ECOP

Para elaborar el ECOP, es necesario tener un formato (imagen 2.4.2.1 y imagen 2.4.2.2), y es importante aclarar, que en medicina veterinaria no existe un formato universal para cada clínica u hospital. En este formato se deberá cumplir los siguiente puntos:

1. Reseña del paciente: Se describen los datos básicos del paciente como lo son: Nombre del paciente, número de expediente, edad, sexo (entero o castrado), raza y color. A esto se le conoce como HC y EF.
2. Anamnesis o enfermedad actual: La anamnesis representa el relato cronológico y verídico del motivo de consulta, basado en la narrativa del dueño de la mascota. Las preguntas realizadas para esclarecer su situación, se subdivide en dos secciones principales:
  - a. Anamnesis general: comprende la historia proporcionada por el dueño de la mascota y las interrogantes relacionadas con el motivo de consulta.
  - b. Anamnesis dirigida: consiste en preguntas específicas al dueño de la mascota, por sistemas o aparatos del cuerpo, destinadas a identificar posibles orígenes o causas del problema.
3. Exploración física: Recopila los datos obtenidos después de realizar una exploración completa al paciente, de cuerpo completo.
  - a. Exploraciones complementarias: Se recogen los resultados de la analítica solicitada, de radiología, electrocardiografía o de cualquier otra prueba diagnóstica realizada.
4. Motivo de consulta o lista de problemas: El síntoma o problema principal por el que se lleva a la mascota a consulta; se registra típicamente en la historia clínica cuando se realiza la evaluación general. Es importante revisar y confirmar que los problemas que muestra el paciente estén relacionados con lo que el dueño de la mascota describe para asegurar una evaluación precisa de su condición.

5. Lista maestra: Se identifican los problemas que sean agudos y que puedan relacionarse con más problemas.
6. Plan inicial. Se seleccionan las pruebas que podrían ayudar a confirmar o descartar cada diagnóstico. El juicio clínico se basa en la capacidad cognitiva del profesional de la salud para aplicar la lógica y el razonamiento, así como su experiencia y conocimientos. Requiere habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones, que se desarrollan y se perfeccionan a través de la educación y la práctica clínica. Es un proceso dinámico y continuo que se lleva a cabo en cada interacción con la mascota.
7. Tratamiento y recomendaciones: En este espacio se anota el tratamiento que fue instaurado por el MVZ del HVE encargado del caso y el plan de seguimiento para el paciente. Se recogen todas las actuaciones llevadas a cabo, así como los cambios experimentados por la mascota a consecuencia de ellas, desde que se valora al enfermo en consulta hasta su alta, derivación o ingreso.
8. Investigación sobre el caso y recomendaciones: Estas recomendaciones al alta son altamente apreciadas al evaluar la calidad de una historia clínica. Al ser redactadas por el médico, el dueño de la mascota no necesita depender de su memoria para recordarlas. Además, representan uno de los derechos del dueño o tutor de la mascota.

A pesar de que se siguen metodologías como ECOP, descrito previamente, un problema frecuente en veterinaria es la incapacidad del tutor para observar a su mascota por diversos motivos: trabajo, poco tiempo, distracción o incluso desinterés. Estas situaciones pueden hacer complicada la etapa de anamnesis. Por ejemplo, llega a consulta un gato que pasa la mayor parte del tiempo fuera de casa y si se le pregunta al tutor del paciente: “¿Ha observado si su gato ha vomitado?”, la respuesta puede ser “no”, no porque no haya ocurrido, sino porque simplemente no ha tenido la fortuna de observar con atención. Esta situación por parte del tutor obstaculiza la posibilidad de obtener información importante para el diagnóstico. Otro ejemplo es cuando, los propietarios o tutores cuya naturaleza es introvertida, requieren que el médico tenga buenas habilidades de comunicación para obtener la información necesaria. A pesar

de esto es muy común encontrar casos de pacientes que se les otorgó el alta porque carecen de detalles importantes, lo cual puede afectar tanto al paciente como a su médico de atención primaria u otros veterinarios en su cuidado, durante el proceso de remisión a especialidades veterinarias. Esta falta de detalles suele estar relacionada principalmente con la historia clínica recopilada durante la anamnesis. Una anamnesis incompleta significa no contar con toda la información necesaria para realizar una evaluación diagnóstica precisa, lo que a su vez puede influir en la precisión del diagnóstico final y en la calidad general del cuidado médico proporcionado.

A pesar de lo anterior, el desarrollo de un Expediente Clínico Orientado a Problemas (ECOP) se realiza de forma lógica, sistemática y ordenada en la resolución de casos clínicos. Los informes no solo son un registro de la atención médica brindada, sino también un indicador de la calidad asistencial ofrecida a la mascota.



<b>Diagnósticos presuntivos para cada problema</b>
<b>Tratamiento y Recomendaciones</b>
<b>Investigación sobre el caso y Comentarios</b>
<b>Referencias</b>

Imagen 2.4.2.2. Parte II de reporte de caso clínico, formato utilizado en prácticas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

## **2.5. Desafíos en la Investigación Clínica**

Es muy común que los investigadores clínicos, especialmente en entornos académicos de salud, enfrenten dificultades considerables, principalmente en la clínica veterinaria con temas bioéticos (como se analiza al inicio de este capítulo). Estos desafíos van desde la búsqueda de financiamiento y los procesos de revisión hasta las aprobaciones institucionales. Además, se enfrentan a las dificultades en los procesos de reclutamiento de pacientes y los procesos burocráticos.

Otro desafío, es la falta de precisión conceptual en la evaluación de la calidad de vida, el estado de salud y el estado funcional de la mascota. Es común que estos términos no tengan definición clara ante la perspectiva de los tutores o de la sociedad en general. Los investigadores clínicos suelen buscar una medida de calidad de vida, como si existiera una solución universal para todos los casos. Sin embargo, la evaluación de la calidad de vida, al igual que la salud y la enfermedad, debe ser específica y adaptarse a cada situación y a cada paciente.

Aunque algunas medidas básicas, como la temperatura, peso, masa corporal, son aplicables, muchas otras son relevantes sólo para ciertas mascotas, como la función renal, la función cardíaca, el nivel de dolor o la movilidad. Es crucial que cada investigador defina las dimensiones a evaluar en función de la intervención y los dueños de las mascotas involucradas, seleccionando luego las medidas adecuadas para su estudio.

### **2.5.1. Sesgos internos**

Los sesgos a la validez interna se refieren a factores que pueden distorsionar los resultados de un estudio y afectar su capacidad para establecer una relación causal entre la tecnología o intervención y los resultados observados. Estos sesgos incluyen:

1. Sesgo de selección del paciente: Ocurre cuando los pacientes en los grupos comparados difieren en formas que podrían influir en los resultados, lo que

hace difícil atribuir cualquier diferencia en los resultados únicamente a la tecnología o intervención.

2. Crossover: Sucede cuando hay contaminación entre los grupos de estudio, es decir, cuando los pacientes asignados al grupo de control reciben la tecnología o intervención que se supone que deben evitar, o viceversa. Esto puede distorsionar los resultados al confundir los efectos de la tecnología con otros factores.
3. Errores en la medición de los resultados: Si la técnica utilizada para medir los resultados no es precisa, los resultados pueden ser incorrectos. Por ejemplo, si se diagnostica erróneamente un resultado de interés (como la muerte por una enfermedad específica), los datos pueden ser engañosos.
4. Errores en la determinación de la exposición a la tecnología: Este sesgo ocurre cuando no se registra correctamente quién recibió o no la tecnología o intervención de interés. Los errores en esta determinación pueden tener un efecto similar al crossover, distorsionando los resultados del estudio.

Los errores por determinación de la exposición a la tecnología, son los que en este trabajo importan más ya que al aplicar tecnología y códigos en la resolución de problemáticas es importante que esos errores o sesgos tengan el mínimo porcentaje de error o en su caso un porcentaje de exactitud en un buen diagnóstico.

### **2.5.2. Sesgos externos**

Por otro lado, la validez externa se refiere a la capacidad de generalizar los resultados de un estudio a una población más amplia. Los sesgos a la validez externa incluyen diferencias entre las personas estudiadas en el experimento y aquellas a las que se desean aplicar los resultados (sesgo de población), así como diferencias en la tecnología utilizada en el estudio y la tecnología de interés en la práctica clínica real (sesgo de intensidad). Estos sesgos pueden limitar la aplicabilidad de los resultados del estudio a situaciones clínicas reales.

### 2.5.3. Heurística

Existen problemas complejos en la investigación médica que han llevado al desarrollo de heurísticas<sup>9</sup>, que permiten tomar decisiones basadas en una serie de preguntas simples "sí" o "no", en este caso para el tutor del paciente (mascota). Estas heurísticas son especialmente útiles cuando se trata de evaluar la validez de los estudios y la efectividad de las tecnologías médicas.

La primera heurística se relaciona con los prejuicios inherentes en los estudios. Los investigadores suelen clasificar los sesgos en dos categorías: aceptables e inaceptables. Para cada diseño y cada sesgo, se decide si es aceptable o no, y luego se toma el estudio en consideración o se descarta en función de esa decisión. Sin embargo, es importante destacar que la percepción de lo que constituye un sesgo "aceptable" puede variar entre diferentes personas según sus criterios de rigor científico.

La segunda heurística aborda la dificultad de estimar la magnitud de un efecto observado en un estudio. En lugar de preocuparse por la magnitud real del efecto, se evalúa simplemente si existe algún efecto, basándose en la significación estadística del estudio. Si el resultado es estadísticamente significativo, se considera que hay un efecto, incluso si su magnitud es pequeña o no se ha estimado con precisión.

La tercera heurística se centra en el equilibrio entre el riesgo de rechazar una tecnología efectiva y el riesgo de aceptar una tecnología ineficaz. Aquí, se suele utilizar el valor p como criterio para determinar la efectividad de una tecnología, considerando que un valor p por debajo del 5 por ciento indica una alta probabilidad de que la tecnología sea efectiva. Sin embargo, este enfoque puede ser limitado, ya que no considera otros factores como el tamaño del efecto o el sesgo en el estudio.

En conjunto, estas heurísticas proporcionan un marco simplificado para la toma de decisiones en la investigación médica veterinaria, pero es importante recordar que no

---

<sup>9</sup> Se conoce como heurística al conjunto de técnicas o métodos para resolver un problema. La palabra heurística es de origen griego εὐρίσκειν que significa "hallar" o "inventar".

son infalibles y que cada situación debe evaluarse cuidadosamente en su contexto específico.

#### 2.5.4. Estudio sobre las Prácticas Académicas y profesionales en Diagnósticos Veterinarios

Durante esta investigación se realizó un análisis denominado: *Estudio sobre las Prácticas Académicas y profesionales en Diagnósticos Veterinarios*; este estudio se hizo con el objetivo de conocer con más certeza la situación académica y profesional en México, pero sobre todo en la UNAM los desafíos que enfrentan. A continuación se analizan los resultados más relevantes.

Dentro de los primeros resultados, se identificó que filtrar información relevante representa una dificultad significativa. De acuerdo con la encuesta, el 50% de los participantes considera que, con frecuencia, les resulta complicado identificar información relevante en casos clínicos poco comunes debido a la gran cantidad de datos disponibles. La forma en cómo los encuestados selecciona y filtra la información lo hacen por tema, palabras clave y fuentes.

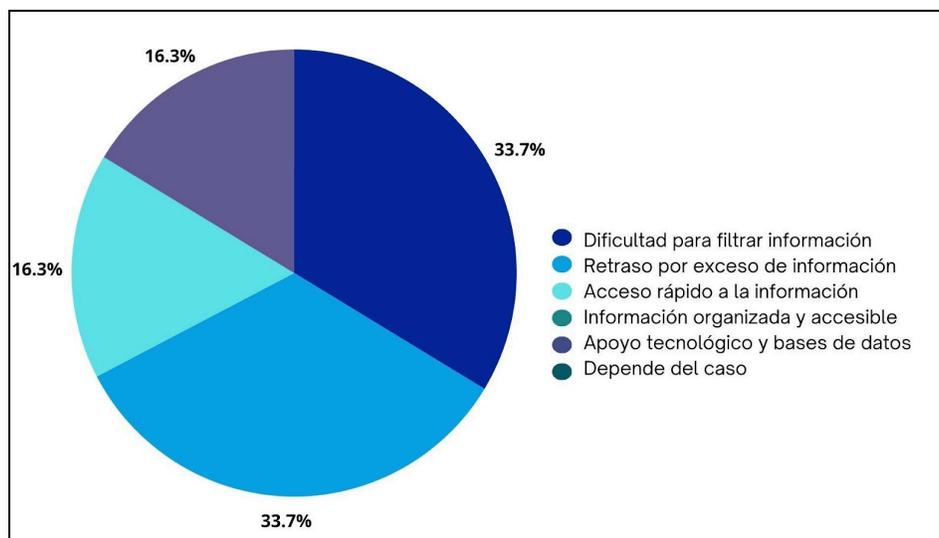


Imagen 2.5.4.1. Porcentaje de personas en el campo de veterinaria que se les complica filtrar información de caso clínicos.

Este es uno de los principales desafíos en el ámbito de la salud animal, impactando de manera directa tanto a estudiantes como a profesionales en su práctica diaria. Sin embargo, es uno de los datos más importantes de esta investigación ya que proporciona una justificación válida para el desarrollo del sistema planteado.

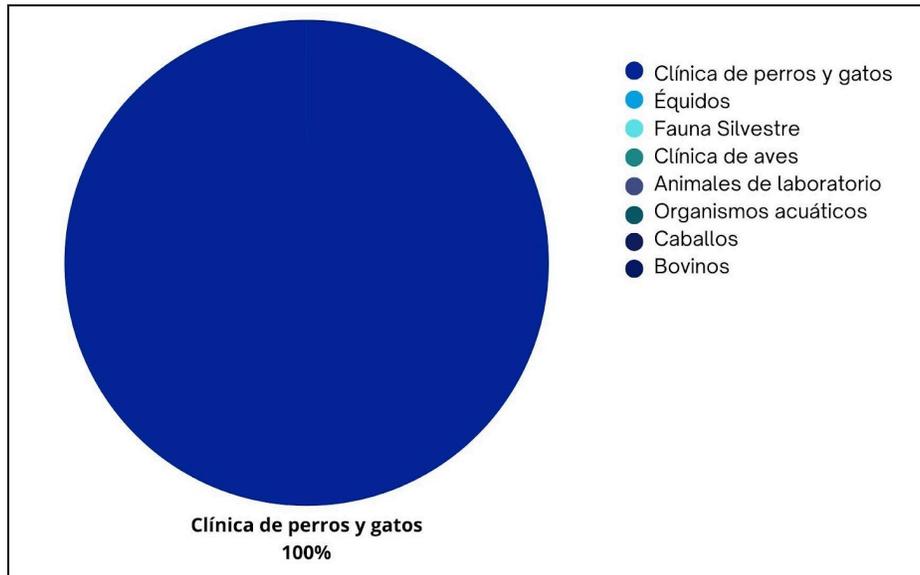


Imagen 2.5.4.2. Porcentaje de preferencia de especialidades.

El análisis de las encuestas revela que la formación y práctica veterinaria se concentran mayoritariamente en pequeñas especies (perros y gatos), reflejando las preferencias tanto de profesionales como de estudiantes. Esta tendencia coincide con la composición de mascotas en los hogares, donde el 76% de los encuestados tiene perros y el 31.4% gatos, mientras que otras especies como aves (13.7%) y reptiles presentan menor prevalencia.

Uno de los participantes del *Estudio sobre las Prácticas Académicas y Profesionales en Diagnósticos Veterinarios* señaló una dificultad frecuente al buscar información clínica específica por especie:

*“El problema que luego hay es que tenemos que excluir información por especie. Así que, por ejemplo, busco algún padecimiento en aves y me arroja todo en perros, y no me sirve. Aun excluyendo ciertas palabras, es difícil. Hay un exceso de información, pero no toda es útil [...]”.* (Participante anónimo, *Estudio sobre las Prácticas Académicas y Profesionales en Diagnósticos Veterinarios*, 2025).

Este testimonio refleja una problemática común en la búsqueda de información clínica relevante por especie, lo que refuerza la necesidad de desarrollar el sistema planteado.

Uno de los principales desafíos en este campo, como se mencionó anteriormente, es la comunicación entre los médicos veterinarios y los tutores de las mascotas. La mayoría de los tutores acuden al veterinario solo en situaciones de emergencia, lo que dificulta una atención preventiva adecuada. Según la perspectiva de los médicos veterinarios encuestados, el 50% considera que estos casos de emergencia se deben principalmente a la negligencia por parte de los tutores. Esta situación no solo complica el diagnóstico del padecimiento real de la mascota, sino que también se agrava por la cantidad abrumadora de información que debe ser analizada y filtrada en poco tiempo.

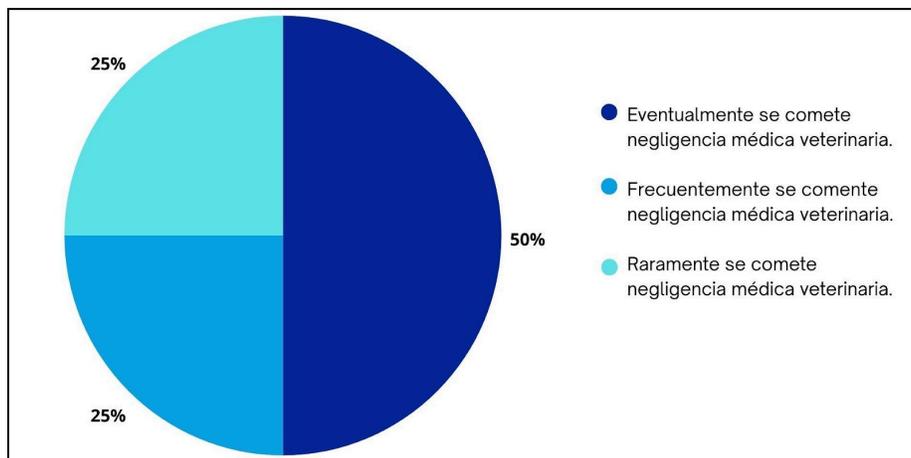


Imagen 2.5.4.3. Porcentaje de especialistas que consideran que existen negligencias por parte de tutores de las mascotas.

Los expertos en salud animal enfrentan una variedad de desafíos significativos, que incluyen la falta de comunicación efectiva con los tutores o dueños de las mascotas, la alta carga de trabajo, y el acceso limitado o restringido a información relevante. Estos factores no solo dificultan la atención adecuada, sino que también afectan la eficiencia en el diagnóstico y tratamiento, creando barreras para un cuidado óptimo de las mascotas.

*“A client contacts you after a distressing incident in an emergency clinic with her 8-year-old English bulldog. The dog has some respiratory compromise typical of the breed but has led a moderately active life. On this occasion, it jumped off a bed, vomited, and aspirated. The owner took the dog to the emergency clinic where it was sedated and intubated. The owner was then presented with 2 options: a palate shortening surgery or euthanasia. The owner was not willing to do the surgery on both financial grounds and the concern for subjecting an older dog to an invasive procedure after a functional life. She felt badgered into making a decision she felt was not in the dog's best interest. Eventually, after signing a waiver, the dog was extubated and recovered at home. Is there a danger that as veterinary care advances, that the only option given to owners is the “gold standard” of care? How much weight can be given the owners' wishes and history with their animal in case of emergencies?”*  
Veterinary Medical Ethics. (2023, 1 marzo).  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9979722/>

Según un estudio realizado por Royal Canin, se presentan los siguientes datos ante consultas veterinarias:

1. **Precio (51%):** La principal queja, con más de la mitad de las respuestas, está relacionada con el costo de los servicios veterinarios.
2. **Atención médica (31%):** Un 31% de las personas señalaron que la atención médica brindada a sus animales fue insatisfactoria.
3. **Interacción desagradable (13%):** El 13% de las experiencias negativas fueron causadas por una interacción desagradable con el veterinario.
4. **Otra (5%):** Un 5% mencionó otros factores que no están especificados en la gráfica.

En este trabajo, se centra en el primer y cuarto punto, ya que son factores clave para obtener un diagnóstico favorable. La encuesta fue realizada a dueños de animales que, al menos una vez en la vida de su mascota, han visitado a un veterinario. Se observa una relación directa entre el alto índice de insatisfacción con la atención médica y la interacción desagradable, sumando un total de 44%. Este dato refleja una mala práctica por parte de algunos médicos veterinarios, lo que constituye casi la mitad de las respuestas, señalando una experiencia negativa en la consulta. En la figura 2.3.4.4 se muestran los porcentajes de dicha encuesta.

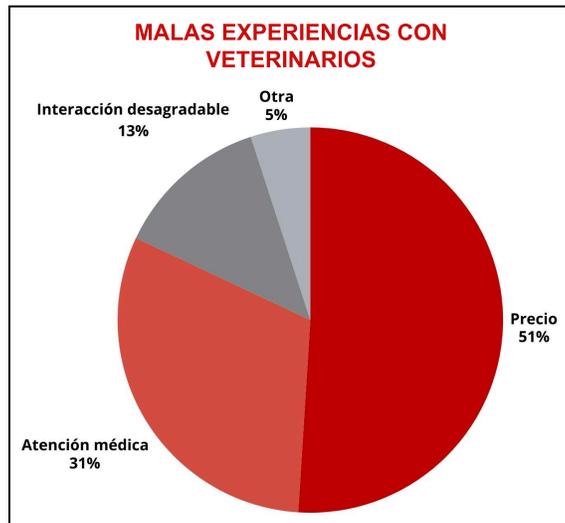


Figura 2.5.4.4. Resultados de malas experiencias con veterinarios. Recuperado de: <https://vetfocus.royalcanin.com/es/cientifico/los-principales-retos-de-la-profesion-veterinaria>

El diagnóstico sigue dependiendo fundamentalmente de la interacción personal médico-mascota (y familia), junto con la suficiente comunicación entre ellos, la precisión de la historia y el examen físico del paciente, y la energía cognitiva necesaria para sintetizar una amplia gama de información. (Kassirer, 2014, p. 12).

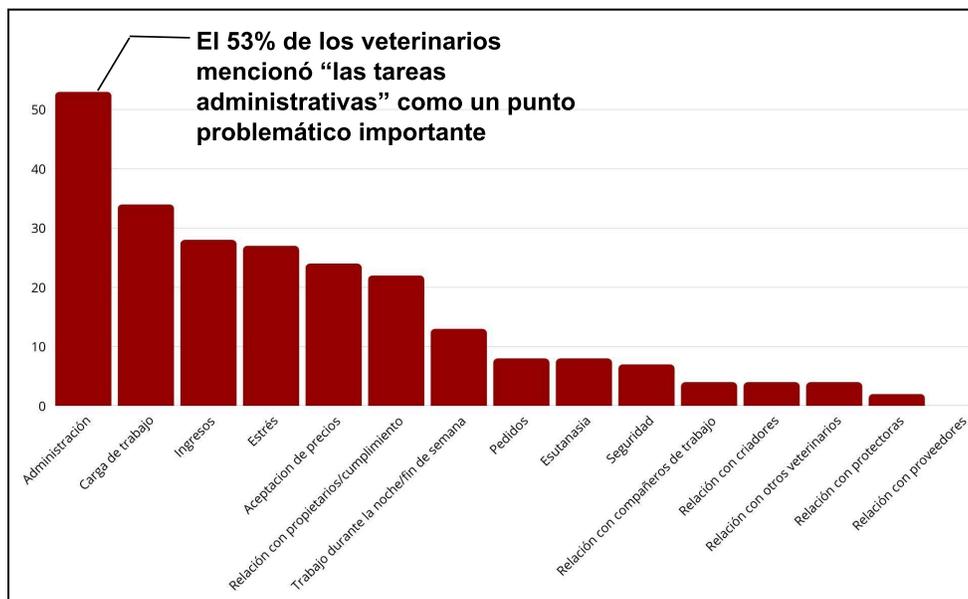


Imagen 2.5.4.5. Principales puntos problemáticos de los veterinarios según la encuesta y que se clasificaron para mostrar los motivos de preocupación principales.

Recuperado de: <https://vetfocus.royalcanin.com/es/cientifico/los-principales-retos-de-la-profesion-veterinaria>

En la Figura 2.3.4.5, se observa que la carga de trabajo y el estrés son algunos de los principales problemas que afectan negativamente la atención médica veterinaria. A esto se suma un 53% de problemas administrativos, lo que destaca una mala gestión en los casos clínicos. Esta combinación de factores contribuye a una mala práctica durante las consultas veterinarias.

## **2.6. Instituciones en el sector de la Salud Veterinaria**

En este tema se analizan algunas de las entidades responsables del sistema de salud animal. Aunque no todas estas instituciones tienen como enfoque principal la medicina veterinaria, desempeñan un papel crucial en este ámbito, asumiendo diversas responsabilidades relacionadas con la salud y el bienestar animal.

La SENASICA<sup>10</sup>, es una institución mexicana que forma parte de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SEDER), se encarga de la sanidad animal y vegetal en México, supervisando la calidad y seguridad de los productos agroalimentarios, incluidas las actividades veterinarias, y velando por la salud animal y la inocuidad alimentaria en el país.

La Matriz de Indicadores para Resultados (MIR), es una herramienta que es utilizada en la gestión de proyectos y programas en el ámbito de la salud animal. Esta matriz establece indicadores de desempeño que facilitan el monitoreo y la evaluación sistemática de las actividades implementadas, como es el caso del Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (PSIA). Sin embargo, estos indicadores de la matriz solo evalúan la parte de sanidad.

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, cuenta con acreditaciones AVMA<sup>11</sup>, en esta acreditación la Facultad de Veterinaria, cumple con

---

<sup>10</sup> Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

<sup>11</sup> Representa el más alto nivel de logro para la educación médica veterinaria en los Estados Unidos. Las instituciones que obtienen la acreditación confirman su compromiso con la calidad y la mejora continua a través de una revisión por pares rigurosa y completa.

los siguientes estándares:

1. **Estándar 5, Recursos de información:** Este estándar establece que se deberá cumplir con el acceso oportuno a los recursos de información y a los profesionales de la información, deberá estar disponible para los estudiantes y el profesorado en el campus. La facultad tendrá acceso a los recursos humanos, digitales y físicos para la recuperación de literatura veterinaria y de apoyo relevante, así como también para el desarrollo de materiales educativos. En este caso también son considerados recursos de información y literatura veterinaria, a los recursos TICs.
2. **Estándar 10, Programas de Investigación:** La facultad deberá mantener actividades sustanciales de investigación de alta calidad, las cuales integren y fortalezcan el programa profesional. Lo cual fortalece el *Estándar 5 Recursos de la información*
3. **Estándar 11, Evaluación de Resultados:** Este estándar establece puntos importantes que en la práctica profesional, suelen ser los retos del MVZ. La facultad deberá establecer una serie de procesos a través de los cuales los estudiantes sean observados y evaluados:
  - Diagnóstico integral del paciente (habilidades para resolver problemas), uso apropiado de pruebas diagnósticas y manejo de registros.
  - Análisis crítico de nuevos tipos de información y descubrimientos científicos relevantes dentro de la medicina veterinaria.

Al igual que la UNAM cuenta con certificaciones, estas mismas certificaciones y prácticas de enseñanza deben ajustarse y alinearse conforme al listado de leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas, acuerdos y demás disposiciones normativas que regulan y tienen relación directa con las actividades y el ejercicio profesional del Médico Veterinario Zootecnista. A pesar de ello, no existen instituciones o normativas que establezcan o hablen sobre las negligencias en las prácticas veterinarias, por lo que es un tema aislado en el que existe un vacío, tal vez no educativo pero sí profesional y legal.

## **2.7. Conclusiones del capítulo 2**

En conclusión, tanto el trabajo de un veterinario como el de un estudiante de medicina veterinaria, se enfrentan a desafíos a lo largo de sus carreras profesionales y académicas. Uno de los aspectos más importantes que se enseña a los veterinarios, es la habilidad de investigar, ya que constituye la base de todo su conocimiento y trabajo. Esto se refleja no solo en la elaboración de expedientes clínicos, sino también en la evolución y mejora de los animales a su cargo.

Es crucial comprender que el trabajo de investigación y diagnóstico suele seguir un camino arduo y demanda tiempo extenso, dado que la información necesaria no siempre es fácil de deducir (un aspecto esencial para cualquier médico). Se requiere un orden y una metodología rigurosa para realizar un diagnóstico diferencial preciso, y para ello es esencial.

# **CAPÍTULO 3**

## **Retos sociales y tecnológicos en la medicina veterinaria mexicana**

*"El hombre no es un estado definitivo: es un proceso, una  
transición; un puente y no un fin."  
(El fenómeno humano, 1955).*

### **3.1. Introducción**

En México, el sector veterinario es crucial pero enfrenta desafíos como la falta de recursos y la inequidad en el acceso a la atención veterinaria. Es esencial entender la estructura y los problemas del sistema de salud, así como el interés creciente de estudiantes de ingeniería en aplicar sus conocimientos en este campo. Este interés se centra en resolver problemas de salud animal y desarrollar tecnologías médicas innovadoras. Analizar estos aspectos proporcionan información clave para mejorar la calidad y accesibilidad de la atención médica en el país.

### **3.2. Tecnologías y Herramientas en el Proceso de Diagnóstico**

En el proceso de diagnóstico interviene una amplia variedad de tecnologías y herramientas, pero el enfoque principal del capítulo son las herramientas de tecnología de la información sanitaria (TI para la salud). La tecnología para la salud cubre una amplia gama de tecnologías utilizadas en la atención médica, incluidos registros médicos electrónicos (EHR, por sus siglas en inglés), apoyo a las decisiones clínicas, herramientas de participación del paciente, ingreso computarizado de pedidos de proveedores, sistemas de información de imágenes médicas y de laboratorio, intercambios de información de salud y dispositivos médicos.

La TICs médicas desempeña funciones clave en varios aspectos del proceso de diagnóstico: capturar información sobre un paciente que informa el proceso de diagnóstico, incluida la historia clínica y la entrevista, el examen físico y los resultados de las pruebas de diagnóstico; dar forma al flujo de trabajo y la toma de decisiones del médico en el proceso de diagnóstico; y facilitar el intercambio de información.

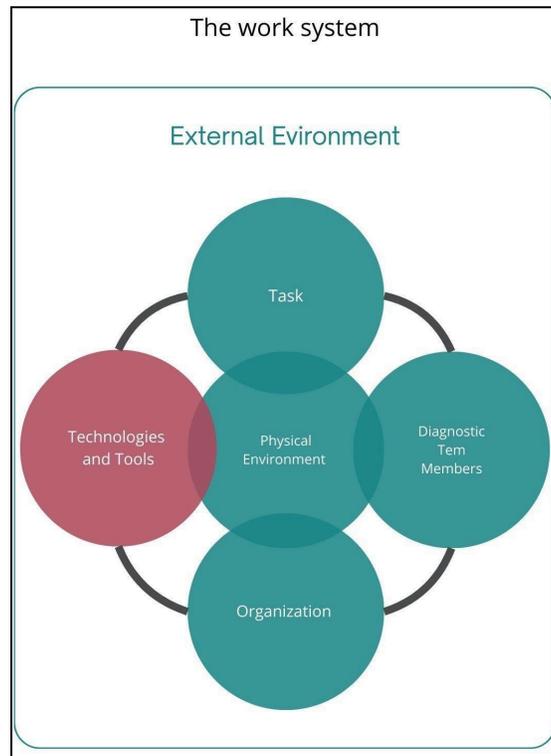


Figura 3.3.1. Las tecnologías y herramientas son un elemento importante del sistema de trabajo en el que se produce el proceso de diagnóstico. Recuperado de: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK338590/#sec\\_00112](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK338590/#sec_00112)

El diseño de las TICs en salud tiene el potencial de apoyar el proceso de diagnóstico. En particular, al apoyar a los involucrados en el proceso de diagnóstico y las tareas que realizan, la TIC médica puede mejorar el rendimiento del diagnóstico y reducir la posibilidad de errores de diagnóstico. La creciente complejidad de la atención veterinaria ha requerido que los profesionales de la salud conozcan y apliquen grandes cantidades de información, y estas demandas están superando la capacidad cognitiva humana y contribuyendo a los desafíos en el diagnóstico. En el artículo *11 technologies veterinary practices can adopt today*, publicado por American Veterinary Medical Association, enlista las principales tecnologías que hasta el 2023, prometieron ayudar a mejorar la atención y el monitoreo del paciente. En la lista que presenta la AVMA, existen 3 casos particularmente interesantes para el desarrollo de esta investigación:

- A. Radiografía digital: Las tecnologías como el aprendizaje automático se están utilizando en medicina veterinaria para detectar, delinear y clasificar características específicas en imágenes diagnósticas, incluyendo radiografías, ultrasonidos, tomografías computarizadas (CT, por sus siglas en inglés) y resonancias magnéticas. Según un artículo publicado en JAVMA en marzo de 2022, esto es posible gracias a que una gran cantidad de datos e informes relacionados están digitalizados, facilitando su análisis mediante IA.
- B. Prácticas sistemas de gestión de la información: Los sistemas de gestión de

información de práctica (PIMS, por sus siglas en inglés) modernos se han convertido en un elemento básico de la práctica, bien vale la pena la configuración inicial y la incorporación—, especialmente para las prácticas que aún no han hecho el cambio de los registros en papel a lo digital.

- C. Inteligencia artificial para tareas rutinarias: La inteligencia artificial tiene gran potencial de transformar la práctica veterinaria, comenzando por hacer que las tareas rutinarias sean más eficientes. Un ejemplo multifuncional son las plataformas digitales que emplean un chatbot de IA para optimizar los flujos de trabajo y ayudar a administrar las comunicaciones de los clientes.

La inteligencia artificial tiene el potencial de detectar, predecir y clasificar enfermedades mediante el análisis de fotografías, videos, diapositivas patológicas o datos provenientes de dispositivos portátiles. Sin embargo, es importante comprender que las herramientas de diagnóstico basadas en inteligencia artificial se emplean como e interpretaciones diagnósticas de los veterinarios. Como ocurre con otras pruebas diagnósticas, estas herramientas pueden generar resultados falsos positivos o negativos, lo que refuerza la necesidad de utilizarlas con criterio profesional.

En el *Estudio sobre Prácticas Académicas y Profesionales en Diagnósticos Veterinarios*, se analizó la relación de especialistas y estudiantes del campo veterinario con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Los resultados muestran que la mitad de los encuestados no están familiarizados con habilidades tecnológicas avanzadas, lo cual se debe a diversas razones, tanto educativas como profesionales.

A pesar de que esta población reconoce la importancia de las TIC en el ámbito veterinario, muchos carecen de las competencias necesarias más allá de lo aprendido durante su formación académica. Asimismo, la mayoría de los encuestados admitió no estar familiarizada con el uso de inteligencia artificial aplicada a la medicina veterinaria. Sin embargo, consideran que estas herramientas son valiosas, ya que, aunque no reemplazan el trabajo del veterinario, pueden complementar de manera significativa sus actividades, mejorando la precisión y eficiencia en el diagnóstico.

En este estudio, aplicado a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se identificaron tendencias en cuanto a las preferencias laborales una vez que los alumnos se gradúen. De un total de 250 estudiantes encuestados, el 40% manifestó interés en desempeñarse en el sector salud, revelando una preferencia destacada por esta área profesional.

Este resultado llama la atención, especialmente considerando que otro segmento significativo de la población estudiantil, equivalente al 33.33%, manifiesta una falta de atracción por el sector salud. Por otro lado, un grupo considerable, representando el 26.7% de los encuestados, indica una actitud de conformidad hacia la posibilidad de laborar en este sector siempre que haya oportunidades de empleo disponibles, como se manifiesta en la siguiente imagen:

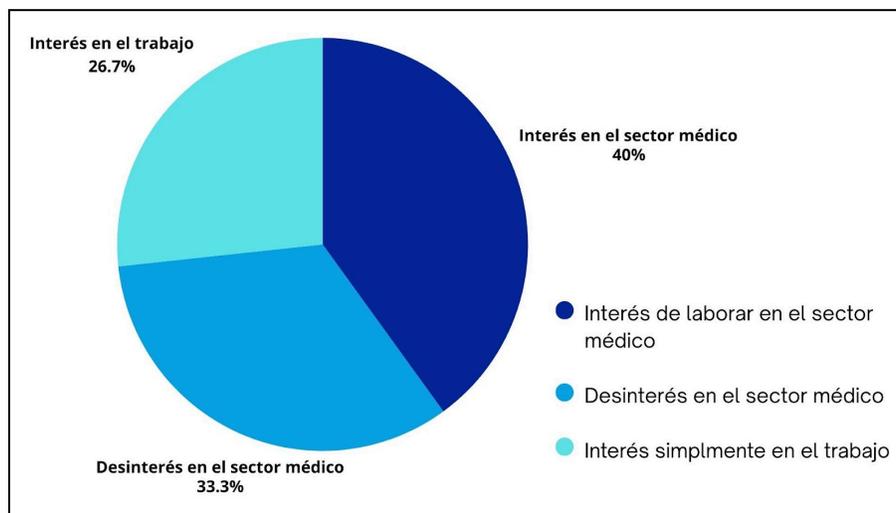


Figura 3.3.2. Porcentaje de interés de estudiantes de Ingeniería de la UNAM en el sector salud.

Las siguientes cifras indican que el 60% de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería creen que se puede ayudar al sector salud "Creando nuevos sistemas de software para mejorar el sistema de salubridad". Mientras tanto, el resto de los estudiantes tienen diferentes opiniones: el 13.3 % piensa que pueden contribuir al sector "Ayudando a mejorar las máquinas con ayuda de biomédicos", y el 27.7 % considera que pueden contribuir "Ayudando a la investigación de nuevos problemas médicos que se pueden solucionar con tecnología".

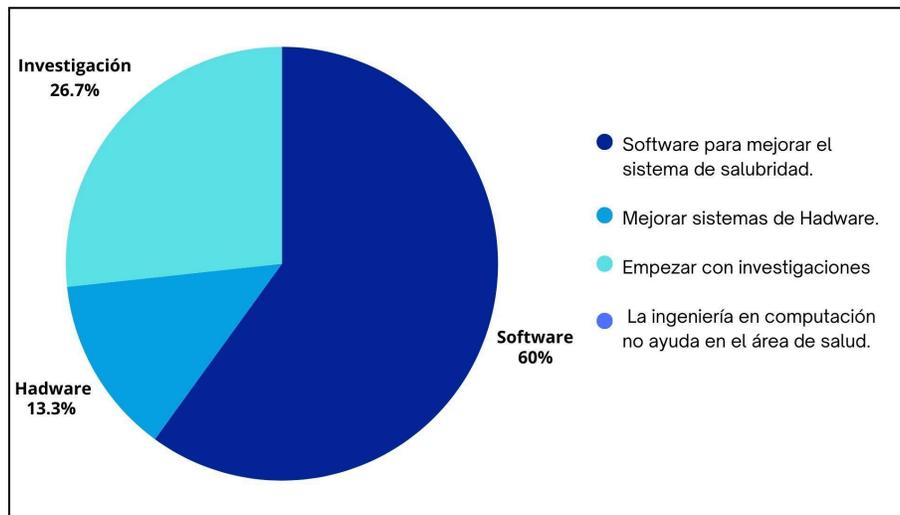


Figura 3.3.2. Porcentaje de opinión de estudiantes de Ingeniería de la UNAM en el sector salud, para poder mejorarlo.

El interés de los estudiantes en el área médica es significativo. Sin embargo, a pesar de la existencia de una carrera enfocada específicamente en el sector médico (ingeniería biomédica), muchos de los encuestados pertenecen a la ingeniería en computación. La principal barrera que enfrentan es la falta de un campo de especialización médica dentro de esta ingeniería. Como resultado, aunque muchos de ellos desean incursionar en el ámbito de la salud, no encuentran una dirección clara sobre cómo aplicar sus conocimientos y habilidades en este campo.

### 3.3. Necesidades sociales

Las necesidades sociales, son parte de la formación profesional de un ingeniero. La Facultad de Ingeniería de la la UNAM, tiene en su plan de estudio la enseñanza del área de Humanidades, a lo largo de la carrera se cursan materias como: *Igualación de género*, *Redacción y exposición de temas de ingeniería, cultura y comunicación*, *Introducción a la economía*, *Ética profesional*, *Recursos y necesidades de México*, entre otras. El objetivo principal por el que se imparten estas materias enfocadas a las

ciencias sociales, es preparar a futuros profesionistas con la capacidad de convertirse en agentes de cambio, con un criterio comprometido a la solución de problemas complejos. Al mismo tiempo, se busca formar profesionistas que tengan el compromiso de servir a la sociedad y mantenerse actualizados en los campos correspondientes a la carrera.

Además del objetivo central, la investigación aborda cómo los avances en inteligencia artificial pueden adaptarse a las necesidades particulares del diagnóstico veterinario, considerando limitaciones como la diversidad terminológica clínica y la calidad de los registros médicos animales. Por lo anterior, es necesario entender el contexto social que engloba este tema. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2021 presentó los resultados del primer ciclo de la Encuesta Nacional sobre Bienestar Autorreportado, (ENBIARE). Esta encuesta permite conocer aspectos de la vida personal, familiar, laboral y social, esto a nivel del bienestar poblacional en México. Dentro de los resultados capturados, se obtuvieron algunos datos interesantes pero sobre todo importantes en el contexto social:

1. Nivel de hogares: En México hay un total de 25 millones de hogares con mascotas, lo que representa el 69.8% de las familias mexicanas tienen por lo menos un tipo de mascota.
2. Mascotas en México: Se tiene un conteo aproximado de 80 millones de mascotas en México que viven en hogares como se observa en la imagen 3.3.1:
  - a. 43.8 millones de ellas son caninos
  - b. 16.2 millones felinos
  - c. 20 millones una variedad miscelánea de otras mascotas pequeñas.
3. Empatía hacia otros: el 85.7 % de la población mexicana mostró empatía hacia la naturaleza (flora y fauna). Y ha hecho por lo menos una acción para evitar la crueldad animal y/o cuidar plantas y árboles en su entorno.

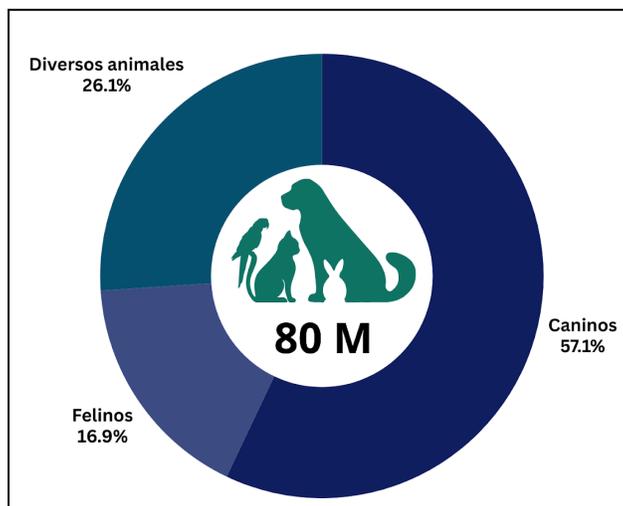


Imagen 3.3.1. Porcentaje aproximado de mascotas en México con hogar.

Económicamente, el mercado Pet Friendly representa uno de los nichos que más aporta al país con el 1.6% del Producto Interno Bruto. En 2019, este sector generó 35 millones de dólares y a su vez generó 900 mil empleos alrededor de todo el país. Tres años después, esta industria creció a 2,455 millones de dólares en inversión. En la siguiente imagen se muestra el gasto mensual de quienes tienen mascotas, según el periódico *El economista* (imagen 3.3.2):

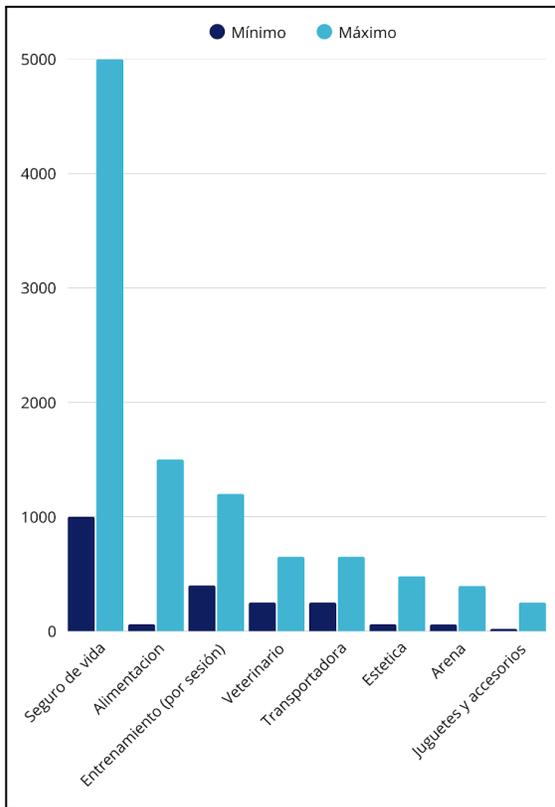


Imagen 3.3.2. Gasto promedio en mascotas en México.

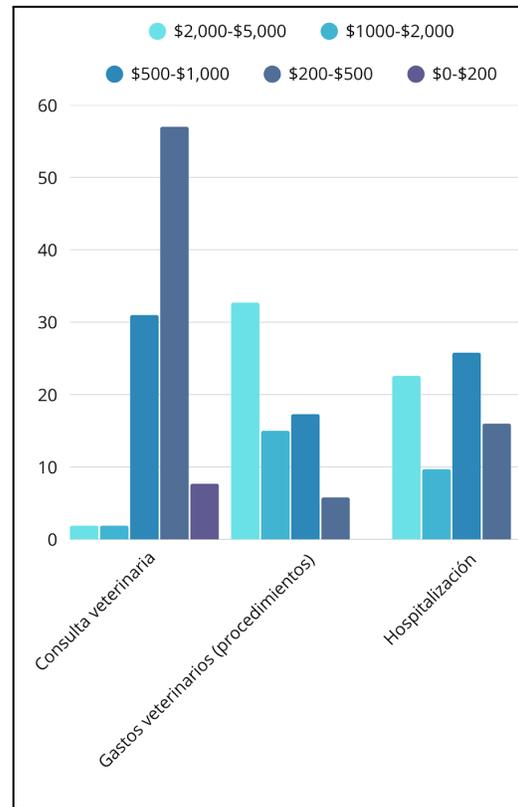


Imagen 3.3.3. Análisis de las Necesidades de Salud y Atención Veterinaria en Mascotas desde la Perspectiva del Propietario: Gasto promedio en veterinarios en México.

Según la gráfica de la imagen 3.3.2, el mayor gasto que tienen los tutores de las mascotas es el seguro de vida, la alimentación y el entrenamiento. Sin embargo, durante esta investigación también se llevó a cabo un análisis desde la perspectiva de los tutores, denominado: *Análisis de las Necesidades de Salud y Atención Veterinaria en Mascotas desde la Perspectiva del Propietario*, los resultados se pueden mostrar en la imagen 3.3.3. Aunque las necesidades de cada mascota son diferentes, al igual que las situaciones económicas de sus tutores. Si bien para los tutores este gasto puede llegar a ser significativo, desde la perspectiva del sector veterinario se traduce en una fuente de ingresos rentable y en crecimiento constante. Lo que hace que la economía crezca y sea circular, lo cual resulta benéfico.

Existe un tema más por indagar, el cual es la sanidad. La sanidad tanto pública como animal están estrechamente relacionados y esta relación está a cargo del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), el Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal (CONASA) y el Comité Consultivo

Nacional de Normalización de Protección Zoosanitaria (CONAPROZ), y tienen como objetivo de mantener y mejorar el estatus zoonosario del país a través de la prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan en sectores como: pecuarios, acuícolas y pesqueros; además de evitar afectaciones en la salud pública y la economía nacional.

En el año 2021, el Diputado Héctor Díaz Polanco quien ocupaba el cargo de Presidente de la mesa directiva del congreso de la Ciudad de México, realizó una iniciativa contra el maltrato y abandono animal, algunos de los datos presentados en la propuesta ya se han hablado en este trabajo, sin embargo, existe otro dato relevante que afecta directamente a la sociedad y es que 500 mil perros y gatos son abandonados en la Ciudad de México, cada año. La mayoría no están esterilizados, lo que causa sobrepoblación por lo menos en estas dos especies de animales. Esta situación no solo afecta el bienestar animal, también representa un problema de salud pública y ambiental.

El abandono de perros genera un aproximado de 700 toneladas de heces al día, alrededor de toda la ciudad, con la posibilidad de transmitir más de 100 enfermedades. Esta contaminación afecta directamente la salud de la población, sobre todo en zonas con poca higiene urbana. Una de las principales causas es el tema monetario, el cual está vinculado a otras dos razones: salud animal y vejez de la mascota.

Dentro de los datos encontrados se encuentra que 9 de cada 10 perros que ingresan a “albergues” son sacrificados, lo que refleja la falta de soluciones sostenibles y el colapso de los centros de rescate; y aunque estas son prácticas que formalmente deberían de estar eliminadas, al día de hoy se siguen haciendo.

El abandono animal no es solo un problema ético, sino es una crisis de salud pública que involucra educación social. Es por eso que es una necesidad y un problema, tanto para las personas que tienen por lo menos una mascota como para aquellas que no tienen.

### **3.4. Conclusiones del capítulo 3**

A lo largo de los años, México ha enfrentado desafíos significativos en la búsqueda de un sistema de salud veterinaria eficaz. Como respuesta a esta necesidad, se establecen instituciones públicas con el fin de brindar una atención más accesible a la población en materia de salud animal. Es importante destacar que el sistema veterinario mexicano tiene una trayectoria de aproximadamente 70 años, sin embargo, en comparación con otros países, no ha alcanzado posiciones deseables en los rankings de eficiencia sanitaria.

Uno de los principales obstáculos que enfrenta radica en la negligencia médica veterinaria al diagnosticar y tratar diversas enfermedades o condiciones veterinarias, muchas veces derivada de una deficiente gestión de expedientes clínicos. Por ello, resulta imperativo abordar los problemas del sector animal desde una perspectiva alternativa, como lo es la ingeniería. Aunque algunos pueden argumentar que son áreas que no se complementan, la realidad es todo lo contrario, y este es precisamente el propósito de este proyecto.

# CAPÍTULO 4

## Procesamiento Digital de Imágenes

*"Todo fluye. Todo está en movimiento y nada dura eternamente.  
Por eso no podemos descender dos veces al mismo río, pues  
cuando desciendo al río por segunda vez, ni yo ni el río somos los  
mismos." (Heráclito de Éfeso, siglo VI a. C.)*

## **4.1. Introducción**

En este capítulo se estudia el origen y la necesidad del Procesamiento Digital de Imágenes (PDI), a partir de la naturaleza humana. Para ello, se retoman fundamentos esenciales sobre el funcionamiento del ojo humano y la capacidad que tiene para interpretar estímulos visuales. El procesamiento digital de imágenes, surge como necesidad de estudiar las imágenes con mayor precisión y profundidad, lo que permite extraer información importante que va más allá de lo que el ojo humano es capaz.

De igual forma, se abordan conceptos fundamentales como la teoría del color, los píxeles, los distintos tipos de imágenes y las etapas del procesamiento de la información visual. Se establece un vínculo con el lenguaje natural, ya que ambos campos comparten el objetivo de traducir información compleja en datos digitales.

## **4.2. Procesamiento Digital de Imágenes (PDI)**

El procesamiento digital de imágenes (PDI), es el conjunto de técnicas y procesos para descubrir o resaltar información contenida en una imagen digital usando como herramienta principal una computadora; el campo del procesamiento digital de imágenes se refiere al procesamiento de imágenes digitales mediante una computadora digital.

El PDI es un área de investigación muy específica en computación y está muy relacionada con el procesamiento digital de señales. Esta relación estriba en el hecho de que en esencia el PDI es una forma muy especial del procesamiento digital de señales en dos o tres dimensiones. El interés en el estudio del PDI se basa en dos áreas de aplicación primordiales:

1. El mejoramiento de la calidad de la información contenida en una imagen con el fin de que esta información pueda ser interpretada por los humanos.

2. El procesamiento de los datos contenidos en un escenario a través de una máquina de percepción autónoma.

Antes de profundizar más en el procesamiento de imágenes, es importante definir lo que es una imagen. Una imagen puede definirse en diferentes áreas de estudio, sin embargo, en sistemas computacionales se puede definir como una función bidimensional que es la representación visual de un objeto:  $f(x,y)$ , donde  $x$  y  $y$ , son las coordenadas espaciales en el plano, y la amplitud de  $f$ , para cualquier par de coordenadas  $(x,y)$  es el nivel o escala de grises de la imagen en ese punto como se muestra en la imagen 4.2.2.

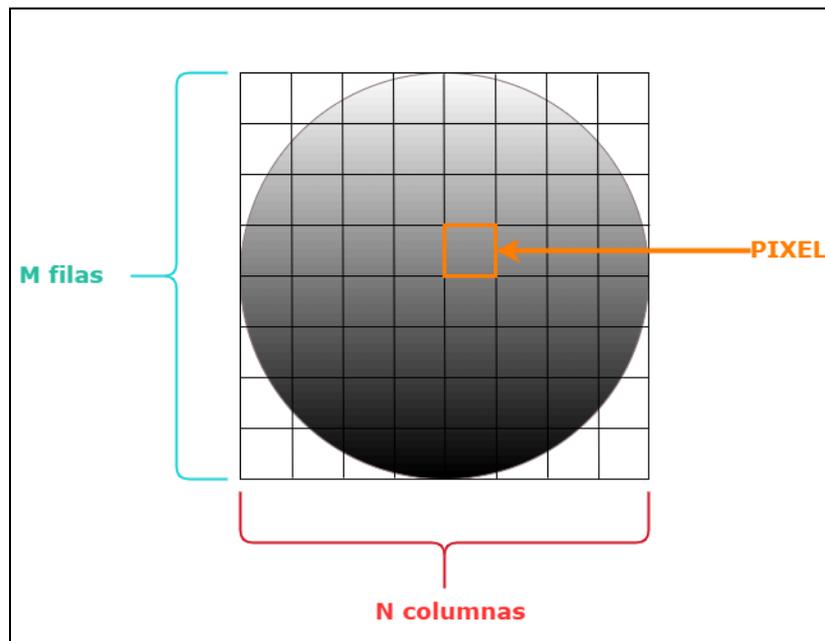


Imagen 4.2.1. Representación de una imagen digital en formato de matriz.

Una imagen se denomina digital cuando tanto los valores de amplitud de  $f$  como las coordenadas  $(x,y)$  son finitos y discretos. Este término se cumple si y sólo si, los valores de las coordenadas  $(x, y)$  y de la amplitud  $f(x, y)$  están cuantizados, es decir, son limitados (finitos) y toman valores definidos en un conjunto discreto (no son continuos y están separados por intervalos definidos).

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,N-1) \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (4.2.1)$$

Las imágenes digitales están compuestas por un número infinito de elementos, cada uno está ubicado en un valor particular de la función  $f(x,y)$ . A estos elementos se les llama *elementos* de imagen digital pero mejor conocidos *pixeles*<sup>12</sup>. La información que guardan los pixeles es la intensidad promedio de tonos en escalas grises. En la ecuación (4.2.1), el lado derecho representa la notación de las coordenadas, donde M son las filas y N las columnas, lo cual determina el origen del punto  $f(0,0)$ .

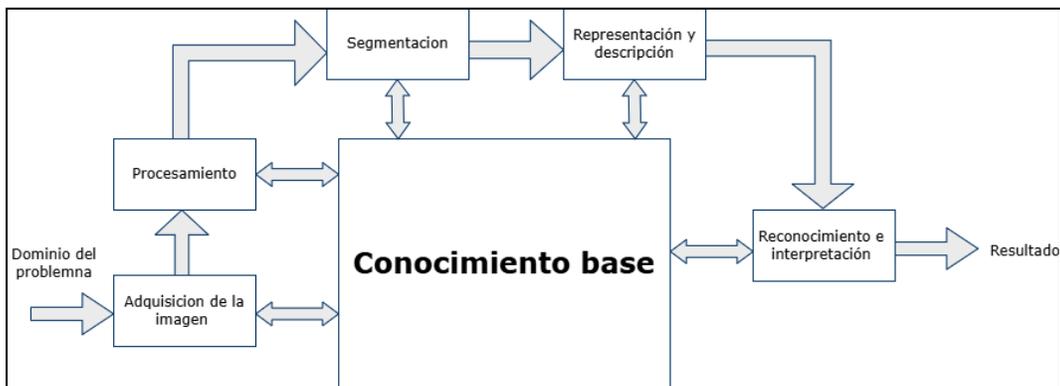


Imagen 4.2.2. Diagrama de funcionamiento en el procesamiento de imágenes.

En la imagen 4.2.2, se muestra un diagrama en el que se explica como funciona PDI. La adquisición de imágenes digitales es el primer paso en el procesamiento de imágenes y consiste en obtener una imagen utilizando un sensor que captura la información visual y la convierte en datos digitales. Dependiendo del tipo de sensor, la forma en que se obtiene la imagen puede variar. Por ejemplo, una cámara de televisión, ya sea en blanco y negro o a color, genera una imagen completa aproximadamente cada  $\frac{1}{30}$  de segundo, capturando todo el campo visual de una vez. Por otro lado, un escáner funciona de manera diferente, ya que captura una línea de la imagen a la vez y, al

<sup>12</sup> Un píxel es la unidad más pequeña que compone una imagen digital

moverlo sobre el objeto, construye la imagen completa poco a poco.

Si el sensor no genera directamente una señal digital, se utiliza un dispositivo llamado convertidor analógico/digital, que transforma la señal continua en datos digitales que puedan ser procesados por una computadora, como se muestra en la imagen 4.2.3. El tipo de sensor se elige en función del tipo de imagen a procesar. Por ejemplo, para documentos físicos que requieren reconocimiento de texto, los escáneres de escritorio son ideales por su alta resolución y precisión, lo cual mejora los resultados del sistema de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y, en consecuencia, la calidad del análisis automatizado de textos clínicos. Este paso es importante porque define la calidad de la imagen inicial, que será la base para todas las etapas posteriores de análisis y procesamiento. Una buena adquisición asegura que el proceso continúe con datos claros y confiables.

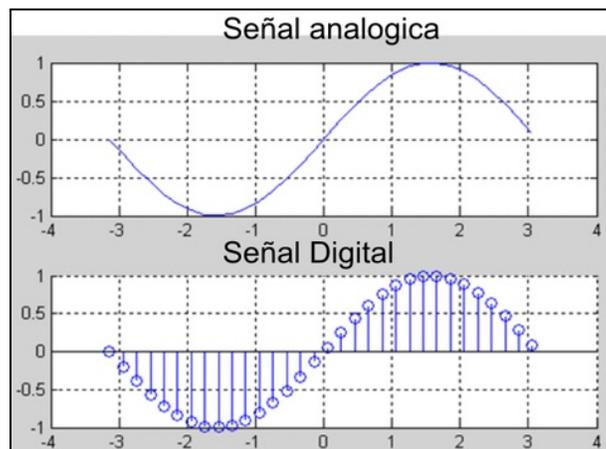


Imagen 4.2.3. Conversión de una señal analógica a digital.

Una vez que se tiene la imagen digital, el siguiente paso es el *preprocesamiento*, que generalmente inicia con la conversión a escala de grises, independientemente de si la imagen original es a color o no. Esta conversión simplifica la información visual al eliminar la complejidad del color, lo que facilita tareas posteriores, como la detección de texto o la identificación de áreas de interés. Una vez en escala de grises, el siguiente paso es la umbralización, un proceso que convierte la imagen en binaria, es decir, en solo dos colores: blanco y negro. Este proceso se realiza estableciendo un

umbral de intensidad, donde los píxeles con valores mayores al umbral se vuelven blancos y los píxeles menores se vuelven negros.

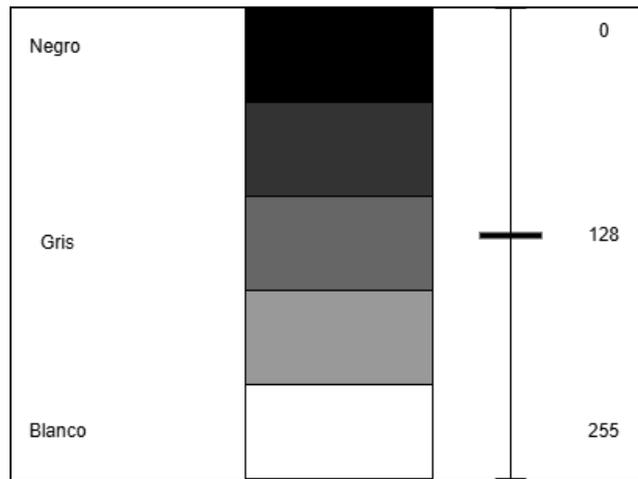


Imagen 4.2.4. Escalas grises.

En una imagen en escala de grises, cada píxel se representa mediante un valor de brillo que va desde 0 hasta 255, donde 0 representa el color negro (ausencia de luz) y 255 representa el color blanco (máxima intensidad de luz). Estos valores intermedios representan distintos niveles de gris. Este rango de 0 a 255 es una escala de 8 bits, lo que significa que cada píxel puede tener uno de 256 posibles niveles de brillo. Donde la intensidad de blanco se puede definir por la siguiente nomenclatura:  $2^n - 1$ ; donde  $n$  es la representación de la intensidad promedio.

Una vez en escala de grises, el siguiente paso es la umbralización, un proceso que convierte la imagen en binaria, es decir, en solo dos colores: blanco y negro. Este proceso se realiza estableciendo un umbral de intensidad, donde los píxeles con valores mayores al umbral se vuelven blancos (255) y los píxeles menores se vuelven negros (0), como se explica. Es esencial ajustar este umbral de manera adecuada para evitar que las áreas importantes, como el texto o los patrones, se pierdan o se dividan incorrectamente entre blanco y negro.

Es común que las imágenes contengan ruido<sup>13</sup>, es decir, pequeñas imperfecciones que pueden interferir con el análisis. La función que define una imagen con ruido se modela de la siguiente forma:

$$g(x,y)=f(x,y)+n(x,y) \quad (4.2.2)$$

Donde  $f(x,y)$ , es el valor del píxel en la imagen original. Este es el valor de intensidad del píxel en la posición  $(x,y)$ , donde  $x$  y  $y$  son las coordenadas del píxel en la imagen. El valor  $f(x,y)$  está determinado por la información visual presente en la imagen antes de que cualquier ruido se haya agregado. El ruido introducido a la imagen es representado por la función  $n(x,y)$ , este término es el valor que se suma al valor del píxel original para modelar el ruido. El ruido puede ser causado por diversas fuentes, como imperfecciones en el sensor de la cámara, interferencias en la transmisión de datos o distorsiones durante el procesamiento de la imagen. El ruido generalmente tiene una distribución aleatoria, lo que significa que los valores de  $n(x,y)$  varían de un píxel a otro y afectan la calidad de la imagen.

El valor del píxel afectado por el ruido es visto por  $g(x,y)$ , esta función representa la imagen resultante, después de que se agrega el ruido  $n(x,y)$ , a la imagen original  $f(x,y)$ . Este es el píxel que se muestra en la imagen procesada, que ahora tiene una distorsión o alteración debido al ruido.

Existen diferentes tipos de ruido, los que se presentan más en la imágenes son los siguientes:

1. Ruido Gaussiano o normal: Este tipo de ruido produce pequeños cambios en la imagen, esto se debe a los componentes electrónicos, ya que afecta a la imagen completa, y a su vez la intensidad de los píxeles se ve alterada. Cada entrada es afectada por un valor diferente puede ser desde un valor cero hasta un valor ya sea máximo o mínimo, en escalas grises, como se ve en la imagen 4.2.4.

---

<sup>13</sup> Cualquier perturbación que sufre una señal en el proceso de adquisición, transmisión y almacenamiento

2. Ruido impulsivo: Los valores que puede tomar el pixel, no tienen relación con el valor real, en este sentido puede tomar valores muy altos o muy bajos. Se le conoce también como “sal y pimienta”, donde los valores máximos son “sal” y los valores bajos son “pimienta”. Esto aparece en la cuantificación que se realiza en la digitalización (cuando se cambia de señal analógica a digital).

El modelo matemático para este ruido se define mediante la siguiente expresión, donde:

- $u$  es una variable aleatoria uniformemente distribuida en el intervalo  $(0,1)$
- $\alpha=1$  y  $\beta=0$ , son parámetros de configuración
- $\sigma$  controla la amplitud del ruido

$$x = \sigma \tan \left( \pi \left( u - \frac{1}{2} \right) \right); u \in (1, 0) \quad (4.2.3)$$

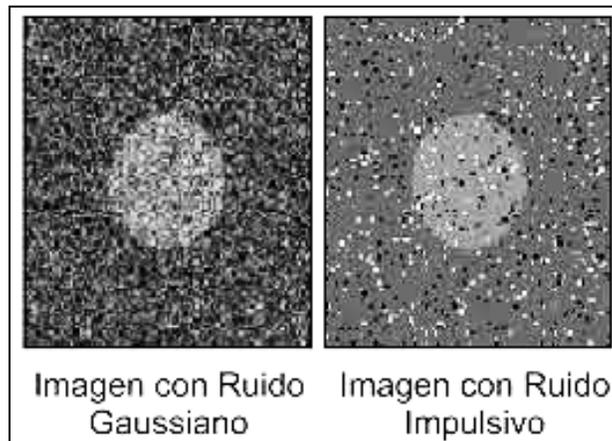


Imagen 4.2.5. Imagen de ruido Gaussiano e impulsivo.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4797331.pdf>

Por esta razón, se aplican técnicas de reducción de ruido, como el filtro de mediana o el desenfocado, que suavizan la imagen y eliminan estos puntos no deseados sin perder los detalles relevantes. En la imagen 4.2.6. se puede mostrar como funciona un filtro espacial básico.

El método de filtrado espacial por suavizado, es un método que reduce el ruido, empleando algoritmos de filtrado rápido. Este método da prioridad a la conservación de los detalles finos de la imagen, a pesar de no lograr una eliminación de ruido completamente eficiente. Particularmente está diseñado para eliminar el ruido sal y

pimienta o también conocido como impulsivo, caracterizado por la aparición de píxeles negros y blancos distribuidos aleatoriamente en la imagen, y también puede atenuar el ruido gaussiano, aunque el cambio puede ser el no esperado.



Imagen 4.2.6. Diagrama básico de un filtrado espacial.

El enfoque del algoritmo se centra en mantener un equilibrio entre la eliminación de ruido y la conservación de los detalles. En lugar de aplicar un filtrado agresivo que podría suavizar excesivamente la imagen y borrar información valiosa, como los contornos, este método busca minimizar la pérdida de detalles, lo que lo hace ideal para imágenes en las que la nitidez y la precisión son esenciales.

En el filtrado espacial por mediana, se analiza cada píxel de la imagen y se reemplaza por la mediana de los píxeles vecinos. Se llama mediana, porque se calcula ordenando los valores de los píxeles cercanos o vecinos y se selecciona el que queda intermedio. Es un filtro que es muy efectivo y a la vez simple de utilizar, para eliminar el ruido mientras que se preservan los bordes de la imagen.

$$med(x_i) = \begin{cases} X_{(v+1)} & n=2v+1 \\ \frac{1}{2}(X_{(v)} + X_{(v+1)}) & n=2v \end{cases} \quad (4.2.4)$$

donde  $x_{(i)}$ , denota el estadístico de orden  $i$ , es decir, representa un valor particular en un conjunto de datos ordenado, y su posición  $i$  determina qué dato específico se está analizando. Este concepto es ampliamente utilizado en matemáticas aplicadas y procesamiento digital para simplificar o analizar características clave en un conjunto de datos.

El siguiente paso es la segmentación de la imagen, es decir, la división de la imagen de entrada en sus partes constituyentes u objetos. Este es uno de los pasos más complicados de PDI, pero uno de los pasos más importantes ya que, si la segmentación es tosca la solución será tardada pero con la solución correcta; por otro lado si se utilizan algoritmos débiles o erróneos para la segmentación, el resultado casi siempre será erróneo. Como en este trabajo se centra en el reconocimiento de palabras y caracteres individuales, se debe de cumplir que la localización sea precisa para renglones, palabras y caracteres sobre la imagen, así el proceso de reconocimiento posterior será más sencillo. Por ello es importante saber que tipo de filtrado se utiliza, para no eliminar detalles clave.

La parte de la *descripción*, también conocida como *selección de características*, es el proceso en el que se identifican y extraen atributos o rasgos relevantes de una información cuantitativa con el objetivo de diferenciar entre distintas clases o categorías. Este paso es crucial en tareas de *análisis y clasificación*, ya que permite enfocarse en los aspectos más significativos de los datos mientras se descartan elementos redundantes o irrelevantes.

En el reconocimiento de caracteres, las características particulares pueden incluir propiedades como la presencia de huecos, curvaturas internas, líneas verticales u horizontales, y otros patrones distintivos que permiten diferenciar entre letras o números. Estas características ayudan a distinguir una clase de caracteres de otra. Por ejemplo:

1. En el alfabeto, los huecos internos de la letra "O" la diferencian de una "I".
2. Las curvaturas internas, en la letra "B" permiten distinguirla de una "P" o "R".  
Ya que suelen parecerse visualmente.

Este proceso no solo mejora la precisión en sistemas de reconocimiento sino que también reduce la complejidad computacional al enfocar los recursos en atributos clave.

El último paso es el *reconocimiento* y la *interpretación*. El reconocimiento es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basado en la información suministrada por sus descriptores, como se explicó anteriormente. Mientras que la interpretación es la asignación de un *significado* a un conjunto de objetos reconocidos.

Todo lo anterior son los pasos básicos y escenarios para el procesamiento de imágenes, sin embargo, el *conocimiento base* que se muestra en el diagrama, consiste en la información previa sobre el dominio del problema almacenada en una base de datos. Por ejemplo, puede ser desde algo tan simple como identificar regiones específicas de una imagen donde es probable encontrar información de interés, lo que ayuda a limitar la búsqueda y agilizar el proceso de análisis; hasta algo más complejo, como una lista de defectos interrelacionados en problemas de inspección de materiales o en bases de datos compuestas por imágenes de alta resolución, como imágenes satelitales. También el *conocimiento base* desempeña un papel importante en la interacción entre los módulos de proceso, como se representa mediante flechas de doble sentido, estas flechas indican la comunicación y retroalimentación entre los módulos de procesamiento y el conocimiento base, mientras que las flechas simples muestran conexiones unidireccionales entre módulos. Esto implica que la comunicación entre los distintos módulos de un sistema se basa en un entendimiento previo del problema y del resultado que se busca obtener, facilitando un análisis más eficiente y enfocado.

### **4.3. Tipos de imágenes**

En el procesamiento digital, las imágenes pueden clasificarse según el tipo y el formato, aspectos que influyen significativamente en su almacenamiento, visualización y análisis. Las imágenes pueden dividirse en dos categorías principales: imágenes rasterizadas y vectoriales. Las primeras, como las fotografías, están compuestas por una matriz de píxeles y son ideales para representar detalles complejos, mientras que las vectoriales, basadas en formas geométricas, son más adecuadas para gráficos escalables como logotipos.

En los formatos de las imágenes, existen múltiples opciones diseñadas para diferentes propósitos. Por ejemplo, formatos como JPEG y PNG son comunes para imágenes rasterizadas, donde el primero es ideal para fotografías debido a su capacidad de compresión, y el segundo se utiliza cuando se requiere transparencia o alta calidad. Por otro lado, formatos como SVG se emplean para imágenes vectoriales debido a su flexibilidad en escalado. Además, en aplicaciones especializadas, como la edición médica o la investigación científica, se utilizan formatos como TIFF y DICOM, diseñados para manejar imágenes de alta resolución y metadatos específicos. La elección del tipo y formato de una imagen no solo afecta su calidad visual, sino también su procesamiento y el consumo de recursos computacionales.

Las imágenes RGB, se definen como un arreglo de  $3 \times M \times N$  píxeles, en donde cada píxel toma un componente rojo, verde y azul de una imagen, donde R=red, G=green y B=blue. Se toman estos tres colores porque son los colores primarios, y la combinación de estos colores dan como resultado las diferentes intensidades del espectro humano visible<sup>14</sup>, como se muestra en la imagen:

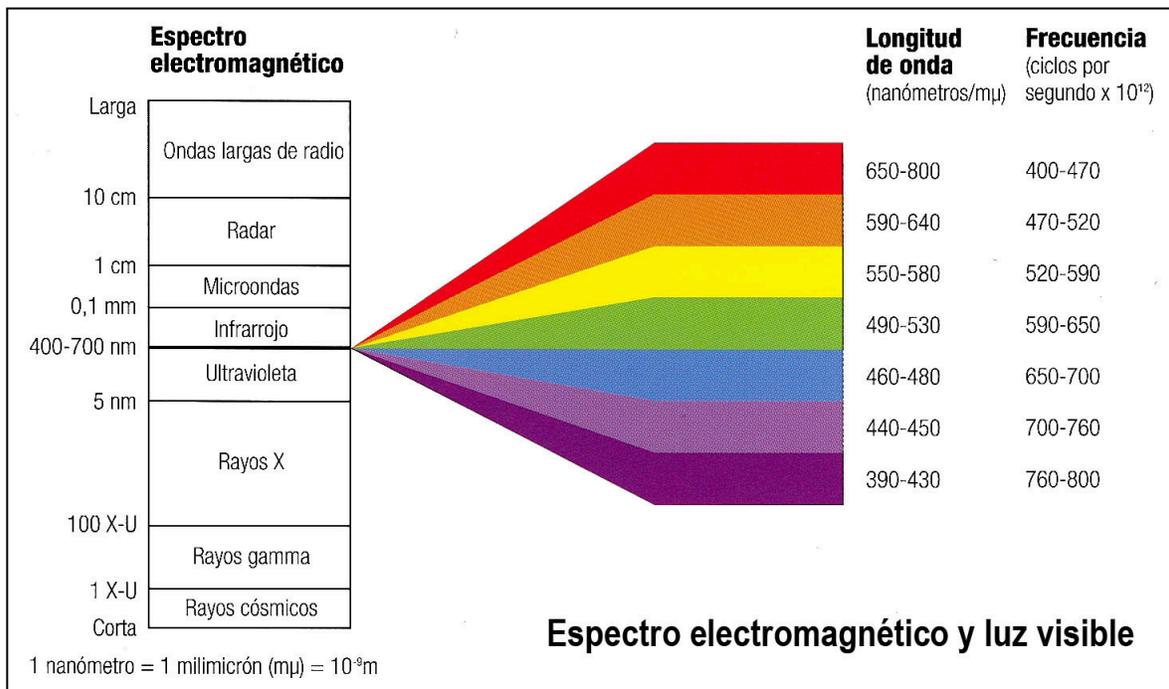


Imagen 4.3.1. Espectro visible por el ojo humano (Luz).

<sup>14</sup> Es la parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede percibir. Se extiende desde los 380 nanómetros (nm) hasta los 780 nm

Un ejemplo de imágenes RGB es el siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{RGB (112, 86)} \Rightarrow \\ R(112, 86) = 0.1238 \\ G(112, 86) = 0.9874 \\ B(112, 86) = 0.2543 \end{array}$$

De lado izquierdo se tiene la posición del píxel el cual es (112,86) como se analizó en el subtema anterior, en este píxel existe el color [0.1238 0.9874 0.2543].

**Base teórica:**

1. Un píxel completamente rojo sería (255, 0, 0).
2. Un píxel completamente verde sería (0, 255, 0).
3. Un píxel completamente azul sería (0, 0, 255).
4. Un píxel completamente negro sería (0, 0, 0).
5. Un píxel completamente blanco sería (255,255, 255).

También dentro de esta clasificación de las imágenes en escala de intensidades conocida también como: escala de grises o escalada monocromática. En este tipo de imágenes se construyen con una sola matriz  $M \times N$ , que son los valores donde cada píxel contiene la información de intensidad de la imagen. El color tiene por lo menos tres características básicas: el tono o matiz, el valor (luminosidad u oscurecimiento) y la saturación (la pureza del color).

Por otra parte las imágenes indexadas, son otra forma de representar imágenes a color. La forma en cómo trabaja una imagen indexada es que almacena una imagen como dos matrices, en comparación a la otras que utilizan simplemente una. En la primer matriz se guarda el tamaño de la imagen y un número para cada píxel, mientras que en la segunda matriz (la cual se le llama mapa de color), el tamaño de esta corresponde al número de colores que se desea que tenga la nueva imagen, esto sirve para ahorra memoria de la computadora, comprimir imagen y lograr una mejoría en el tiempo de muestra del display. Pasa de ser una matriz de tres dimensiones a:

$$3 \times M \times N \Rightarrow 1 \times M \times N \quad (4.3.1)$$

Las dos matrices que se utilizan en las imágenes indexadas son: colormap y la matriz de imagen.

- Colormap: Es un conjunto de valores ordenados que representan los colores de la imagen. Para una imagen con n colores serán necesarios una matriz de dimensiones  $n \times 3$ , en donde cada fila es un vector con las siguientes características:

$$\text{COLOR} = \text{R G B}$$

Los valores de cada color deben pertenecer al intervalo  $[0, 1]$ , siendo 0 la mínima intensidad, y 1 la máxima.

- Matriz imagen: Como se mencionó anteriormente, contiene por cada píxel una referencia al color de dicho píxel.

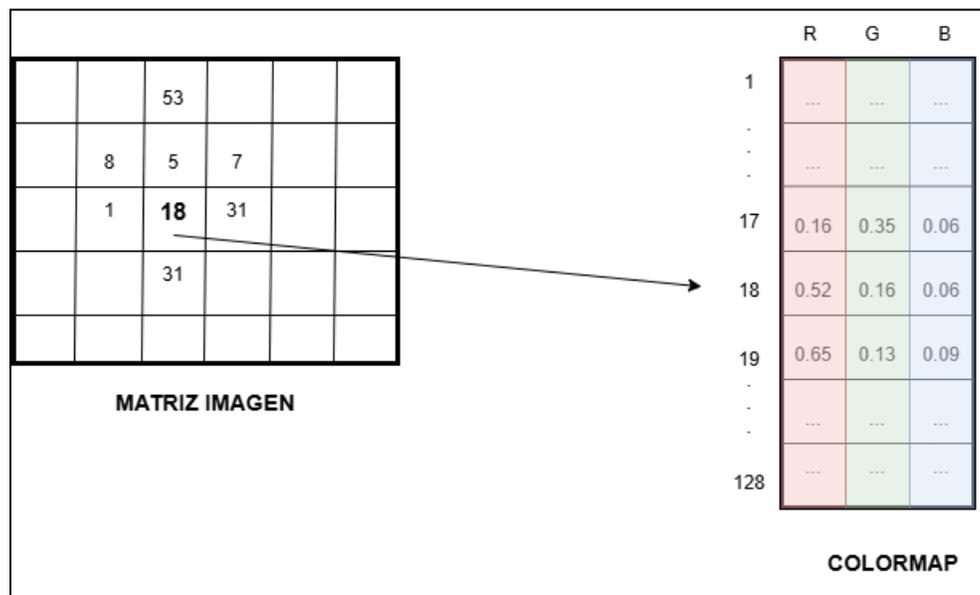


Imagen 4.3.2. Ejemplo de imagen indexada.

En la imagen 4.3.2, se observa que el píxel número 18 apunta, a través de la matriz COLORMAP, a la posición 18 de esta matriz. En dicha posición, se encuentran almacenados los valores correspondientes a los canales de color rojo, verde y azul (R, G, B) que definen el color global del píxel. Los valores específicos son:

1.  $R = 0.52$  (Rojo).
2.  $G = 0.16$  (Verde).
3.  $B = 0.06$  (Azul).

Por lo tanto, el color del píxel 18 está representado por el triplete de intensidades normalizadas  $[0.52, 0.16, 0.06]$ , donde cada componente indica la proporción de cada canal en el color final. Este enfoque permite separar y representar el color de forma precisa mediante los valores de cada canal almacenados en la matriz COLORMAP. Esto se entiende en que la información del píxel no está directamente guardada en donde se pensaría estaba, sino que se redirige a un espacio de memoria donde la información de este mismo está guardada.

Las imágenes de intensidad son representaciones en blanco y negro que se describen utilizando una única matriz denominada *matriz de intensidad*. En esta matriz, cada píxel posee un valor real dentro del rango  $[0, 1]$ . En este rango, el valor 0 representa el color negro (ausencia de intensidad), mientras que el valor 1 corresponde al color blanco (máxima intensidad). Los valores intermedios entre 0 y 1 definen los distintos niveles de gris, creando una escala continua de tonos. Este tipo de imágenes es fundamental para analizar variaciones de intensidad y detalles visuales en aplicaciones como procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones.

Por último, las imágenes binarias constituyen un caso particular de las imágenes de intensidad. En este tipo de imágenes, solo se permiten los valores extremos del rango: 0 para representar el color negro y 1 para representar el color blanco. Dado que no existen niveles intermedios, estas imágenes se comportan como matrices lógicas o booleanas, donde cada píxel actúa como una unidad binaria. Gracias a esta propiedad, las imágenes binarias son comúnmente utilizadas en operaciones de filtrado y como máscaras para destacar regiones específicas o realizar segmentaciones en el procesamiento de imágenes.

#### **4.4. Tipos de archivos**

En este trabajo, el formato y el tipo de archivo son aspectos importantes, ya que son el principal medio de análisis de los casos clínicos veterinarios. Existe una amplia variedad de formatos de archivo, y aunque sería beneficioso analizar todos los tipos disponibles, la gran cantidad de archivos, la diversidad de formatos, la información procesada, el peso de los archivos y el procesamiento y búsqueda de información harían este proceso extremadamente extenso y laborioso. Por ello, se ha decidido centrar el análisis en los formatos más utilizados por estudiantes y profesionales de la salud veterinaria, que son: PDF, PNG y JPG.

La elección de estos formatos se debe a su prevalencia en la práctica clínica y a su capacidad para contener información relevante para el diagnóstico. Aunque formatos como los de Excel u hojas de cálculo también son comunes, no se han incluido en este análisis porque se considera que no aportan información adicional significativa para un diagnóstico claro. De hecho, en la mayoría de los informes o reportes clínicos, los resultados suelen presentarse en los formatos mencionados anteriormente.

Esta investigación se enfoca en investigar y analizar los tipos de archivos seleccionados para comprender las razones detrás de su elección y su utilidad en el ámbito de la salud veterinaria. Además, se busca destacar cómo estos formatos facilitan la extracción y el procesamiento de información clínica, contribuyendo a un diagnóstico más eficiente y preciso.

Al inicio de este capítulo se habla del concepto de las imágenes digitales, pero no se profundiza en su importancia. Una imagen digital es una herramienta útil cuando se requiere un formato que pueda ser manipulado mediante aplicaciones o algoritmos. Su importancia se centra en la capacidad de almacenar información visual de manera que pueda ser interpretada y procesada por diferentes sistemas.

El objetivo principal de una imagen digital es que la información que contiene se pueda representar de forma estandarizada, esto permite que otras aplicaciones puedan leer, interpretar y utilizar la información según sea necesario. Una vez que los datos de la imagen se interpretan correctamente y esta se importa, ya es posible

manipularla para adaptarla a los requisitos específicos, ya sea para análisis, diagnóstico, edición o cualquier otro propósito.

#### **4.4.1. Estructura de un formato**

Todos los archivos de datos tienen una estructura interna, y a su vez tiene reglas que manejan esta estructura, en algunos formatos las reglas suelen ser más complejas y para otros formatos son más flexibles, sin embargo, las estructuras no cambian totalmente y se parecen.

Las reglas, que definen las estructuras de los formatos de archivo, se encuentran ubicadas al inicio del archivo, en la sección cabecera. En el caso de los archivos gráficos, la cabecera es una parte fundamental, ya que contiene metadatos esenciales que describen las características de la imagen. Dependiendo del tipo de formato, la cabecera puede proporcionar información como:

1. Tipo de archivo: Identifica el formato de la imagen (por ejemplo, PNG, JPG, BMP, etc.). Pero saber que tipo de extensión no es suficiente, es necesario tener más información sobre el tipo de archivo, por ejemplo:

*PCX → inicia con 0AH.*

2. Dimensiones de la imagen: Especifica el ancho y el alto de la imagen en píxeles.
3. Profundidad de color: Indica la cantidad de bits utilizados para representar los colores de cada píxel.
4. Espacio de color: Define el modelo de color utilizado (por ejemplo, RGB, CMYK, escala de grises).
5. Resolución: Proporciona información sobre la densidad de píxeles,

generalmente en DPI (puntos por pulgada).

6. Compresión: Indica si la imagen está comprimida y el tipo de compresión utilizado (por ejemplo, compresión sin pérdida en PNG o con pérdida en JPG).
7. Metadatos adicionales: Puede incluir información como la fecha de creación, autor, derechos de autor, o datos específicos de la cámara en el caso de fotografías (EXIF).
8. Fecha y nombre original de la imagen.

Esta información contenida en la cabecera es importante para que las aplicaciones o algoritmos puedan interpretar correctamente el archivo y manipularlo según sea la necesidad que se tenga. Sin una cabecera bien definida, los programas no podrían procesar la imagen de manera adecuada, lo que resalta la importancia de esta sección en los archivos gráficos.

Después de la cabecera, la información es ordenada secuencialmente, para esta parte se utiliza la técnica de compresión del archivo, y es una relación entre la longitud del archivo, la cantidad de compresión y el tiempo de la descompresión que requiere el archivo. Por ejemplo, es más difícil comprimir y descomprimir, un archivo de tipo GIF<sup>15</sup>, que un archivo PCX<sup>16</sup>.

Hay veces que en algunos formatos tienen información adicional, por ejemplo, añadir  $n$  bytes que contiene la información de la paleta de colores extendida.

#### **4.4.2. Formatos de imagen**

Existen dos categorías en los formatos de una imagen, y esto es de acuerdo con la forma en como los datos de la imagen son almacenados y visualizados en pantalla. En

---

<sup>15</sup> Graphics Interchange Format, es un archivo de imagen que se anima mediante la combinación de varias imágenes o un solo vídeo

<sup>16</sup> Picture exchange, es un formato de imagen digital que usa la forma simple de la codificación run-length.

las dos categorías existen: formatos reticulares y formatos vectoriales.

El formato reticular, está compuesto por una serie de elementos de imagen o píxeles, que cubren una área completa de visualización en la pantalla. La visualización reticular genera un barrido periódico de un rayo electrónico sobre una superficie sensible con un patrón predeterminado. Se le dice visualización reticular porque la imagen en una pantalla o dispositivo de visualización se construye a partir de una matriz organizada de píxeles, a su vez forman una especie de red o rejilla, sobre la superficie de la visualización

Las imágenes reticulares son utilizadas para la representaciones de necesidades artísticas o importantes. Las principales ventajas del formato reticular son la siguientes:

1. Facilidad de obtener una salida de datos desde un aparato de entrada reticular (por ejemplo, digitalizador de video o rastreador) sobre un dispositivo de salida reticular como un monitor.
2. La visualización en pantalla de los datos es más rápida de obtener con datos vectoriales.

En el campo del procesamiento de imágenes y la inteligencia artificial (IA), es común utilizar modelos y conceptos inspirados en sistemas biológicos conocidos, ya que estos han evolucionado para resolver problemas complejos de manera eficiente. En este tema, el ojo humano se ha convertido en un modelo de referencia fundamental, ya que es el sistema de percepción visual más avanzado y mejor comprendido que existe, y esto evidentemente por la familiarización que se tiene y el estudio hacia un órgano que utilizamos diariamente. Este análisis ha permitido trasladar principios biológicos a soluciones tecnológicas, lo que ha impulsado el desarrollo de algoritmos y técnicas en el procesamiento de imágenes y la visión por computadora:

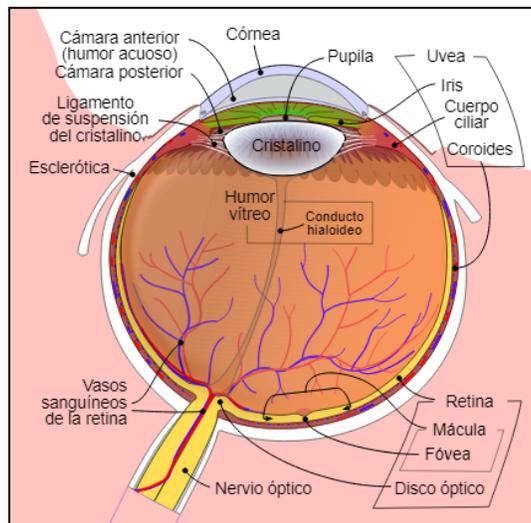


Imagen 4.4.1. Diagrama simplificado del ojo humano.

[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Schematic\\_diagram\\_of\\_the\\_human\\_eye-es.svg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Schematic_diagram_of_the_human_eye-es.svg)

El ojo humano funciona de manera similar a una cámara fotográfica. La luz que proviene de un objeto entra en el ojo a través de la córnea y el cristalino, que actúan como lentes para enfocar la luz en la retina, una capa sensible a la luz ubicada en la parte posterior del ojo.

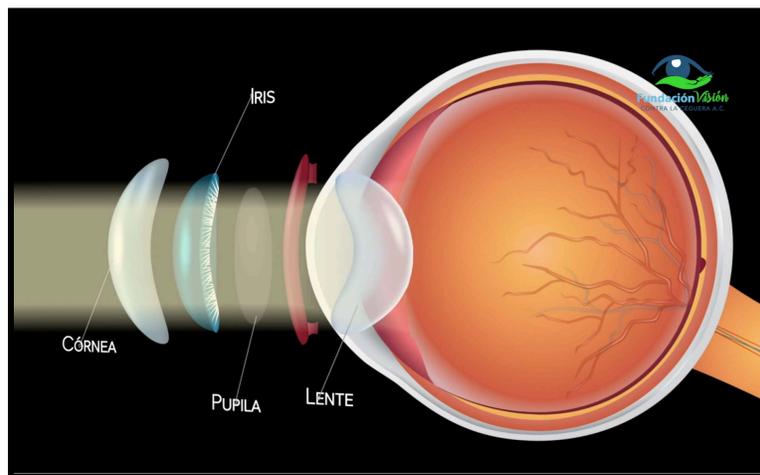


Imagen 4.4.2. Forma en cómo entra luz al lente humano.  
<https://visioncontralaceguera.org/conoces-el-funcionamiento-de-los-ojos/>

1. Cristalino y poder refractivo:
  - a. El cristalino es una lente flexible que ajusta su forma para enfocar objetos a diferentes distancias. Este proceso se conoce como

acomodación.

- b. Cuando el ojo enfoca un objeto lejano (a más de 3 metros), el cristalino se aplana, reduciendo su poder refractivo.
- c. Cuando el ojo enfoca un objeto cercano, el cristalino se curva, aumentando su poder refractivo.

2. Distancia focal:

- a. La distancia entre el centro óptico del cristalino y la retina varía entre 14 mm y 17 mm, dependiendo de la curvatura del cristalino.
- b. Esta variación permite que el ojo enfoque objetos a diferentes distancias con precisión.

3. Formación de la imagen:

- a. La luz que entra en el ojo se refracta (dobla) al pasar por la córnea y el cristalino, formando una imagen en la retina.
- b. Sin embargo, debido a las propiedades ópticas de las lentes, la imagen formada en la retina está invertida (de cabeza) y volteada (de izquierda a derecha).

En el ejemplo proporcionado, un observador ve un árbol de 15 metros de altura a una distancia de 100 metros. Utilizando la geometría de triángulos semejantes, se puede calcular el tamaño de la imagen proyectada en la retina:

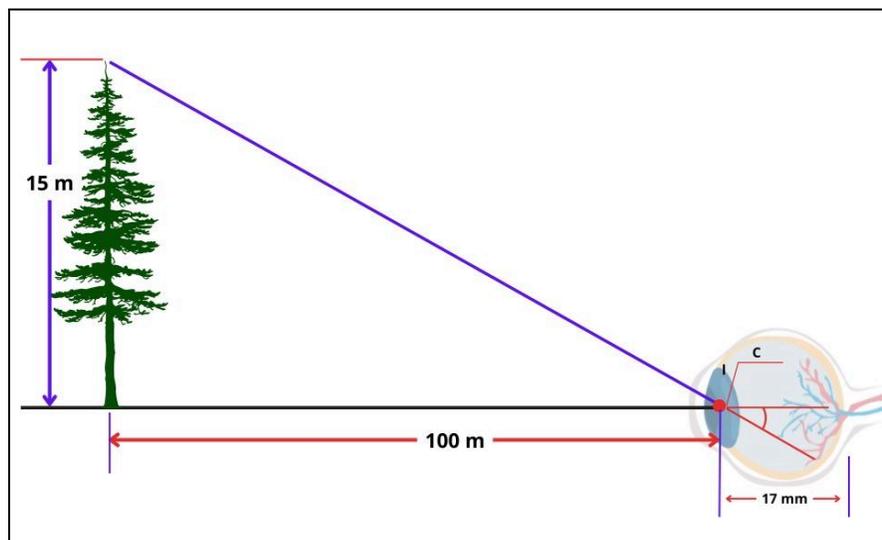


Imagen 4.4.3. Proyección de objetos en el ojo humano .  
<https://visioncontralaceguera.org/conoces-el-funcionamiento-de-los-ojos/>

La imagen 4.4.3, muestra un ejemplo de cómo los objetos se proyectan en la retina del ojo humano. La manera en cómo se calcula como la retina percibe el objeto se muestra a continuación:

$$\frac{\text{Altura del objeto}}{\text{Distancia al objeto}} = \frac{\text{Tamaño de la imagen en la retina}}{\text{Distancia focal}} \quad (4.4.2.1)$$

$$\frac{15}{100} = \frac{x}{17} \quad (4.4.2.2)$$

$$x = \frac{15 \times 17}{100} = 2.55 \text{mm} \quad (4.4.2.3)$$

A lo que se concluye, que la imagen del árbol en su retina tiene un tamaño de 2.55 milímetros. El cerebro juega un papel crucial en la percepción visual. Aunque la imagen en la retina está invertida, el cerebro la procesa y la interpreta de manera que percibimos el mundo en su orientación correcta.

1. Procesamiento neurológico:
  - a. Las señales eléctricas generadas por los fotorreceptores son transmitidas al cerebro a través del nervio óptico.
  - b. Estas señales llegan a la corteza visual en el lóbulo occipital, donde se procesan para reconstruir la imagen.
2. Corrección de la inversión:
  - a. El cerebro está "programado" para interpretar las señales visuales de manera que la imagen se perciba en su orientación correcta.
  - b. Esto se debe a la experiencia acumulada desde el nacimiento, donde el cerebro aprende a asociar las señales invertidas con la realidad física.

A continuación, se muestran los principales formatos de archivos gráficos reticulares:

FORMATO	EXTENSIÓN	DEFINICIÓN
BMP	.bmp	Mapa de bits para Windows
DIB	.dip	Mapa de bits independiente del dispositivo
FIF	.fif	Formato de imágenes fractal
GIF	.gif	Formato de intercambio gráfico
IMG	.img	Imagen en ambiente GEM
JPEG	.jpg	Unión de expertos fotográficos
PCD	.pcd	Fotográfica de disco compacto
PCX	.pcx	Paintbrush para PC
PNT	.pnt	MacPaint -ultima version
MAC	.mac	MacPaint-version actual
TGA	.tga	Targa
TIFF	.tif	Formato de imágenes etiquetado
WPG	.wpg	Gráfico de WordPerfect

Tabla 4.4.2.1. Tabla de formatos gráficos reticulares.

La segunda categoría de formato, es el formato vectorial. Este involucra segmentos de línea que se dirigen al lugar de los pixeles para conformar una imagen. Una imagen vectorial<sup>17</sup>. Para determinar los segmentos de línea que conforman cada objeto, son necesarios los datos formateados vectorialmente, de una imagen. Las imágenes vectoriales son usadas principalmente en aplicaciones CAD, (como el programa AUTOCAD), ya que son importante la precisión y las relaciones entre elementos. Las imágenes vectoriales pueden ser convertidas en formatos reticulares este proceso es fácil, sin embargo, si se necesita hacer la transformación de formato reticular a vectorial, el proceso va a ser complicado.

---

<sup>17</sup> Las imágenes vectoriales están formadas por vectores, que son objetos formados matemáticamente.

FORMATO	EXTENSIÓN	DEFINICIÓN
CDR	.cdr	Archivo gráfico de CorelDRAW
CGM	.cgm	Meta archivo gráfico
DRW	.drw	Archivo del diseñador Micrografx
DXF	.dxf	Formato de intercambio de datos
EPS	.eps	PostScript encapsulado
GEM	.gem	META archivo GEM
HPGL	.hpl	Lenguaje gráfico de Hewlett-Packard
PIC	.pic	Formato de fotografías
PICT	.pct	Formato Macintosh
WMF	.wmf	Metarchivo de Windows

Tabla 4.4.2.2. Tabla de formatos gráficos vectoriales.

## 4.5. Análisis de textos

El texto es una unidad de tipo lingüística emitido por un hablante, en una situación conmutativa concreta y determinada. El texto tiene estructuras tanto semánticas, sintácticas, como pragmáticas.

El análisis de texto, es el proceso donde los sistemas computacionales leen y comprenden textos escritos por seres humanos, con el objetivo de extraer información relevante. Los programas de análisis de datos, pueden clasificar, ordenar y extraer información de diferentes textos, esto se utiliza para identificar patrones, relaciones, etc. Lo llevaba a cabo de manera eficiente y precisa a partir de emails, documentos, contenido de redes sociales y reseñas etc.

La implementación del análisis de textos se ha consolidado como una herramienta fundamental en la adquisición y procesamiento de información lingüística, especialmente en áreas estratégicas como la política y la economía. Este enfoque no solo permite reforzar y profundizar en conocimientos específicos, sino que también facilita la realización de tareas analíticas relacionadas con temas clave en estos campos.

La etapa central de este proceso es el entrenamiento de algoritmos, diseñado para que las máquinas puedan asociar palabras con significados precisos y, lo más

importante, comprender el contexto de los datos no estructurados. Este entrenamiento es esencial para que los sistemas puedan interpretar correctamente la información, identificar patrones y extraer insights relevantes, lo que resulta crucial para la toma de decisiones informadas en contextos políticos y económicos.

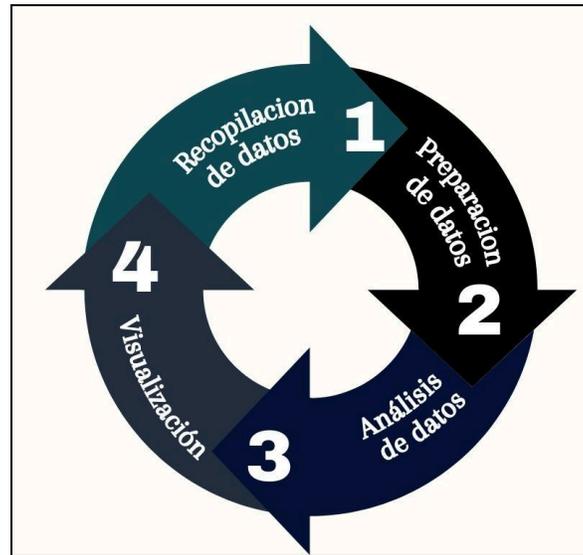


Imagen 4.5.1. Proceso de análisis de datos.

La primera etapa de *recopilación de datos* de orígenes externos e internos. Los datos internos son datos a los que se pueden acceder con facilidad, por ejemplo, correos electrónicos, chats, facturas y encuestas. Mientras que los datos externos hacen referencia a la información de orígenes de redes sociales, reseñas en línea, artículos y foros en línea. Y aunque suene fácil de obtener esta información, es más difícil, porque están fuera del control.

Una vez recopilados, los datos textuales son preparados para su análisis. Esta etapa es importante, ya que los textos sin procesar suelen ser desestructurados y contener ruido que puede afectar la calidad del análisis. La preparación de datos incluye varias técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP, por sus siglas en inglés):

1. **Tokenización:** Consiste en dividir el texto en unidades más pequeñas, como palabras o frases, que tengan sentido semántico. Por ejemplo, la frase:

- a. "El análisis de textos beneficia a las empresas".
  - b. Se tokeniza en: "análisis", "textos", "beneficia", "empresas".
2. Etiquetado de Partes del Discurso (POS Tagging): Asigna etiquetas gramaticales a cada token, como sustantivo, verbo, adjetivo, etc. Por ejemplo, en la frase anterior:
  - a. "análisis" (sustantivo).
  - b. "beneficia" (verbo).
  - c. "empresas" (sustantivo).
3. Análisis Sintáctico (Parsing): Establece relaciones gramaticales entre las palabras tokenizadas, lo que ayuda a comprender la estructura de las oraciones.
4. Lematización: Reduce las palabras a su forma base o lema. Por ejemplo:

*"visualización" se convierte en "visualizar".*
5. Eliminación de Palabras Vacías (Stop Words): Se eliminan palabras que no aportan significado sustancial al texto, como artículos, preposiciones o conjunciones (por ejemplo, "y", "o", "para").

En la tercera etapa de análisis de textos, los datos preparados son procesados para extraer información relevante. Aquí se aplican técnicas avanzadas de NLP y machine learning, dependiendo del objetivo del análisis. Los métodos más comunes incluyen:

1. Clasificación de Textos: Se asignan etiquetas o categorías a los textos basándose en su contenido. Esto puede hacerse mediante reglas predefinidas o modelos de machine learning.
2. Extracción de Información: Se identifican y extraen elementos específicos del texto, como nombres, fechas, lugares o palabras clave. Se utilizan algunas técnicas como las expresiones regulares o los campos aleatorios condicionales (CRF) son útiles para este propósito.

3. **Análisis de Sentimientos:** Evalúa la polaridad del texto (positivo, negativo o neutro) para entender la opinión o el sentimiento expresado.
4. **Detección de Temas (Topic Modeling):** Identifica los temas principales presentes en un conjunto de textos, utilizando algoritmos como Latent Dirichlet Allocation (LDA).

La última etapa que es la *visualización de resultados*, consiste en presentar los resultados del análisis de manera clara y comprensible. La visualización de datos es fundamental para identificar patrones, tendencias y relaciones que puedan ser útiles para la toma de decisiones. Algunas formas comunes de visualización incluyen:

1. **Gráficos y Diagramas:** Representan frecuencias de palabras, distribuciones de sentimientos o relaciones entre temas.
2. **Tablas y Matrices:** Muestran datos estructurados, como la frecuencia de palabras clave o la clasificación de textos.
3. **Mapas de Calor (Heat Maps):** Visualiza la intensidad de ciertos fenómenos, como la concentración de términos específicos en diferentes contextos.

Ejemplo:

*“Supongamos que una empresa observa un aumento en las devoluciones de productos. Mediante el análisis de textos, se identifican palabras clave como ‘defecto’, ‘tamaño incorrecto’ o ‘no encaja bien’ en los comentarios de los clientes. Estas palabras se tabulan y visualizan en un gráfico, lo que permite a la empresa identificar el problema principal y priorizar acciones correctivas.”*

Este es uno de los numerosos casos en los que se emplean analizadores de texto. Estas herramientas permiten identificar soluciones a problemas que, de otro modo, serían difíciles de detectar y requerirían un tiempo considerable. Su uso facilita un análisis más eficiente y preciso, optimizando la toma de decisiones.

## 4.6. Reconocimiento óptico en la extracción de información

En un mundo donde la información impresa sigue siendo omnipresente, la capacidad de convertir documentos físicos o imágenes en datos digitales editables y fácilmente accesibles se vuelve cada vez más importante. Aquí es donde entra en juego el Optical Character Recognition (OCR), o Reconocimiento Óptico de Caracteres.

El Optical Character Recognition (Reconocimiento Óptico de Caracteres), también conocido como OCR, posibilita la conversión de diversos tipos de documentos, como documentos en papel escaneados, archivos PDF o imágenes capturadas por una cámara digital, en datos editables y con funcionalidad de búsqueda.

Aunque los escáneres pueden capturar imágenes de documentos físicos, estas imágenes son esencialmente representaciones de puntos en blanco y negro o en color, conocidas como imágenes de trama. El objetivo de un escáner también se limita a crear una imagen o instantánea del documento, que es una composición de puntos en blanco y negro o en color, conocida como imagen de trama o mapa de bits<sup>18</sup>.

Dentro del espectro del OCR, existen diferentes enfoques y tecnologías que varían en su nivel de sofisticación y precisión. Desde software simple de reconocimiento de palabras hasta sistemas inteligentes que utilizan machine learning, el OCR ha evolucionado para abordar una amplia gama de necesidades y desafíos.

Sin embargo, el OCR no está exento de limitaciones. Aunque ofrece una serie de beneficios, como la automatización de procesos y la disponibilidad instantánea de datos, también presenta desafíos, como la necesidad de almacenamiento considerable, preocupaciones de seguridad y la precisión en términos técnicos y médicos.

A través de un análisis exhaustivo de las aplicaciones, ventajas y desventajas del OCR, podemos apreciar su impacto en diversos campos y entender cómo esta tecnología continúa transformando la forma en que interactuamos con la información impresa.

---

<sup>18</sup> Representación bidimensional de una imagen o un gráfico compuesto por píxeles individuales.

La importancia del OCR es que la mayoría de las operaciones comerciales implican la recepción de información a través de medios impresos, como formularios, facturas, documentos legales y contratos escaneados. Manejar grandes cantidades de papel requiere un considerable tiempo y espacio para su almacenamiento y gestión. Aunque se sugiere la gestión de documentos digitales, la digitalización presenta desafíos significativos. Este proceso implica trabajo manual y puede ser tedioso y poco eficiente.

Los atributos que permiten a un algoritmo interpretar y analizar una imagen de manera efectiva son los siguientes:

1. Densidad: En el escaneo de documentos, el texto suele presentar una mayor densidad, es decir, una concentración uniforme de caracteres en un espacio definido. En contraste, en una fotografía, como la de una esquina con texto, la densidad puede variar significativamente, lo que dificulta su identificación.
2. Estructura: La organización del texto es un factor clave. Un documento impreso suele tener líneas ordenadas y una estructura clara, mientras que los textos escritos a mano, como una lista de compras, pueden carecer de una estructura definida, lo que *complica su interpretación*.
3. Fuentes y tamaño: Las fuentes uniformes y los tamaños de letra consistentes, como los que se encuentran en documentos impresos, son más fáciles de reconocer para un algoritmo. Por el contrario, la variabilidad en estilos y tamaños, como en letreros de calles o escritura manual, presenta un desafío mayor.
4. Tipo de carácter: Este atributo se refiere a la diversidad de caracteres presentes en una imagen, incluyendo letras, números, símbolos y caracteres especiales. Además, el idioma juega un papel importante. Mientras que un documento suele estar en un solo idioma, un letrero o graffiti puede contener múltiples idiomas, lo que añade complejidad al proceso de reconocimiento.

5. Ruido: El ruido en una imagen se refiere a las distorsiones o interferencias que pueden afectar la claridad del texto. Las fotografías tienden a tener más ruido (como se explicó al inicio de este capítulo), debido a factores como iluminación, sombras o movimientos, en comparación con los escaneos o fotocopias, que suelen ser más nítidos y uniformes.
6. Ubicación del texto y alineación: En los escaneos, el texto generalmente está centrado y bien alineado, lo que facilita su identificación. Sin embargo, en las fotografías, el texto puede aparecer en cualquier parte de la imagen y con diferentes ángulos o perspectivas, lo que dificulta su localización y análisis.

A continuación se muestra en la imagen 4.6.1. El proceso de construcción, etiquetado y capacitación de algoritmos de reconocimiento de textos:

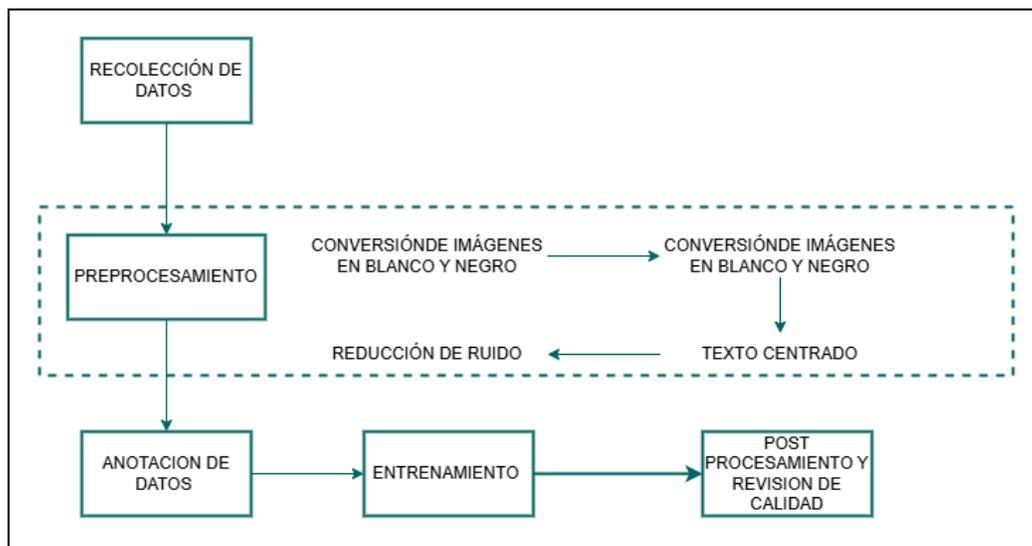


Imagen 4.6.1. Procesos de construcción y etiquetado para reconocimiento de textos.

Dentro de los procesos involucrados en el reconocimiento de caracteres mediante OCR, la imagen 4.6.1 muestra un diagrama de bloques que representa el flujo más sencillo y fácil de comprender. Como se ha analizado previamente, este proceso combina diversas técnicas, entre las que se incluye el Procesamiento de Lenguaje Natural. A continuación, se profundizará en el funcionamiento del Optical Character Recognition y su relevancia en el análisis de imágenes.

### **4.6.1. Diversidad en el OCR**

OCR, tiene diferentes funciones y tipos. Esto depende del objetivo que la empresa o la persona le quiera dar, a continuación se describen:

#### ***Software simple de reconocimiento óptico de caracteres***

Un motor de OCR simple almacena muchos patrones de imágenes de texto y muchas fuentes diferentes como plantillas. El software de OCR utiliza algoritmos de coincidencia de patrones para comparar imágenes de texto, carácter por carácter, con su base de datos interna. Si el sistema coincide con el texto palabra por palabra, se denomina reconocimiento óptico de palabras. Esta solución tiene limitaciones, ya que hay fuentes y estilos de escritura prácticamente ilimitados y no se puede capturar y almacenar en la base de datos cada uno de los tipos.

#### ***Software inteligente de reconocimiento óptico de caracteres***

Los sistemas de OCR modernos utilizan tecnología de reconocimiento inteligente de caracteres (ICR) para leer el texto de la misma manera que lo hacen los humanos. Utilizan métodos avanzados que entrenan a las máquinas para que se comporten como humanos mediante el software de machine learning. Un sistema de machine learning llamado red neuronal<sup>19</sup>, analiza el texto en muchos niveles y procesa la imagen reiteradamente. Busca diferentes atributos de imagen, como curvas, líneas, intersecciones y circuitos, y combina los resultados de todos estos niveles de análisis diferentes para obtener el resultado final. Si bien el ICR normalmente procesa las imágenes de un carácter a la vez, el proceso es rápido y los resultados se obtienen en segundos.

---

<sup>19</sup> Una red neuronal es un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano

## **4.6.2. Reconocimiento de palabras inteligente**

Los sistemas inteligentes de reconocimiento de palabras funcionan con los mismos principios que ICR, pero procesan imágenes de palabras completas en lugar de procesar previamente las imágenes en caracteres.

En el presente trabajo se elige utilizar OCR porque en el sector de la salud se utiliza para optimizar el flujo de trabajo y reducir el trabajo manual en los hospitales mientras mantiene los registros actualizados. Por ejemplo, nib Group ofrece seguros médicos y de salud a más de un millón de australianos y recibe miles de solicitudes médicas al día. En México el sistema médico público tiene una cantidad de 92,582,812 millones personas afiliadas a sus diferentes sistemas de salud, entonces, la cantidad de datos es demasiado grande.

## **4.6.3. Aplicaciones de extracción de información**

Signaturit es una empresa tecnológica con sede en Barcelona, España, que se especializa en soluciones de firma electrónica, identificación y entrega segura de documentos digitales. Fundada en 2013, Signaturit ha desarrollado una plataforma que permite a las empresas enviar, firmar y gestionar documentos de forma segura y legalmente vinculante en línea.

Su tecnología se basa en la firma electrónica avanzada, que cumple con los estándares legales más exigentes en la Unión Europea y otros países donde opera. Esto significa que los documentos firmados digitalmente a través de la plataforma de Signaturit tienen la misma validez legal que los documentos firmados de forma tradicional en papel.

En el año 2017, Signaturit obtuvo financiamiento del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea mediante el acuerdo de subvención. Este respaldo económico ha permitido a la empresa llevar a cabo diversos proyectos, incluyendo el desarrollo de software especializado en el reconocimiento automático y extracción de información más compleja de documentos de identidad europeos.

El propósito principal de esta tecnología es posibilitar la extracción y validación de todos los datos contenidos en un documento de identidad europeo a partir de una fotografía del mismo. Esto se traduce en un aumento significativo de la seguridad en las transacciones realizadas a través de la plataforma de Signaturit. Este proyecto respaldado por Horizon 2020 busca mejorar la autenticación de documentos de identidad, contribuyendo así a la eficacia y confianza en las operaciones llevadas a cabo en su plataforma.

#### **4.6.4. Ventajas y Desventajas del OCR**

El OCR ofrece una serie de beneficios significativos en el ámbito de la atención médica. Por un lado, agiliza los flujos de trabajo al automatizar procesos como el acceso a los registros electrónicos de salud (EHR), el almacenamiento de datos y el análisis de la atención médica. Esto no solo mejora el tiempo de procesamiento, sino que también ahorra tiempo tanto a pacientes como a médicos viéndolo desde una perspectiva administrativa-económica.

También, aumenta la disponibilidad de datos al poner la información al alcance de los usuarios en todo momento. Los datos digitalizados permiten una extracción más fácil y rápida, lo que ayuda a evitar demoras en el tratamiento de los pacientes.

Otro beneficio es la reducción de la inversión en mano de obra, ya que muchas tareas repetitivas y tediosas pueden automatizarse, disminuyendo así la necesidad de personal sanitario. Sin embargo, el OCR también presenta algunas desventajas. Por ejemplo, requiere una capacidad significativa de almacenamiento para procesar y almacenar grandes volúmenes de datos digitalizados. Además, la seguridad de los datos sigue siendo una preocupación, ya que la tecnología OCR aún no está completamente optimizada para garantizar la protección adecuada de la información médica sensible. Además, la precisión puede ser un desafío, especialmente en términos y jerga médica complejos. La identificación incorrecta de caracteres puede llevar a errores de transcripción o inexactitudes en los informes.

Finalmente, el OCR todavía tiene margen de mejora en la identificación de documentos escritos a mano e imágenes, lo que lo hace propenso a errores en ciertos contextos.

## **4.7. Conclusiones del capítulo 4**

El desarrollo de sistemas de reconocimiento de caracteres y patrones está estrechamente ligado a la inteligencia artificial. Resulta sorprendente cómo el OCR (Optical Character Recognition) se ha integrado en diversos sectores, incluyendo la economía. Sin embargo, el verdadero desafío radica en encontrar usos adecuados y pertinentes para estas herramientas, lo cual puede no ser evidente para un ingeniero a simple vista.

A lo largo de este capítulo, hemos explorado las diversas aplicaciones y la amplia gama de usos del OCR, introduciendo así la inteligencia artificial en diferentes aspectos. En esta tesis, llevaremos esta aplicación a casos clínicos en el sector de la salud, donde enfrentamos problemas significativos, como ya se ha destacado en el capítulo 3.

En el presente capítulo se han abordado los fundamentos teóricos que sustentan los procesos de análisis de imagen y procesamiento de texto utilizados en esta investigación. Se detallaron las principales técnicas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) y las herramientas asociadas al Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN), destacando su relevancia para la extracción automatizada de información a partir de documentos clínicos no estructurados. La integración de estos enfoques constituye la base para el desarrollo de un sistema inteligente orientado a la clasificación de datos clínicos y la inferencia diagnóstica mediante algoritmos de aprendizaje automático, con énfasis en el uso de Máquinas de Vectores de Soporte (SVM). A partir de este marco conceptual, en los capítulos siguientes se expone la implementación práctica del sistema, describiendo el proceso de diseño, programación y evaluación del prototipo, a través del cual se materializan los conceptos previamente desarrollados.

# CAPÍTULO 5

## Máquina de Soporte Vectorial

*"Nada en este mundo debe ser temido, solo entendido. Ahora es el momento de entender más, para poder temer menos."  
(Marie Curie, 1911.)*

## 5.1 Introducción

En este capítulo se aborda el algoritmo de Support Vector Machine (SVM), también conocido como *máquina de soporte vectorial*, parte fundamental del desarrollo del sistema propuesto en este trabajo. Este algoritmo pertenece al ámbito del aprendizaje automático supervisado y se utiliza principalmente para tareas de clasificación y regresión. Aunque es capaz de realizar ambas funciones, su aplicación más común y destacada se encuentra en problemas de clasificación, donde ha demostrado ser altamente efectivo.

El algoritmo tiene como objetivo encontrar el hiperplano óptimo en un espacio N-dimensional para separar los puntos de datos en diferentes clases. El algoritmo maximiza el margen entre los puntos más cercanos de diferentes clases.

Lo ideal es que los datos sean linealmente separables, es decir, que sea posible trazar una línea recta ya sea en una línea recta, un plano o un hiperplano, esto para que separe las clases de los datos de manera clara y precisa. Por ejemplo: *En un espacio 2D, imagina un conjunto de puntos rojos y azules. Si puedes dibujar una línea recta que separe todos los puntos rojos de los azules, los datos son linealmente separables.* Como se muestra en la siguiente imagen:

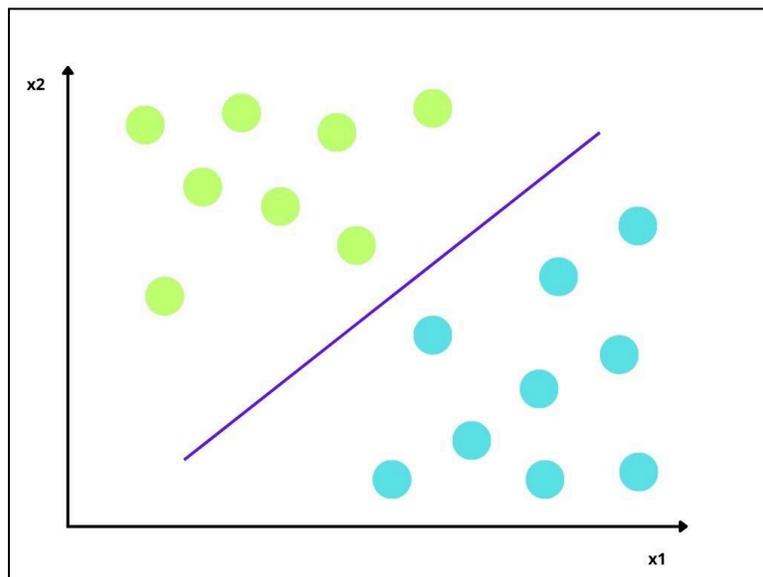


Imagen 5.1.1. Datos linealmente separables.

## 5.2. Funcionamiento del Algoritmo SVM

Como se mencionó en la introducción de este capítulo, la tarea principal del algoritmo de SVM es encontrar el hiperplano que mejor separe dos clases, maximizando el margen entre ellas. Este margen se define como la distancia desde el hiperplano a los puntos de datos más cercanos de cada clase, conocidos como vectores de soporte. El hiperplano se puede representar con la ecuación (5.2.1) en clasificación lineal, es decir, una fórmula matemática que define la frontera de decisión que separa distintas clases dentro de un espacio de características. En esta ecuación,  $w$  es el vector de pesos que indica la orientación del hiperplano,  $x$  es el vector de características del dato a clasificar, y  $b$  es un término de sesgo que ajusta la posición del hiperplano. Esta representación permite que el modelo clasifique nuevos datos en función del lado del hiperplano en el que se ubiquen.

$$w \cdot x + b = 0 \quad (5.2.1)$$

Este hiperplano también es conocido como margen duro, que es el que maximiza la distancia entre el hiperplano y los puntos de datos más cercanos de cada clase. Al tener un margen de separación, se asegura que haya una clara separación entre subconjuntos. En la imagen 5.1.1, L2 es el margen duro<sup>20</sup> elegido:

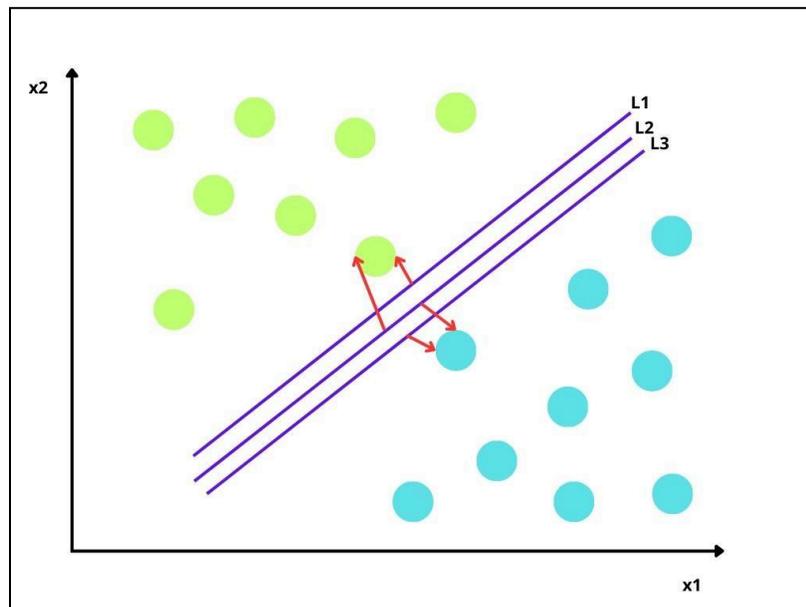


Imagen 5.2.1. Hiperplano separando clases.

<sup>20</sup> Un hiperplano de margen máximo que separa perfectamente los datos sin clasificaciones erróneas.

El margen blando (o soft margin) que permite cierta flexibilidad al clasificar datos que no son perfectamente separables. Esto se logra introduciendo variables de holgura, las cuales admiten un número limitado de clasificaciones erróneas. El objetivo de este enfoque es equilibrar dos aspectos clave: la maximización del margen entre las clases y la penalización de las clasificaciones incorrectas. De esta manera, el modelo puede manejar conjuntos de datos más realistas, donde la separación lineal perfecta no siempre es posible, en este caso la clasificación o el porcentaje de exactitud no es al 100% correcto. La ecuación representa el equilibrio entre la minimización y la maximización entre márgenes y penalizaciones:

$$\text{Función objetivo} = \left(\frac{1}{\text{margen}}\right) + A\Sigma\text{penalización} \quad (5.2.2)$$

La penalización de la ecuación es utilizada por los errores de márgenes en el SVM, y suele ser más que nada la pérdidas de la bisagra o también llamada *hinge loss*<sup>21</sup>, que tiene dos tipos de comportamiento:

1. Clasificación correcta: Si un punto de datos se clasifica correctamente y se encuentra dentro del margen, no se aplica ninguna penalización (pérdida = 0).
2. Clasificación incorrecta del margen: Si un punto se clasifica incorrectamente el margen, la pérdida de bisagra aumenta proporcionalmente a la distancia de la violación.

Los algoritmos de clasificación, como las máquinas de soporte vectorial (SVM), buscan encontrar una frontera de decisión que separe las clases de datos. Cuando los datos son linealmente separables, esta tarea es más fácil y eficiente, ya que el algoritmo puede encontrar una solución óptima, es decir, un hiperplano que maximiza el margen entre las clases. Sin embargo, en el mundo real, muchos conjuntos de datos no son linealmente separables o también puede verse como clases de datos están entrelazadas o distribuidas de manera compleja, lo que hace imposible trazar una línea recta que las separe. En estos casos, los algoritmos lineales, como SVM sin

---

<sup>21</sup> Una función de pérdida que penaliza puntos mal clasificados o violaciones de margen, combinada con la regularización en SVM.

modificaciones, no pueden funcionar correctamente.

Si los datos no son linealmente separables en su espacio original, es decir, no se puede trazar una línea (o hiperplano) que los divida claramente en dos clases, se utilizan técnicas como los kernels para resolver este problema. Un kernel es una función que transforma los datos a un espacio de mayor dimensión, donde las relaciones no lineales pueden volverse lineales. Esto se debe a que, al aumentar la dimensionalidad, se amplía la capacidad del modelo para encontrar una frontera de decisión que antes no era posible en el espacio original. Es como si los datos que están entrelazados en 2D se pudieran "desenredar" al proyectarlos en 3D, permitiendo separar las clases con un plano, por ejemplo, en la imagen 5.2.2 y la imagen 5.2.3

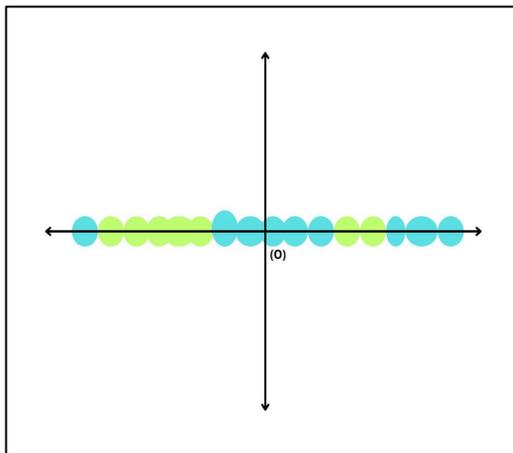


Imagen 5.2.2. Datos no lineales.

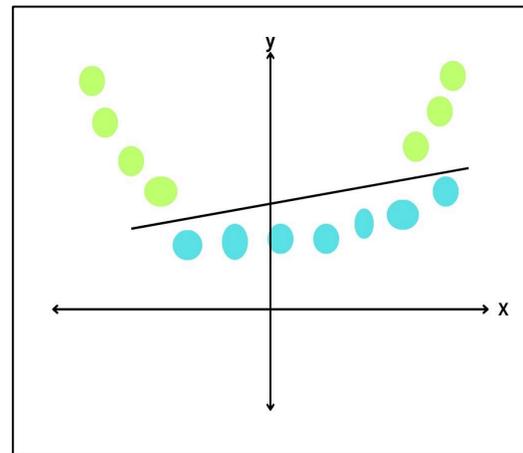


Imagen 5.2.3. Datos no lineales convertidos en lineales

Una función de kernel, denotada como  $K: X \times X \rightarrow R$ , es una función que toma dos elementos del espacio de entrada  $X$  y asigna un valor real. Este valor real corresponde al producto escalar (también conocido como producto interno) de las imágenes de esos dos elementos en un nuevo espacio  $F$ , el cual es un espacio de características de mayor dimensión en el que los datos se representan después de aplicar un kernel. Aunque no se calcula explícitamente, este espacio permite que los algoritmos como el SVM trabajen con datos no linealmente separables, en las imágenes 5.2.2 y 5.2.3 se muestran cual sería el cambio al utilizar la función kernel. Matemáticamente esta función se define como:

$$K(x, x') = [\Phi(x), \Phi(x')] = \phi_1(x)\phi_1(x') + \dots + \phi_m(x)\phi_m(x') \quad (5.2.3)$$

donde:

- $\Phi: X \rightarrow F$ : es una función que mapea los elementos del espacio de entrada X, a un nuevo espacio F, llamado espacio de características.
- $\langle \Phi(x), \Phi(x') \rangle$ : representa el producto escalar en el espacio F.

La función  $\Phi$ , permite que los datos que no sean lineales en el espacio original se vuelvan lineales y se separen, en un espacio F. Mientras que el kernel, calcula el producto escalar que se realiza la función permite calcular la similitud entre dos elementos  $x$  y  $x'$  (imágenes), en el espacio transformado F.

Para comprender un poco más sobre cómo funciona un kernel, se puede suponer que existen datos en un espacio 2D (puntos en un plano), que no son linealmente separables. Al aplicar la función del kernel, los datos que no se podían separar ahora son separados y mapeados en un espacio 3D, lo que también significa de mayor dimensión; en este espacio sí es posible trazar un plano que los separe.

### 5.3. Clases linealmente separables

En la clasificación binaria, existen dos clases que se pueden etiquetar como -1 y 1, en un lenguaje común puede interpretarse como lo que puede ser y lo que no. Por ejemplo: un tumor puede ser benigno o maligno, pero no puede ser las dos:

- 1: Tumor maligno
- -1: Tumor benigno

Esto representa una decisión dicotómica, es decir, que el dato puede pertenecer a una clase u otra, pero no puede pertenecer a ambas al mismo tiempo. Por ello las etiquetas se pueden denotar como:  $A \oplus B$ .

El objetivo es encontrar una frontera de decisión que separe las dos clases de manera eficiente. Si los datos se pueden separar linealmente, la frontera de decisión de la que se habla es una línea recta, la cual si se trata como un espacio de tres dimensiones, es un plano, mientras que en espacios de mayor dimensión se trata de hiperplanos , que se representa como:

$$w^T \cdot x + b = 0 \quad (5.3.1)$$

donde:

- $w^T$ : es el vector normal al hiperplano.
- $x$ : vector de características de un punto.
- $b$ : desplazamiento o sesgo, que representa la distancia del hiperplano desde el origen hasta el vector normal  $w$ .

Cuando se separan bien las clases unas de otras, se conoce como frontera de decisión eficiente, es decir, minimiza los errores de clasificación y, en el mejor de los casos, maximiza la distancia entre el hiperplano y los puntos más cercanos de cada clase, mejor conocido como margen.

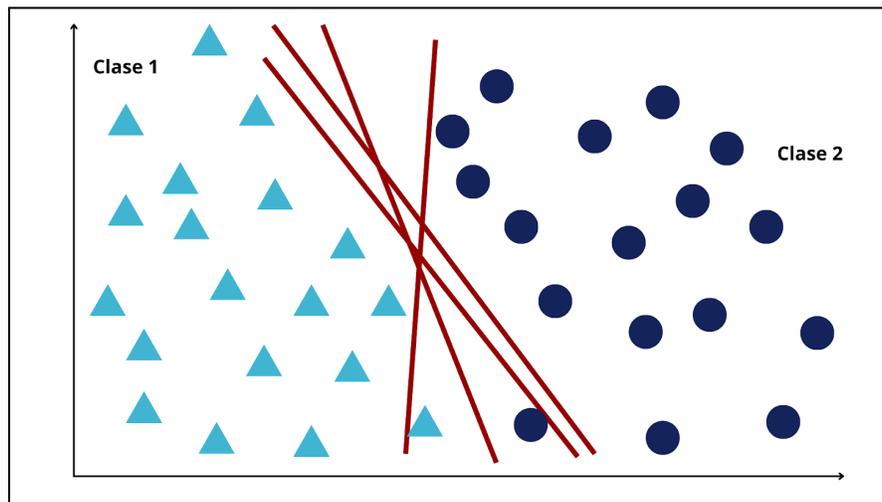


Imagen 5.3.2. Múltiples hiperplanos.

Existe un problema cuando se trata de separar las clases, y es que puede haber más de un hiperplano (imagen 5.3.1), correcto en la separación de clase. La pregunta aquí es ¿Qué hiperplano se debe elegir?. Para dar respuesta a esto, es necesario encontrar el hiperplano óptimo de separación, que es aquel que se encuentra más alejado de

todas las clases en entrenamiento. Y para obtenerlo, se calcula la distancia perpendicular de cada clase a un determinado hiperplano. Cuando se calcula la mínima distancia, también conocida como margen (entre el hiperplano y el punto más próximo de cada clase), también se identifica la mejor clasificación que evita posibles sesgos o variaciones en los datos de las clases.

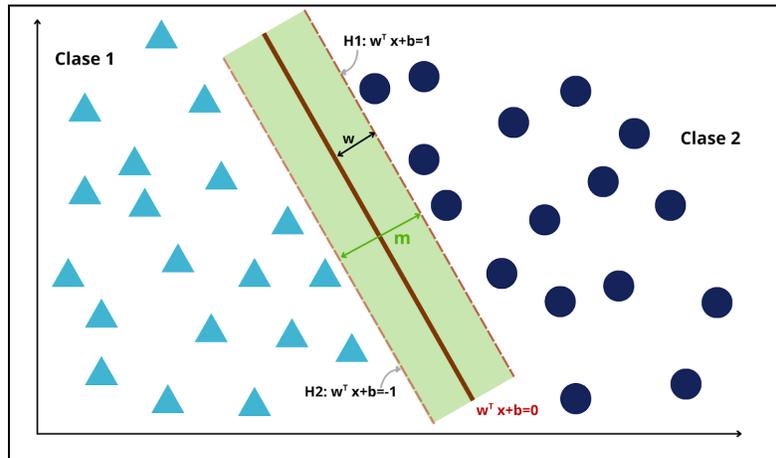


Imagen 5.3.2. Hiperplano óptimo.

Las imagen 5.2.1 y 5.2.2, muestra cómo a partir del problema de hiperplanos se puede llegar a encontrar el hiperplano óptimo para la mejor clasificación entre clases. Si bien habrá veces que el número de hiperplanos sean demasiados, va a tener que ser necesario calcular la mínima distancia por cada hiperplano y clase.

También es importante decir que, existen dos aspectos en los ejemplos mencionados, y es que solo existen dos clases y que también cada clase tiene su frontera, es decir, los datos no están mezclados, pero existen casos en que: existen de más de dos clases, mezcla de datos de clases y múltiples clases con datos mezclados. Estos casos se van a estudiar mejor en los siguientes temas.

## 5.4. Clases linealmente no separables

Existe otra problemática dentro de SVM, donde los datos son *linealmente no separables*, es decir, son clases que por su naturaleza no se pueden separar por un hiperplano, en caso de que los datos se aborden en dos dimensiones. En este caso, se utiliza la técnica de transformación del espacio con la aplicación de una función no lineal hacia un espacio Hilbert.

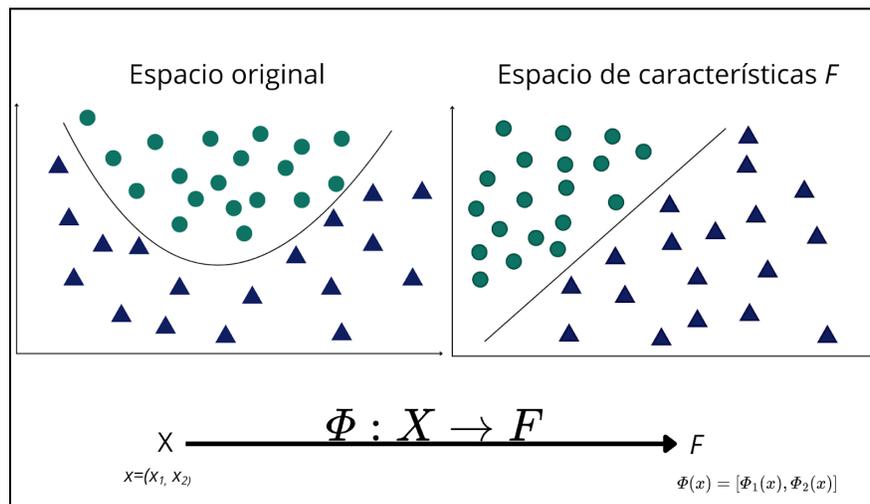


Imagen 5.3.2. Transformación del espacio Hilbert.

La transformación no lineal en el espacio es representada con la función  $\Phi(x)$ , que lleva los datos desde el espacio original  $X$  a un nuevo espacio con características  $F$ , de mayor dimensión. En este nuevo espacio sí es posible separar los puntos con un hiperplano lineal. Una vez que se aplica la transformación con la función kernel, da como resultado el espacio de características  $F$ , en este espacio los datos se reorganizan de tal forma que ahora sí puedan ser linealmente separables.

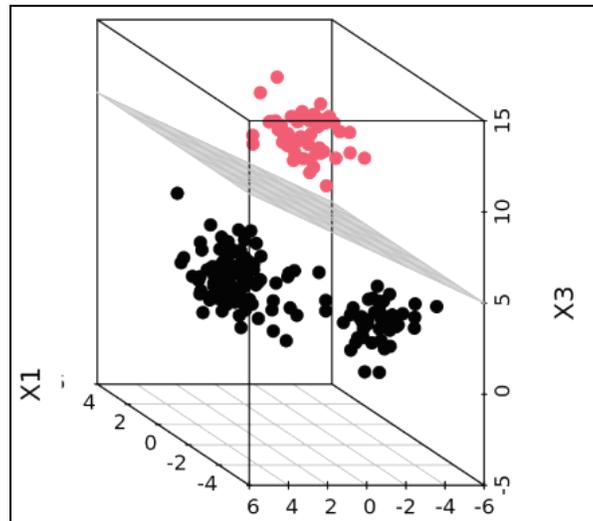


Imagen 5.3.2. Clasificación en más dimensiones.

El hecho de que dos clases no sean linealmente separables en el espacio original no implica que no puedan serlo en un espacio de mayor dimensión. Un ejemplo de cómo se pueden representar datos linealmente no separables en dos dimensiones y transformarlos a un espacio tridimensional es mediante la siguiente función:

$$f(x_1, x_2) = (x_1^2, \sqrt{2}x_1x_2, x_2^2) \quad (5.4.1)$$

Existen infinitas posibilidades en las transformaciones para más de una dimensión. Pero para saber qué transformación conviene más, se hace uso de las funciones kernel (K). Una función kernel, da como resultado el producto punto entre dos vectores en un campo diferente al espacio original. Pero cuando existe un espacio con características de mayor dimensión, el kernel simula el efecto de transformar los datos a una dimensión mayor, esto permite trabajar con los datos como si ya estuvieran con la transformación. Este enfoque es lo que se conoce como kernel trick.. De esta manera se puede dar solución a cualquier dimensión.

## 5.5. Conclusiones del capítulo 5

En este capítulo se abordó y se profundizó en el estudio de la Máquina de Soporte Vectorial (SVM), una herramienta fundamental para el pronóstico y la clasificación de datos. Si bien su análisis matemático puede resultar complejo, se optó por centrarse en dos casos representativos: los linealmente separables y los no linealmente separables. Esto no implica que los demás escenarios sean irrelevantes, sino que, por el contrario, es muy probable que adquieran mayor importancia conforme avance el desarrollo y perfeccionamiento del sistema.

Es importante destacar que, detrás del marco matemático que sustenta este modelo, convergen diversas disciplinas, lo que añade un grado de complejidad adicional. No obstante, se procuró presentar los conceptos de forma clara y coherente, con el objetivo de facilitar la comprensión a lectores que no estén completamente familiarizados con el tema.

# CAPÍTULO 6

## **Propuesta e implementacion del sistema inteligente en la gestión veterinaria**

*"Permítanme no morir sin gloria y sin lucha, pero permítanme primero hacer algo grande que se contará entre los hombres en el más allá." (Homero, La Iliada.)*

## 6.1. Introducción

En este capítulo, se enfoca en estudiar y analizar detalladamente la aplicación y los resultados de OCR y SVM a nivel código. Este análisis permite evaluar la eficacia y precisión del sistema implementado, así como identificar posibles áreas de mejora.

Para llevar a cabo este estudio, se examinan los resultados obtenidos en diferentes escenarios y casos de prueba. Se analiza la precisión del reconocimiento de caracteres en una variedad de tipos de archivos e imágenes, incluyendo documentos escaneados, archivos PDF y aquellos que contienen texto escrito a mano. Además, se evalúa la velocidad de procesamiento y la capacidad del sistema para manejar grandes volúmenes de datos.

Al estudiar los resultados, se identifican los posibles errores o deficiencias en el reconocimiento de caracteres, así como en comprender las causas subyacentes de estos problemas. También examinaremos las áreas donde el sistema ha tenido un desempeño sólido y exitoso.

Además del análisis de los resultados, dedicaremos tiempo a discutir las posibles mejoras y optimizaciones que podrían implementarse en el sistema. Esto puede incluir ajustes en los algoritmos utilizados, la incorporación de nuevas herramientas o técnicas de procesamiento de imágenes, o la optimización de los parámetros del sistema para mejorar su rendimiento.

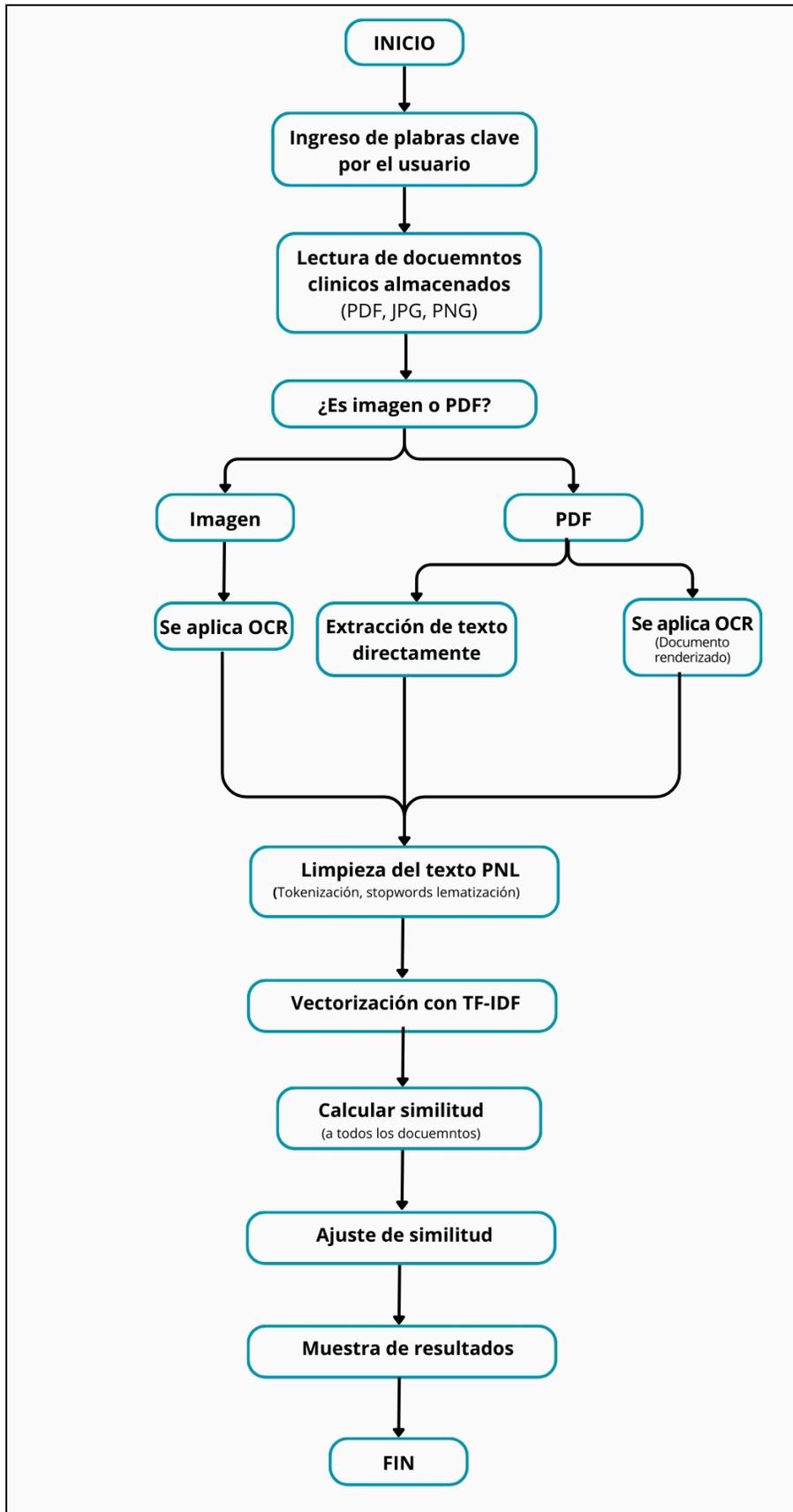


Imagen 6.1. Diagrama de Flujo pipeline.

## 6.2. Aplicación del Sistema Inteligente

Para la implementación del código se optó por el lenguaje en Python. Este lenguaje ofrece una amplia gama de bibliotecas y frameworks especializados en inteligencia artificial y aprendizaje automático, como TensorFlow, PyTorch y scikit-learn. Estas herramientas proporcionan implementaciones eficientes de algoritmos y funcionalidades avanzadas para el desarrollo de modelos de inteligencia artificial. Además, Python hace más fácil la comprensión del código, porque su sintaxis es clara y legible que tiene lo que es crucial en proyectos complejos como los sistemas inteligentes.

### 6.2.1. Librerías

Tesseract es una de las librerías principales, utiliza algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de visión para analizar las imágenes y reconocer patrones que representan caracteres individuales. Trabaja con diferentes formatos de imagen, incluyendo imágenes escaneadas, capturas de pantalla y fotografías, y puede reconocer texto en cualquier idioma. Es por esto por lo que se consideró una de las mejores herramientas. Para hacer uso de Tesseract, se debe de seguir una serie de pasos para su instalación; a continuación se explica cómo es la instalación y configuración:

Instalación.

1. Se debe de ingresar al siguiente repositorio:

<https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>

2. Buscar la carpeta Releases (versiones), en la que debemos buscar el sistema operativo en el que lo vamos a instalar en este caso, va a ser Windows. En esta parte se tiene que encontrar el archivo ejecutable con el nombre “tesseract-ocr-w64-setup-5.3.4.20240503.exe”. Se recomienda descargar versiones pares, ya que son las versiones que están listas para lanzamientos.

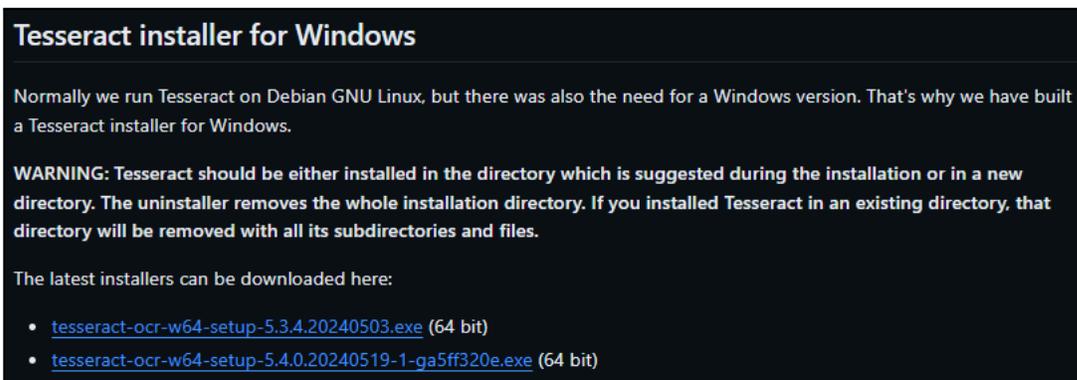


Imagen 6.2.1.1. Archivo ejecutable de Tesseract.

3. Una vez descargado el instalador, se abre una ventana de CMD para ejecutar el archivo ejecutable, en esta parte se debe ejecutar en la carpeta en la que se guardó el archivo, de lo contrario no servirá.

Configuración:

1. Una vez que se ejecuta el archivo descargado, se tienen que seguir los pasos que se indica en la configuración como: dirección PATH, idioma, archivos y herramientas a habilitar.

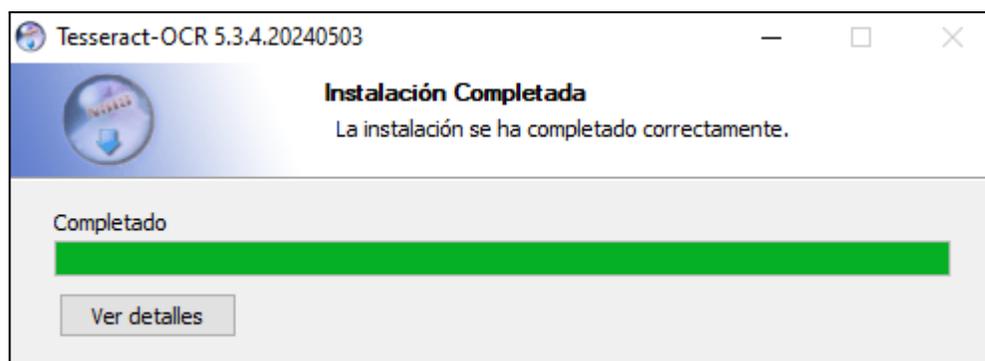


Imagen 6.2.1.2. Configuración de Tesseract.

2. Después de completar la instalación, se puede verificar si Tesseract-OCR se instaló correctamente abriendo una nueva ventana de CMD y escribiendo el siguiente comando: `tesseract --version`.

Otras de las librerías que se ocupan en el código son las siguientes:

1. pytesseract: sirve como interfaz para Tesseract, lo que permite que se pueda utilizar Tesseract y procesar imágenes para extraer texto.
2. wordcloud: Se utiliza para generar representaciones visuales de las palabras más frecuentes en un texto. Aunque no se utiliza en todo el código, se utiliza en los términos más comunes en los documentos analizados.
3. PyMuPDF (fitz): Trabaja con archivos PDF en Python y permite leer el contenido de un archivo PDF, y poder extraer el texto para poder analizarlo de manera similar a las imágenes procesadas.

### **6.2.2. Proceso y funcionamiento del sistema**

El sistema tiene una secuencia estructurada que permite que permite el análisis de los casos (ver apéndice C). El proceso inicia con los parámetros de búsqueda, en la que el usuario introduce un conjunto de palabras clave que representan los elementos clínicos de interés. Una vez que el usuario ingresa los parámetros, el sistema realiza una búsqueda automatizada de archivos dentro de un directorio predefinido, con los formatos que serán evaluados.

Una vez que se analiza los documentos, se procede con la extracción de información, utilizando la librería PyMuPDF para PDFs y el OCR para imágenes. Posteriormente, se lleva a cabo un largo proceso de pre procesamiento lingüístico y normalización de lenguaje natural, que incluye la normalización del texto a minúsculas, eliminación de signos de puntuación, tokenización léxica, lematización para el filtrado de palabras vacías con base en el idioma español. Esta etapa garantiza una representación textual depurada para el análisis.

Con los textos normalizados, se aplica la Term Frequency - Inverse Document Frequency, para convertir los documentos y las palabras clave en vectores numéricos que reflejan la importancia relativa de cada término en el corpus. A través del cálculo se determina qué tan cercanos semánticamente son los textos de los documentos respecto a las palabras clave del usuario. Estos valores de similitud son luego ajustados mediante una función de remapeo, con el objetivo de colocar los documentos relevantes en un rango interpretativo alto (85% a 96%) y proporcionar

una evaluación clara de su grado de coincidencia.

Por último, se presentan los resultados de manera estructurada, mostrando el nombre de cada documento, su porcentaje de similitud ajustado y una etiqueta que clasifica su nivel de coincidencia como “Alta” o “Baja” confianza. Este flujo de trabajo permite agilizar el análisis de grandes volúmenes de archivos clínicos o académicos, haciendo más fácil y rápido el proceso de estudio de caso diagnósticos.

En la Figura 6.2.2.1, se muestra el ciclo de vida del sistema que se desarrolló tomando en cuenta que el proceso de actualización ajustes que todo sistema debe de tener:



Figura 6.2.2.1. Ciclo de vida del sistema.

### 6.3. Resultados teóricos

En la gestión y análisis de información, la búsqueda eficiente de palabras clave en documentos de texto es necesaria para extraer datos relevantes y tomar decisiones informadas. Con este objetivo, se desarrolla un código destinado a simplificar este proceso al usuario, ofreciendo una herramienta que agiliza la búsqueda y análisis de información en una carpeta específica.

El código diseñado tiene como meta permitir al usuario ingresar palabras clave de interés, las cuales serán utilizadas para buscar coincidencias en los documentos contenidos dentro de una carpeta designada. Al ejecutar el programa, se solicita al usuario que ingrese las palabras clave pertinentes, iniciando así el proceso de búsqueda.

Una vez ingresadas las palabras clave, el script se desplaza hacia la carpeta local específica donde se encuentran los archivos de interés, incluyendo imágenes en formato PNG y JPG, así como archivos PDF. Durante la ejecución, cada archivo es analizado utilizando reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para extraer el texto contenido en ellos. Este texto extraído es luego examinado en búsqueda de las palabras clave ingresadas por el usuario.

Si se encuentran coincidencias entre las palabras clave y el texto extraído, el script notifica al usuario sobre los archivos donde se encontraron dichas coincidencias, mostrando las palabras clave detectadas. Es importante tener en cuenta que pueden surgir problemáticas durante este proceso. Por ejemplo, si las imágenes están escaneadas, puede haber un mínimo porcentaje de error, lo que se puede deber principalmente a dos factores: la calidad de la imagen o la falta de claridad en los archivos escritos a mano. Complicando la identificación y extracción precisa de los caracteres. Este factor puede afectar la precisión de la búsqueda y requerir atención especial en la interpretación de los resultados obtenidos.

#### **6.4. Resultados prácticos**

Durante la ejecución, el programa analiza cada archivo utilizando el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para extraer el texto. A continuación, busca las palabras clave ingresadas por el usuario en este texto extraído.

Si se encuentran coincidencias, el script imprime un mensaje indicando en qué archivo se encontraron y muestra las palabras clave detectadas. Además, proporciona

una visualización del contenido del documento en la consola de VS Code y abre el archivo con la aplicación predeterminada del sistema. Por ejemplo, si los archivos que contienen las palabras clave están en tanto en imágenes como en pdf, el resultado de los documentos lo abre para el caso de imágenes en la aplicación de Fotos mientras que para el pdf lo abre en el navegador.

Algunos de los problemas que se pueden llegar a presentar son que si las imágenes son escaneadas, en cualquier formato (incluyendo pdf), puede haber un porcentaje de error mínimo puesto que hay muchas veces que el escaneado o la imagen incluso se ven borrosas haciendo difícil la identificación y la extracción de los caracteres.

### 6.4.1. Resultados prácticos con archivos

En la primera prueba se buscaron palabras que estuvieran en alguno de los archivos pdf, como lo fueron: 'ECOP' y 'problemas', por lo que se hizo la búsqueda entre los archivos con diferentes extensiones.

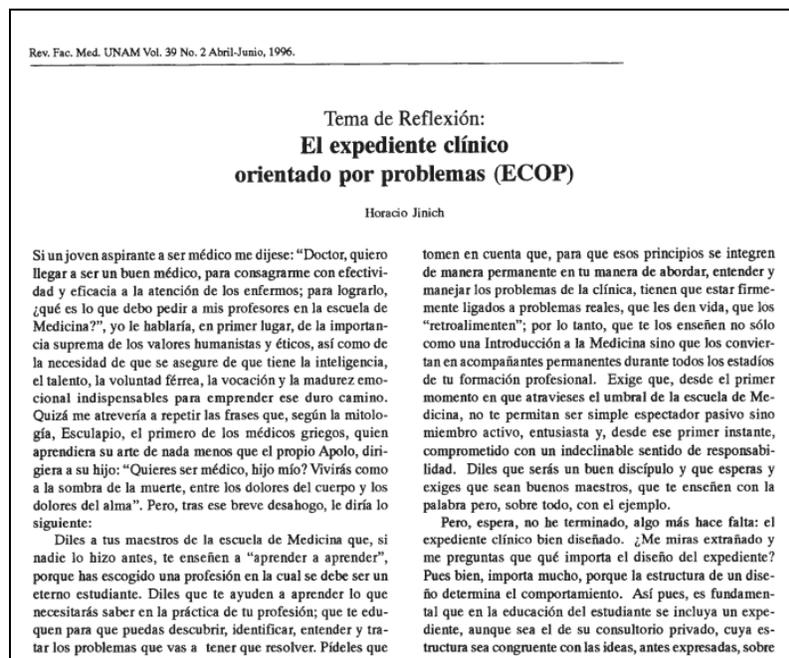


Imagen 6.3.1.1. Documento de búsqueda.



```
ArtcPerros (1).pdf: 0.00% (Baja confianza)
helguera,+2047-6855-1-CE.pdf: 0.00% (Baja confianza)
Historia clínica 1.jpg: 85.91% (Alta confianza)
ECOP.pdf: 0.00% (Baja confianza)
0768543.pdf: 1.18% (Baja confianza)
Dialnet-ProcesamientoDifusoDeImagenes-4797331.pdf: 0.00% (Baja confianza)
```

Imagen 6.3.1.4. Resultado de búsqueda.

## 6.5. Mejoras a futuro sobre el sistema desarrollado

Este trabajo presenta una investigación exhaustiva sobre las problemáticas que enfrenta el sector veterinario, así como su impacto en la sociedad. A partir de este análisis, se propone una solución tecnológica viable para una de estas problemáticas, reconociendo que aún existen múltiples retos por abordar. No obstante, este capítulo se enfoca en las proyecciones a futuro del proyecto, destacando la necesidad de una evolución constante. Desde una perspectiva ingenieril, es fundamental no solo actualizar continuamente la herramienta desarrollada, sino también mantener una formación profesional alineada con los avances tecnológicos y las necesidades emergentes de la sociedad.

### **Criterios para mejoras a futuro:**

1. Superar barreras de accesibilidad tecnológica en el sector veterinario público.
2. Mejorar la velocidad de lectura y procesamiento de archivos clínicos.
3. Ampliar la capacidad de análisis a nuevos tipos de archivos clínicos complejos (videos, radiografías, audios).
4. Garantizar una arquitectura escalable, distribuida y con almacenamiento eficiente.
5. Facilitar el acceso remoto mediante integración en la nube.
6. Establecer mecanismos formales de validación, actualización y certificación continua.

Una proyección relevante para el desarrollo futuro del sistema sería la implementación en plataformas accesibles para profesionales en medicina veterinaria, en especial aquellos que laboran en el sector público. No obstante, alcanzar esta meta implica una serie de pasos arduos, como el establecimiento de protocolos, la obtención de permisos correspondientes y la realización de pruebas piloto. Estas etapas permitirían evaluar, ajustar y perfeccionar la herramienta antes de su adopción generalizada, en un proceso que, previsiblemente, podría extenderse por al menos dos años.

Esta meta no sólo busca asegurar un producto funcional y eficiente, sino también garantizar que cuente con mecanismos de actualización, validación y revisión continua. Además, dicho proceso es esencial considerando que uno de los objetivos a mediano plazo es lograr la patente del sistema y su eventual lanzamiento al mercado, con el fin de generar un impacto real, seguro y sostenible en la práctica veterinaria.

Por otro lado, integrar tecnologías en la nube permitiría mejorar la accesibilidad, escalabilidad y flexibilidad del sistema. Al trasladar el sistema a la nube, se eliminarían las limitaciones asociadas con el almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de datos. Esto facilita la gestión de una base de datos más amplia, lo que, a su vez, podría incrementar tanto la precisión como la eficiencia del sistema. Actualmente, uno de los principales retos es el tiempo que toma acceder a los archivos, ya que se requiere realizar una lectura individual de cada uno. Aunque existen alternativas para mejorar la velocidad, como la implementación de programación concurrente, estas soluciones abordan sólo parte del problema. A medida que se incrementa el número de archivos almacenados localmente, el rendimiento general del sistema tiende a degradarse, lo que hace necesario considerar estrategias complementarias, como una arquitectura distribuida o almacenamiento optimizado, para garantizar una respuesta ágil y escalable.

Además, la computación en la nube facilita el acceso remoto al sistema desde cualquier ubicación, lo que sería especialmente beneficioso para los profesionales de la salud que necesitan acceder a información clínica en tiempo real, independientemente de su ubicación física.

Actualmente, el sistema realiza análisis y clasificación únicamente a nivel de archivos de texto e imágenes. No obstante, como se expuso en el capítulo 3, se ha explorado la posibilidad de extender sus capacidades hacia el procesamiento de archivos más complejos, como radiografías, videos y audios. Para alcanzar este nivel de análisis sería necesario un proceso de entrenamiento exhaustivo y especializado. Cabe resaltar que, como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, esta solución debe entenderse como una herramienta de apoyo, no como un sistema de diagnóstico con un 100% de confiabilidad.

En este sentido, se ha desarrollado un proyecto a nivel estudiantil, en el que se logró implementar un pequeño análisis comparativo básico entre dos videos: uno correspondiente a un paciente con un buen estado de salud aparente y otro con signos evidentes de deterioro, específicamente un ecocardiograma en medicina humana. Estos avances, aunque preliminares, muestran el potencial del sistema para expandirse hacia nuevas modalidades de datos clínicos.

## **6.6. Conclusiones generales**

En conclusión, el análisis de textos se presenta como una herramienta tecnológica fundamental para la transformación de documentos y archivos escaneados en datos digitales, siendo particularmente útil para la búsqueda eficiente de información. Sus aplicaciones son diversas y tienen gran relevancia en contextos como la medicina veterinaria, desde la conversión de documentos en papel hasta la extracción de información de imágenes capturadas por cámaras digitales o archivos en formato PDF.

Actualmente, se evidencia un problema significativo en el ámbito veterinario, reflejado en estadísticas preocupantes relacionadas con errores diagnósticos y tratamientos inadecuados. Esta situación, lamentablemente, ha derivado en prácticas poco ortodoxas. La urgencia de enfrentar estos desafíos es innegable, con el fin de mejorar la seguridad y la salud pública y animal en México. A lo largo de este trabajo, se han identificado necesidades clave que justifican el desarrollo de soluciones desde

un enfoque multidisciplinario, capaces de impactar positivamente en el sistema de salud y contribuir al bienestar y la calidad de vida de la población.

En este contexto, la capacidad de reconocer y procesar información de manera rápida representa una herramienta de gran valor. Su implementación puede mejorar la captura y gestión precisa de datos relacionados con procedimientos veterinarios, facilitando no solo la accesibilidad y edición de la información, sino también optimizando la toma de decisiones clínicas, al ofrecer una visión más rápida y detallada de cada caso. Esto beneficia directamente a estudiantes, profesionales de la salud e investigadores.

Como se ha analizado previamente, existe un porcentaje considerable de quejas en el sector veterinario relacionadas con deficiencias administrativas y diagnósticos erróneos, muchas veces causadas por la falta de tiempo y de acceso a recursos adecuados. Esta situación contribuye a que el sistema médico veterinario en México no alcance los estándares deseados. Como ingenieros, a menudo no reconocemos que áreas de estudio distintas a las nuestras requieren urgentemente nuestra colaboración para diseñar soluciones tecnológicas eficientes.

Es importante enfatizar que este sistema no pretende reemplazar los años de estudio, experiencia y formación de los profesionales veterinarios, sino funcionar como una herramienta de apoyo. Aún queda un largo camino por recorrer. Si existiera una solución inmediata y universal para cada enfermedad, la labor de generaciones de científicos, médicos e ingenieros ya estaría resuelta. Sin embargo, es precisamente ese constante reto lo que impulsa el avance del conocimiento y la mejora continua de nuestras prácticas.

## REFERENCIAS

- [1] Ae. (2023, 17 febrero). Pruebas de diagnóstico - Clínica Veterinaria Parque. Clínica Veterinaria Parque. <https://cvparque.es/services/pruebas-de-diagnostico/>
- [2] Aguilar Casas, E., & Serrano Álvarez, P. (2012). Posrevolución y estabilidad (1.a ed.). Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México (INEHRM). [https://inehrm.gob.mx/work/models/inehrm/Resource/437/1/images/posrevolucion\\_estabilidad.pdf](https://inehrm.gob.mx/work/models/inehrm/Resource/437/1/images/posrevolucion_estabilidad.pdf)
- [3] Albert Schweitzer. (2002). Reverence For Life: The Ethics of Albert Schweitzer for the Twenty-First Century. Syracuse University Press.
- [4] Algoritmo basado en Wavelets aplicado a la detección de incendios forestales. (2010). [Tesis de Maestría, Universidad de las Américas Puebla]. [https://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mel/gonzalez\\_g\\_ra/capitulo\\_2.pdf](https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mel/gonzalez_g_ra/capitulo_2.pdf)
- [5] Amat Rodrigo. (2020, diciembre). Máquinas de vector soporte (Support Vector Machines, SVMs). Ciencia de Datos. <https://cienciadedatos.net/documentos/py24-svm-python>
- [6] Balogh, E., Miller, B. T., & Ball, J. (2015). Improving Diagnosis in Health Care. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21794>
- [7] Barajas-Ochoa, A., & Ponce-Horta, A. M. (2017). Reconocer los errores diagnósticos, un paso necesario para abordarlos. Salud Pública de México, 60(1), 109. <https://doi.org/10.21149/8418>
- [8] Callejo, D., López, F., Pérez, J., & Vidal, J. M. V. E-REdING. Biblioteca de la Escuela

Superior de Ingenieros de Sevilla.  
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/use/abreproy/10570/fichero/Desarrollo+de+un+O>

[9] Facultad de Medicina. (s. f.). Casos clínicos Archive - Facultad de Medicina.  
[https://medicina.ufm.edu/casos\\_clinicos/](https://medicina.ufm.edu/casos_clinicos/)

[10] National Academies Press (US). (2010). Challenges in Clinical Research. Transforming Clinical Research In The United States - NCBI Bookshelf.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK50888/>

[11] Colegio Nacional de Agricultura y Veterinaria - Patrimonio-cyt-cdmx.colmex.mx.  
<https://patrimonio-cyt-cdmx.colmex.mx/colegio-nacional-de-agricultura-y-veterinaria/>

[12] De Enciclopedia Significados, E. (2017, 25 septiembre). Significado de Heurística.  
<https://www.significados.com/heuristica/>

[13] De la Nación, A. G. (s. f.). Los primeros intentos de la profesionalización veterinaria en México.  
<https://www.gob.mx/agn/articulos/los-primeros-intentos-de-la-veterinaria-en-mexico>

[14] El Economista. (2023, 22 septiembre). ¿Cuánto gastan las familias mexicanas en el cuidado de sus mascotas?  
<https://www.economista.com.mx/economia/Cuanto-gastan-las-familias-mexicanas-en-el-cuidado-de-sus-mascotas-20230922-0021.html>

[15] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia // UNAM. (s. f.).  
<https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/avma.html>

[16] Facultad de Medicina. Casos clínicos Archive - Facultad de Medicina.

[https://medicina.ufm.edu/casos\\_clinicos/](https://medicina.ufm.edu/casos_clinicos/)

[17] Fmvz-Unam, W. (s. f.). Fundación San Jacinto.  
<https://fmvz.unam.mx/sanjacinto/historia.html>

[18] Fragmento de los papiros de Kahun. (2024, 22 abril). Wikipedia.  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/PKahun\\_VI1-12.jpg/640px-PKahun\\_VI1-12.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/PKahun_VI1-12.jpg/640px-PKahun_VI1-12.jpg)

[19] GeeksforGeeks. (2025, 27 enero). Support Vector Machine (SVM) algorithm.  
<https://www.geeksforgeeks.org/support-vector-machine-algorithm/>

[20] Gelijns, A. C. (1990). Should We Change the Rules for Evaluating Medical Technologies? NCBI Bookshelf.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK235478/#ddd000011>

[21] GUÍA DE VIGILANCIA DE EPIZOOTIAS EN PRIMATES NO HUMANOS, CON SOSPECHA DE FIEBRE AMARILLA. (2019). Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social Paraguay.  
[https://dgvs.mspbs.gov.py/files/documentos/Guia\\_de\\_Vigilancia\\_de\\_Epizootias\\_con\\_Sospecha\\_de\\_Fiebre\\_Amarilla.pdf](https://dgvs.mspbs.gov.py/files/documentos/Guia_de_Vigilancia_de_Epizootias_con_Sospecha_de_Fiebre_Amarilla.pdf)

[22] Hardy-Pérez, A., & Rovelo-Lima, J. (2015). Moral, ética y bioética. Un punto de vista práctico. Medicina e Investigación, 3(1), 79-84.  
<https://doi.org/10.1016/j.mei.2015.02.007>

[23] Hincapié Sánchez, J., & Medina Arellano, M. (2019). Bioética: teorías y principios (1.a ed.). UNAM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6006/1.pdf>

[24] Hitos de la historia veterinaria.  
<https://historiaveterinaria.org/update/cuadernohistoriaelanco-1525333808.pdf>

[25] Imagen de la trama - ImageToStl.

<https://imagetostl.com/es/glosario/imagen-de-la-trama>

[26] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Sala de prensa. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/7021>

[27] Introduction. tessdoc. <https://tesseract-ocr.github.io/tessdoc/Installation.html>

[28] Isla de Farmakonisi. (2025, 26 febrero). Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Farmakonisi>

[28] Kassirer, J. P. (2014). Imperatives, expediency, and the new diagnosis. *Diagnosis*.

[29] Learn Statistics Easily. (2024, 24 julio). Qué es: Hiperplano. <https://es.statisticseasily.com/glosario/%C2%BFQu%C3%A9-es-el-hiperplano%3F/>

[30] Las aportaciones de la Grecia clásica a la medicina animal: los hipocráticos y los peripatéticos. (2008). Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social Paraguay. <https://www.historiaveterinaria.org/update/dualde-grecia-1456163933.pdf>

[31] Luis, R. G. P., & Luis, R. P. (s. f.). Principios técnicos para realizar la anamnesis en el paciente adulto. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21251999000400011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251999000400011)

[32] Madero Ayora, M. (2002). Desarrollo de un OCR: Método basado en operaciones morfológicas y sistemas expertos [Tesis de Licenciatura, Universidad de Sevilla]. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/use/abreproy/10570/fichero/Desarrollo+de+un+OCR+-+Mar%C3%ADa+Jos%C3%A9+Madero+Ayora.pdf>

[33] Naminas, K. (2023, 28 septiembre). OCR algorithms. Label Your Data. <https://labeyourdata.com/articles/automation-with-ocr-algorithm>

[34] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2015). Improving

Diagnosis in Health Care. Washington, DC: The National Academies Press.

[35] Nissen, T., & Wynn, R. (2014). The clinical case report: a review of its merits and limitations. BMC Research Notes, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-264>

[36] OCR – Explicación de qué es el reconocimiento óptico de caracteres | ABBYY. <https://pdf.abbyy.com/es/learning-center/what-is-ocr>

[37] Papiro\_Kahun. (s. f.). [https://www.quimica.es/enciclopedia/Papiro\\_Kahun.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/Papiro_Kahun.html)

[38] Pérez, F. M. (2010). Bioética, fundamentos, metodología. Revista Médica Clínica Las Condes, 21(1), 130-134. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(10\)70515-0](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(10)70515-0)

[39] Pineda Leguízamo, R., Miranda Novales, G., & Villasís Keever, M. Á. (2018). The importance of clinical case reports in research. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-91902018000100092](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902018000100092)

[40] ¿Qué es el análisis de textos? | Explicación del análisis de textos | AWS. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/text-analysis/>

[41] ¿Qué es el OCR? - Explicación del reconocimiento óptico de caracteres - AWS. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/ocr>

[42] ¿Qué es una red neuronal? - Explicación de las redes neuronales artificiales - AWS. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>

[43] Tema 3: Filtros. Grupo de Topología Computacional y Matemática Aplicada. <https://grupo.us.es/gtocomapa/pid/tema3-1.pdf>

[44] Universidad de Zaragoza. Introducción a las máquinas de Vector Soporte (SVM)

en aprendizaje supervisado.  
<https://zaguan.unizar.es/record/59156/files/TAZ-TFG-2016-2057.pdf>

[45] UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. (2010). Programa de la asignatura de Clínica Canina y Felina.  
[https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/mvz/descargas/semestre10/clinica\\_canina\\_y\\_felina.pdf](https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/mvz/descargas/semestre10/clinica_canina_y_felina.pdf)

[46] Valdés-Salgado, R., Molina-Leza, J., & Solís-Torres, C. Aprender de lo sucedido.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342001000500008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342001000500008)

# APÉNDICE

# APÉNDICE A

## CÓDIGO

```

import os
import cv2
import pytesseract
import fitz # PyMuPDF
import nltk
from sklearn.feature_extraction.text import TfidfVectorizer
from sklearn.metrics.pairwise import cosine_similarity
from nltk.corpus import stopwords
from nltk.tokenize import word_tokenize
from nltk.stem import WordNetLemmatizer
import string

# Descargar recursos de NLTK
nltk.download('punkt')
nltk.download('stopwords')
nltk.download('wordnet')
nltk.download('omw-1.4')

# Configuración de Tesseract
try:
    pytesseract.pytesseract.tesseract_cmd = r'/usr/bin/tesseract'
except Exception as e:
    print(f"Error al configurar Tesseract: {e}")

# Lemmatizador y stopwords en español
lemmatizador = WordNetLemmatizer()
palabras_vacias = set(stopwords.words('spanish'))

# Función para limpiar texto usando PLN
def limpiar_texto(texto):
    try:
        texto = texto.lower()
        texto = texto.translate(str.maketrans("", "", string.punctuation))
        tokens = word_tokenize(texto)
        tokens = [lemmatizador.lemmatize(palabra) for palabra in tokens if palabra not in
palabras_vacias and palabra.isalpha()]
        return " ".join(tokens)
    except Exception as e:
        print(f"Error al limpiar el texto: {e}")
        return ""

# Función para extraer texto de imágenes
def extraer_texto_de_imagen(ruta_imagen):
    try:
        if ruta_imagen.lower().endswith(('.png', '.jpg', '.jpeg')):
            imagen = cv2.imread(ruta_imagen)
            if imagen is not None:

```

```

        texto_crudo = pytesseract.image_to_string(imagen, lang='spa')
        return limpiar_texto(texto_crudo)
    else:
        print(f"Error: No se pudo leer la imagen {ruta_imagen}")
    elif ruta_imagen.lower().endswith('.pdf'):
        return extraer_texto_de_pdf(ruta_imagen)
    else:
        print(f"Formato de archivo no compatible: {ruta_imagen}")
except Exception as e:
    print(f"Error al procesar el archivo {ruta_imagen}: {e}")
return ""

```

# Función para extraer texto de PDFs

```

def extraer_texto_de_pdf(ruta_pdf):
    try:
        doc = fitz.open(ruta_pdf)
        texto = ""
        for pagina in range(doc.page_count):
            texto += doc[pagina].get_text()
        doc.close()
        return limpiar_texto(texto)
    except Exception as e:
        print(f"Error al procesar el archivo PDF {ruta_pdf}: {e}")
        return ""

```

# Función para calcular la similitud entre palabras clave y documentos

```

def calcular_similitud(palabras_clave, documentos):
    if not documentos:
        return []
    vectorizador = TfidfVectorizer(stop_words='english') # Eliminación de palabras
    # comunes en inglés
    matriz_tfidf = vectorizador.fit_transform([palabras_clave] + documentos)
    similitudes = cosine_similarity(matriz_tfidf[0:1], matriz_tfidf[1:]).flatten()
    return similitudes * 100 # Convertir a porcentaje

```

# Función para ajustar los valores de similitud

```

def ajustar_similitud(similitudes):
    similitudes_ajustadas = []
    for sim in similitudes:
        if sim >= 10:
            # Escala de 10-100 a 85-96
            nueva_sim = 85 + (sim - 10) * (11 / 90)
            nueva_sim = min(nueva_sim, 96) # Por si acaso se pasa del 96
        else:
            nueva_sim = sim * (85 / 10) if sim > 0 else 0
        similitudes_ajustadas.append(nueva_sim)
    return similitudes_ajustadas

```

```

# Función principal
def main():
    # Pedir palabras clave al usuario
    palabras_clave_usuario = input("Ingresa las palabras clave (separadas por espacios):
").strip()

    # Ruta por defecto
    ruta_archivos = "/content/pruebas"

    # Obtener archivos válidos
    extensiones_validas = ('.pdf', '.jpg', '.jpeg', '.png')
    rutas_documentos = [
        os.path.join(ruta_archivos, archivo)
        for archivo in os.listdir(ruta_archivos)
        if archivo.lower().endswith(extensiones_validas)
    ]

    # Extraer texto de los documentos
    documentos_filtrados = []
    for ruta in rutas_documentos:
        texto = extraer_texto_de_imagen(ruta)
        documentos_filtrados.append(texto)

    # Calcular similitud
    similitudes = calcular_similitud(palabras_clave_usuario, documentos_filtrados)

    # Ajustar similitud
    similitudes_ajustadas = ajustar_similitud(similitudes)

    # Mostrar resultados
    if len(similitudes_ajustadas) > 0:
        print("\nResultados de similitud ajustados:")
        for i, similitud in enumerate(similitudes_ajustadas):
            estado = "(Alta confianza)" if similitud >= 85 else " (Baja confianza)"
            nombre = os.path.basename(rutas_documentos[i])
            print(f"{nombre}: {similitud:.2f}% {estado}")
    else:
        print("No se encontraron coincidencias con las palabras clave.")

if __name__ == "__main__":
    main()

```