



## Visión por Computadora en el ámbito de control productivo y sanidad en Animales de Granja

### Computer Vision in the field of productive control and health in Farm Animals

#### Autores

\* **Jeidy Katherine Reyes Zambrano**

✉ jreyes4609@utm.edu.ec

**María Genoveva Moreira Santos**

✉ genoveva.moreira@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Informáticas, Departamento de Sistemas Computacionales, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

\*Autor para correspondencia

#### Comó citar el artículo:

Reyes Zambrano J.K. & Moreira Santos M.G. (2025). Visión por computadora en el ámbito de control productivo y sanidad en animales de granja. *Informática y Sistemas 9(1)*, pp. 16–29. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v9i1.7156>

Enviado: 05/12/2024

Aceptado: 30/12/2024

Publicado: 02/01/2025

#### Resumen

En los últimos años, las tecnologías de visión por computadora han ganado popularidad en el ámbito agrícola; sin embargo, el enfoque en animales está en desarrollo debido a los desafíos que implica su integración. Esta investigación se realiza con el objetivo de estudiar el uso de tecnologías de visión por computadora para el manejo productivo y sanitario de animales de granja, para ello se utilizó la metodología “Systematic Literature Review” propuesta por Kitchenham & Charters, la cual consiste en realizar una búsqueda exhaustiva a través de bases de datos científicas, para este estudio se utilizó Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect y Google Scholar siguiendo criterios específicos de inclusión y exclusión. El proceso incluye la formulación de preguntas de investigación, la identificación de palabras claves relevantes y la evaluación de la calidad de los estudios seleccionados. A través de este proceso, se garantiza un análisis exhaustivo y riguroso de la literatura existente, logrando obtener resultados precisos y relevantes con la finalidad de estudiar diversos problemas con animales de granja tales como pollos, cerdos y ganado, que producen materia prima para el sustento y negocios de familias en sectores rurales. Tareas como la identificación, y rastreo de animales es posible gracias a herramientas como YOLOv, CNN, técnicas de segmentación, colorimetría, imágenes 2D, 3D, y cámaras que sirven como entrada de datos que se convierten en información procesada para el análisis y toma de decisiones inteligentes. Estas herramientas son útiles en prácticas con distintos propósitos que engloban el bienestar, la sanidad y la productividad de los animales. Además, esta investigación recomienda herramientas que podrían competir o superar las soluciones actuales, aportando a la ganadería de precisión en la mejora continua del uso tecnológico y su relación con el agricultor.

**Palabras clave:** Visión por computadora; granja; animales; bienestar; salud.

#### Abstract

In recent years, computer vision technologies have gained popularity in the agricultural sector; however, their application to animals is still under development due to the challenges involved in integration. This research aims to study the use of computer vision technologies for the productive and health management of farm animals. To this end, the “Systematic Literature Review” methodology proposed by Kitchenham & Charters was employed. This methodology involves conducting a compressive search through scientific databases, including Scopus, IEEE Xplore, Science Direct and Google Scholar, following specific inclusion and exclusion criteria. The process includes formulating research questions, identifying relevant keywords, and evaluating the quality of the selected studies. Through this process, an exhaustive and rigorous analysis of the existing literature is ensured, leading to precise and relevant results to study various issues related to farm animals, such as chickens, pig, and cattle, which produce raw materials essential for the livelihood and businesses of families in rural areas. Tasks such as animal identification and tracking are made possible through tools like YOLOv, CNN, segmentation techniques, colorimetry, 2D and 3D images, and cameras that serve as data inputs for processed information used in intelligent analysis and decision-making. These tools are useful for practices with various purposes, encompassing the welfare, health, and productivity of animals. Furthermore,



this research recommends tools that could compete with or surpass current solutions, contributing to precision livestock farming by continuously improving technological usage and its relationship with farmers.

**Keywords:** IEEE 830; AI Requirements; generative AI; SRS; GPEI

## 1. Introducción

Visión por computadora es una rama de la inteligencia artificial, se originó en la década de 1960 y su evolución la ha convertido en una herramienta clave en diversas áreas, ya que permite obtener información a partir de imágenes o videos con la ayuda de algoritmos avanzados, volviéndose popular en tareas como análisis de patrones, la detección de objetos y el monitoreo. (Marcos Darío Aranda, 2022)

En el sector agropecuario, la aplicación de técnicas basadas en visión por computadora ha ganado relevancia al enfrentar desafíos relacionados con la gestión de animales de granja. Estas tecnologías no solo ofrecen soluciones innovadoras para optimizar el manejo de recursos en las granjas, sino que también contribuyen a la salud de los animales, identificar comportamientos fuera de lo común y mejorar su alimentación para un mejor desarrollo. (Bhuiyan & Wree, 2023)

A pesar de que la implementación de visión por computadora podría mejorar significativamente las actividades de los animales en las granjas y disminuir la carga de trabajo para el vaquero, su implementación enfrenta barreras significativas, especialmente en sitios rurales.

Según datos de la FAO, alrededor del 30% de los productores agrícolas en regiones que se encuentran en estado de desarrollo carecen de acceso a tecnologías básicas debido a la brecha digital y el nivel de analfabetismo tecnológico existente. (Hervy Paternina Pedroza et al., 2019).

Estas limitaciones nos exponen a preguntarnos: ¿Cómo afecta la adopción de estas tecnologías a pequeños agricultores?, ¿Qué tan viable es su integración considerando las condiciones socioeconómicas y culturales de los involucrados?

Por otro lado, el cuidado ambiental es cada vez más importante y las granjas que se benefician monetariamente de sus actividades empiezan a ser presionados a mantener practicas sostenibles.

Las granjas no solo deben mantener su producción, si no también reducir el impacto ambiental, estudios recientes indican que un manejo descuidado de los recursos de la ganadería aumenta en gran cantidad a las radiaciones de los gases de efecto invernadero, representando cerca del 14, 5% de las emisiones contaminantes que están relacionadas con la mano del hombre. (Unal, 2020).

En relación a la sostenibilidad, visión por computadora hace su aparición como una solución potencial para obtener una mayor precisión en tareas como la limpieza de desechos de animales y el monitoreo de la calidad de agua.

La implementación de visión por computadora puede ayudar de manera indirecta o directa a aquellas familias que viven de los productos de sus granjas convirtiéndolas en negocios rentables para su sustento.

(Allueva Molina et al., 2023a), sin embargo se ha demostrado que practicas deficientes en el cuidado de los animales pueden llevar a pérdidas económicas significativas.

Por ejemplo la detección tardía de enfermedades en ganado vacuno puede reducir la producción de leche hasta un 20%, generando costos adicionales para los granjeros. (Chae et al., 2024)

El presente trabajo es una revisión de la literatura que tiene como objetivo principal identificar y analizar las diversas herramientas y tecnologías basadas en visión por computadora a partir del estudio de investigaciones relacionadas con el tema para la actualización de las necesidades que existen en el sector y las soluciones innovadoras que se han desarrollado en los últimos cinco años, que optimizan el manejo de animales de granja, buscando evaluar su efectividad en áreas como la salud, el bienestar y la productividad, así como explorar las opciones para reducir la brecha tecnológica en el sector.

El análisis exhaustivo de este estudio pretende servir como recurso para investigadores, profesionales y estudiantes interesados en el tema de la transformación de la ganadería inteligente.

Para el desarrollo de este SRL se busca alcanzar los siguientes objetivos:

Estudiar el comportamiento de los granjeros hacia tecnologías como la visión por computadora.

1. Identificar soluciones que optimicen la sostenibilidad en producción animal mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica.
2. Comparar las herramientas más eficaces aplicadas a la ayuda de los emprendedores agrícolas.
3. Reducir el uso de herramientas que afecten la salud animal.

Como hipótesis podemos esperar que la adopción de las tecnologías de visión por computadora mejore la relación entre los ganaderos y la tecnología.

Las tecnologías de visión por computadora reducirán la intervención manual en trabajos pesados o repetitivos en las granjas.

### Trabajos relacionados

En 2005 Ian Braithwaite; et al, realizan la creación de un sistema de limpieza utilizando visión por computadora e inteligencia artificial mediante algoritmo bayesiano con la finalidad de diseñar un sensor para que detecte las zonas sucias, promoviendo la agricultura sostenible y manteniendo limpias las áreas de convivencia de los animales, evitando que sean víctimas de infecciones y ofreciendo un espacio agradable de convivencia entre los animales. (Braithwaite et al., 2005)

En 2019 María Jorquera-Chávez; et al, realizaron prácticas utilizando tecnologías como TIR, RGB y fotografía térmica e infrarroja en ganado para la detección de posibles enfermedades, esto se realizó con la finalidad de que los resultados positivos logren reducir los gastos en veterinarios, especialmente en ganado, debido a que su atención y medicamentos suelen ser altamente costosos. (Jorquera-Chavez et al., 2019)

En 2020 Gary A. et al, innovaron en la creación de un Sistema computacional para predecir la salud digestiva de los cerdos a partir de muestras fecales, con el propósito de evitar gastos elevados en laboratorios clínicos, supervisar la salud de los animales e impulsar actividades ecológicas. (Atkinson et al., 2020)

En 2022 Chun-Peng J Chen; et al, realizaron un Sistema de seguimiento de cerdos a gran escala con el uso de YOLOv3 y Mask R-CNN entrenados con conjuntos de datos COCO, con el objetivo de reemplazar los métodos tradicionales, dado a que un vaquero debe sacrificar el tiempo de otras actividades que demandan más sacrificio que la de su monitoreo. (Chen et al., 2022a)

En 2023 Anicetus Odo; et al, realizaron la primera investigación de mordeduras de orejas de cerdos identificándose con el uso de un sistema de detección realizada utilizando YOLOv4 y YOLOv7, DeepSort y Centroid con el propósito de mejorar el bienestar animal y prevenir que estas actividades dañinas continúen. (Odo et al., 2023)

## 2. Materiales y Métodos

### Metodología

Esta investigación está apoyada en la metodología Systematic Literature Review, descrita por Kitchenham & Charters con la finalidad de estudiar la escasez de implementación tecnológica en la ganadería, mediante un enfoque analítico y documental, centrándose en la planificación y la ejecución, la planificación se basa en las preguntas de investigación en donde se exponen las inquietudes en el sector, se identifican y seleccionan los estudios relevantes mediante el protocolo establecido para la obtención de información y los criterios de inclusión y exclusión limitando las fuentes de información e idiomas, la extracción de

datos establece el número de documentos seleccionados con los temas pertinentes para esta investigación, además se realiza la evaluación de calidad de los mismos y finalmente la ejecución lleva a cabo el análisis y síntesis de los resultados donde se extraen las técnicas utilizadas en los documentos seleccionados y se discute su aplicación en la zona ganadera.

### Planificación

La formulación de nuestras preguntas de investigación se basó en la importancia tecnológica en el sector, describimos el proceso de búsqueda que se utilizó para la obtención de la información utilizada, los criterios de inclusión y exclusión para determinar la validez de los documentos, cadenas de búsqueda y bases de datos como fuente de adquisición de los archivos pertinentes al tema de “Tecnologías basadas en visión por computadora en el ámbito de control productivo y de sanidad en animales de granja”.

### Preguntas de investigación

**RQ1:** ¿Qué inconvenientes presenta un ganadero al momento de emplear visión por computadora?

**RQ2:** ¿Cómo pueden las innovaciones de visión por computadora contribuir al desarrollo sostenible de la ganadería?

**RQ3:** ¿Cómo pueden las herramientas de visión por computadora optimizar los procesos para los agronegocios?

**RQ4:** ¿Cómo pueden las tecnologías de visión por computadora mejorar el bienestar de los animales de granja?

### Cadena de búsqueda para filtros según la base de datos implementada.

Para recopilar la documentación se buscó en bases de datos académicas (Figura 1) como IEEEExplore, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar, aplicando cadenas de búsquedas como: (Computer Vision) AND (Animals), (Computer Vision) OR (Animals)AND(Farm), (“Computer vision” OR “farm animals” OR “technology”), (“Computer vision”OR “farm animals” AND “Difficult Farm”) junto a operadores como AND y OR.



**Figura 1.** Documentos encontrados.

Fuente: Desarrollo propio.

### Criterios de Selección de documentos

En la **Tabla 1** se establecieron criterios claros para garantizar la relevancia y calidad de los documentos seleccionados:

Ejemplo de aplicación de criterios: Un artículo que aborda técnicas de visión por computadora para la detección de

**Tabla 1.** Criterios de búsqueda

Fuente: Desarrollo propio basado en criterios de inclusión y exclusión

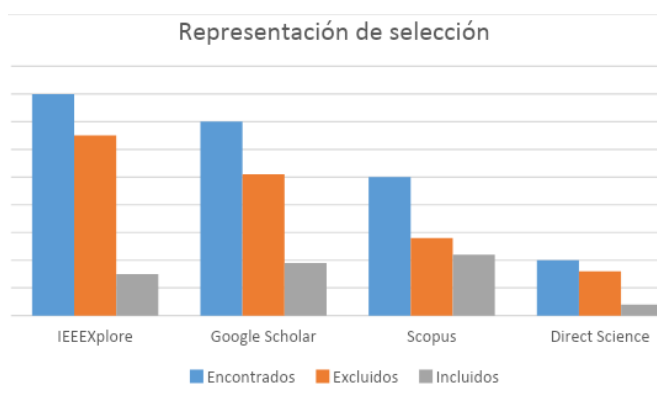
| Criterios de inclusión                                                      | Criterios de exclusión                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Artículos Científicos.                                                      | Ensayos o fuentes no científicas.                           |
| Publicados los últimos cinco años.                                          | Publicaciones en idiomas diferentes a inglés a español.     |
| Documentos en inglés o español.                                             | Documentos que no están enfocados a visión por computadora. |
| Estudios enfocados en visión por computadora aplicada a animales de granja. | Estudios sobre animales que no sean de granja.              |

enfermedades en cerdos fue incluido, mientras que un estudio sobre animales domésticos o vida silvestre fue excluido por no alinearse a los objetivos de la investigación.

#### Revisión

Se realizó un análisis riguroso sobre el contenido relacionado con la temática a investigar para seleccionar únicamente aquellos documentos que se encontraban 100% relacionados con el estudio, obteniendo una matriz con 60 artículos (**Figura 2**).

En la Tabla 2 también observamos el diagrama de selección de los documentos para el presente estudio.



**Figura 2.** Representación de selección.

Fuente: Desarrollo propio.

**Tabla 2.** Proceso de selección de estudios

Fuente: Desarrollo propio

| Etapa                  | Acción realizada                                                                   | Resultados                                                                                       |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Búsqueda inicial       | Búsqueda en Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect y Google Scholar.                   | 150 documentos identificados.                                                                    |
| Filtrado por criterios | Aplicación de criterios de inclusión y exclusión.                                  | Reducción a 80 documentos.                                                                       |
| Revisión de resúmenes  | Revisión de títulos y resúmenes para evaluar relevancia al tema.                   | 60 documentos seleccionados.                                                                     |
| Análisis final         | Validación de documentos según preguntas de investigación y evaluación de calidad. | Identificación de técnicas específicas como YOLOv y segmentación para aplicaciones en ganadería. |

#### Análisis

Se llevó a cabo la validación de los documentos como fuente primaria que fue incluida para responder a las preguntas de investigación planteadas en la planificación, con la finalidad de centrarnos en su aplicación en esta investigación. **Tabla 3.**

### 3. Resultados y Discusión

#### RQ1: ¿Qué inconvenientes presenta un ganadero al momento de emplear visión por computadora?

Uno de los principales problemas en la falta de recursos económicos, estudios como (You et al., 2020) proponen soluciones de bajo costo, como sistemas para examinar la carne del pollo utilizando teléfonos celulares para capturar imágenes. Estas imágenes se complementan con técnicas de tarjetas de color que permiten medir la colorimetría de la carne. Para procesar los datos se empleó el algoritmo k-means, que organiza los píxeles de las fotografías en clústeres y modelos como RGB (Rojo, Verde y Azul) y CH (Cromaticidad y Matiz).

- **RGB:** Un modelo aditivo utilizado en dispositivos digitales para representar colores.
- **CH:** Centrado en la percepción del color humano, útil para clasificar alimentos según características visuales como saturación y matiz.

- **Algoritmo kmeans:** Su uso en la clasificación de colores permite procesar imágenes digitales de manera eficiente, agrupando colores similares para análisis precisos.

**Tabla 3.** Clasificación de estudios por técnicas y aplicación  
Fuente: Desarrollo propio

| Bases de Datos | Información                  | Aplicación                                                                                      |
|----------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scopus         | Marie A. Hayden, et al, 2022 | Identificación de tecnologías de visión por computadora que ayudan a los ganaderos en su salud. |
|                | Ian Braithwaite, 2005        | Creación de modelo de sensor para la detección de espacios sucios.                              |
|                | (Cakic et al., 2023)         | Identificación de pollos muertos.                                                               |
|                | Iyad Almadan, et al, 2024    | Predecir ciclo reproductivo en cerdas.                                                          |
|                | Mengbo You, et al, 2020      | Evaluar la colorimetría de la carne del pollo.                                                  |
| IEEE Xplore    | Abhinav Sharma, et al, 2022  | Producción y bienestar animal, alimentación y detección temprana de enfermedades.               |
|                | Ahmad Alsahaf, et al, 2029   | Observar y analizar la musculatura del cerdo.                                                   |
|                | Arnas Nakrosis, et al, 2023  | Detección de excremento de pollo.                                                               |
| Google scholar | Yuanzhou Yao, et al, 2020    | Detección del sexo de los pollos.                                                               |
|                | Mark F. Hansen, et al, 202   | Estudio de las expresiones de los cerdos.                                                       |
|                | Shubham Bery, et al, 2023    | Identificación de lesiones de hombros en cerdas.                                                |

Además, la falta del conocimiento tecnológico es evidente en algunos sectores, según (Sharma et al., 2021) muchos agricultores aún emplean métodos tradicionales debido a la carencia de habilidades digitales. A pesar de ello, tecnologías como la segmentación de imágenes comienzan a transformar las prácticas agrícolas, permitiendo el monitoreo más eficiente del ganado, por ejemplo, la implementación de cámaras y

algoritmos de segmentación mejora significativamente el control de animales en granjas grandes.

- **Segmentación de imágenes:** Técnica que permite dividir imágenes en regiones de interés, como imágenes en regiones de interés, como animales específicos para tareas de monitoreo.

La percepción de la tecnología como reemplazo es un tema que asusta a los ganaderos. Existe una resistencia cultural, según (Hayden et al., 2022) por el temor de la tecnología sustituya a los agricultores. Sin embargo la visión por computadora debe considerarse como una herramienta complementaria que optimiza tareas, reduce esfuerzos físicos y mejora la precisión en el manejo ganadero.

Sin embargo, nuestra investigación encuentra algunos otros motivos por el cual los granjeros encuentran dificultosa la implementación de visión por computadora, los artículos de la **Tabla 4**, muestran algunas de las realidades por la que atraviesan los ganaderos.

**Tabla 4.** Problemas y tecnologías implicadas  
Fuente: Desarrollo propio

| Problemas identificados                                                                                                                                                                       | Tecnologías implicadas                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Algunos ganaderos que no cuentan con la tecnología se ven obligados a contratar personas especializadas en estas áreas. (Hervy Paternina Pedroza et al., 2019)                                | Algoritmo de procesamiento de imágenes, K-means, Deep learning y YOLOv5.                   |
| Poco acceso a infraestructura, en algunos sectores rurales la señal de conectividad es baja y esto puede interferir en planes de adoptar tecnología. (Pu et al., 2022)                        | YOLOv5, módulos de aprendizaje automático.                                                 |
| Al no ser profesionales en el área, se enfrentan a problemas como dificultad de fotos claras por el movimiento de los animales, y los desafíos naturales como el clima. (Pretto et al., 2024) | Y O L O v 3 , reconocimiento óptico (OCR), procesamiento de imágenes, software y hardware. |
| Debido a grandes cantidades de datos que se pueden llegar a generar se empieza a tener en cuenta nuevos modelos multifuncionales que puedan procesar big data. (Morota et al., 2018)          | Imágenes digitales, sensores, datos de sonido, drones, visión por computadora.             |
| El uso de visión por computadora para implementarse con animales en etapa bebé es un desafío para los granjeros. (Zhang et al., 2024)                                                         | YOLOv8, métricas IOU, cámara digital.                                                      |

Las tecnologías como el algoritmo de procesamiento de imágenes son de utilidad para analizar la salud de los animales, pero estos requieren de una alta calidad en imágenes y suelen ser costosas.

K-means agrupa datos para identificar patrones de salud, pero su eficacia puede verse afectada por datos ruidosos.

Deep learning utiliza redes neuronales para detectar enfermedades y clasificar animales, aunque necesita grandes conjuntos de datos y puede ser difícil de implementar.

YOLOv5 y YOLOv3 son modelos de detección de objetos en tiempo real, útiles para identificar problemas de salud, aunque el primero es más costoso y el segundo tiene menor precisión.

El reconocimiento óptico de caracteres (OCR) digitaliza registros, pero puede ser inexacto con textos dañados.

Imágenes digitales, sensores y drones monitorean el estado de los animales y el entorno que los rodea, enfrentando desafíos como la conectividad en áreas rurales.

La visión por computadora mejora la identificación de problemas, aunque requiere procesamiento intensivo, como lo observamos en la Figura 3 Finalmente, YOLOv8, con mejoras en precisión, también demanda recursos avanzados para su implementación.

Estas tecnologías tienen un gran potencial, pero su adopción conlleva desafíos que deben ser considerados.



**Figura 3.** Representación de visión por computadora  
Fuente: Desarrollo propio

**RQ2: ¿Cómo pueden las innovaciones de visión por computadora contribuir al desarrollo sostenible de la ganadería?**

Las granjas están conectadas con la naturaleza, sin embargo,

las prácticas y actividades que se realizan en ella pueden ser contaminantes para el ecosistema por lo que debemos empezar a crear conciencia y actuar frente a este desafío que ya es un hecho para los agricultores.

(Braithwaite et al., 2005), crean un modelo de detección de espacios sucios en los criaderos de animales, utilizando el algoritmo bayesiano para el diseño de un sensor que detecta con exactitud los espacios sucios en tiempo real estableciendo una relación entre probabilidades condicionales para eliminar los desechos orgánicos, este modelo fue creado para disminuir el trabajo pesado y mantener un espacio limpio para los animales, alentando la sostenibilidad, la tecnología, especialmente la robótica y el monitoreo a través de visión por computadora ha logrado grandes avances en el sector, llamándola incluso “Agricultura 4.0” (Urquilla Castaneda et al., 2023)

En investigaciones como (Nakrosis et al., 2023) se practica con el excremento de pollo para detectar posibles enfermedades logrando un éxito del 92, 41% utilizando tecnologías como YOLOv5, modelo de detección de objetos en tiempo real que permite identificar y localizar objetos dentro de las imágenes, algoritmo k-means que clasifica datos similares en categorías, U-net arquitectura de red neuronal diseñada para la separación de fondos y objetos de imágenes, ayudando a identificar signos de enfermedades de manera precisa y Mask-RCNN, una extensión de Faster R-CNN que mejora la atención al detalle, de ese modo podemos observar las áreas en el excremento que podrían indicar problemas de salud.

En la **Tabla 5** se visualizan varias prácticas de sostenibilidad.

**RQ3: ¿Cómo pueden las herramientas de visión por computadora optimizar los procesos para los agronegocios?**

La calidad de los productos cárnicos es lo que tiene más peso en la comercialización, pero hay situaciones que podrían afectarla, por ejemplo (Zu et al., 2023) implementaron un algoritmo basado en YOLOv5, el módulo Transformer y la técnica JVF, que mejoraron la precisión en la detección de pollos con pico abierto, condición que puede afectar su salud y crecimiento.

Además, el desarrollo del modelo RJ-YOLOv5 que demostró mayor precisión que YOLOv5, estas herramientas permiten un control más efectivo de la alimentación y salud de los animales, con el mismo propósito de incluir tecnología para la mejora de los agronegocios, (Alsaif et al., 2019) diseñaron un sistema que utiliza Cámaras Kinect para capturar imágenes y extraer características físicas de los cerdos para la evaluar si está óptimo para su consumo.

A la hora de vender, el sexo del animal es lo que determina el

**Tabla 5.** Sostenibilidad  
 Fuente: Desarrollo propio

| Enfoque de sostenibilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Tecnologías implicadas                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alimentación: Ajuste de la alimentación para mantener a los animales en estado óptimo y buena producción mejorando la sostenibilidad del sector lechero. (K. Li et al., 2024)                                                                                                                                                                                                          | U-net, SegNet, DeeplabV3, mAP, CPN, HrNet, GAN                                                                                        |
| Bienestar animal: La salud sin la presencia de químicos alternativos excesivos y el uso de métodos no invasivos para clasificar cerdos promueven la crianza sostenible en las granjas. (Chakraborty et al., 2021) mientras que la localización de cerdos que enfrentan problemas de crecimiento afecta la producción porcina. (Lee et al., 2019)                                       | Histogramas de color, Top Hat, árboles de decisión, clustering, Filtro DGau.<br>Modelo de mezcla Gaussiana, TinyYOLO3, IoT, CPU Y GPU |
| Crecimiento porcino: Enfoque de la cría de animales de manera sostenible, el buen comportamiento maternal, el bienestar y salud de los animales.(Wurtz et al., 2019)                                                                                                                                                                                                                   | Cámaras estándar digitales a color, cámaras 3D, algoritmo de detección y seguimiento.                                                 |
| Reducir contaminación: La mejora de la cadena avícola reduce los impactos ambientales y la detección de pollos muertos en los galpones para mejorar el bienestar animal y la sostenibilidad. (Almadani et al., 2024)                                                                                                                                                                   | En aprendizaje profundo, R-CNN, HPC, Dispositivos Edge AI, IoT                                                                        |
| Gestión rentable y ambiental: Se busca promover evaluaciones de bienestar animal, su alimentación y evaluar las biomejoras de parámetros fisiológicos enfocado en ganado lechero teniendo la visión de automatizarlas, (Fuentes et al., 2020) otras investigaciones mencionan la gestión de animales y granja, monitoreos rentables y reducir el impacto ambiental. (Kim et al., 2022) | Visión Visible (VisV), imágenes térmicas infrarrojas (IRT), aprendizaje automático.                                                   |

valor que se le asigna a este, el estudio (Yao et al., 2020) desarrolló un método automatizado que utiliza una red neuronal para identificar si los pollos son machos o hembras, para entrenar esta tecnología se utilizó una base de datos creada manualmente con alrededor de 800 imágenes de pollos en manada y 1000 imágenes de pollos de manera individual, esto hace que la clasificación sea mucho más fácil para los granjeros y ayuda a mejorar la comercialización de los animales.

En la **Tabla 6** se muestran beneficios de los agronegocios y las tecnologías implementadas para este propósito.

**RQ4: ¿Cómo pueden las tecnologías de visión por computadora mejorar el bienestar de los animales de granja?**

Se busca que los animales tengan una vida apropiada, algunos estudios (Fernandes et al., 2020); (Paudel et al., 2023) han demostrado como la visión por computadora puede ayudar a prevenir enfermedades y evitar que su salud se deteriore, por

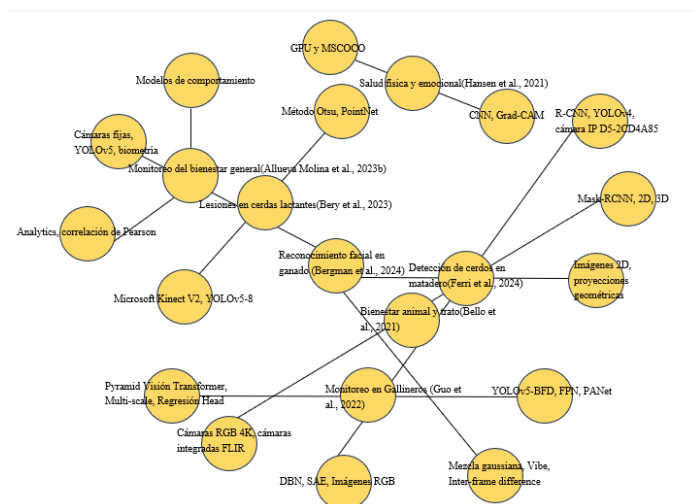
ejemplo se puede medir el peso y la condición física de los animales, usando tecnologías como imágenes estéreo utilizadas para crear percepción de profundidad lo que permite evaluar el cuerpo de los animales de manera precisa al capturar su volumen, también se utiliza luz estructurada y cámaras de tiempo de vuelo las cuales emiten patrones de luz que ayudan a capturar la forma y el tamaño de los animales, las cámaras híbridas 3D son tecnologías que mejoran al mostrar detalles tridimensionales, también se utilizan tecnologías como ultrasonidos, rayos x y tomografías computarizadas para obtener información detallada sobre la salud interna de los animales, así como cámaras infrarrojas para detectar cambios de temperatura corporal, lo que podría indicar inicios de una enfermedad. En (Fang et al., 2022) crean un sistema para evaluar la postura de los pollos, utilizando tecnologías y herramientas basadas en visión por computadora como, (Deep Neural Networks – DNN, que son como cerebros artificiales, estas redes neuronales profundas permiten un análisis complejo y detallado de las imágenes para identificar posturas y comportamientos, también usan modelos como SSD para detectar rápido y sin complicaciones pasada

**Tabla 6.** Beneficios agronegocios  
 Fuente: Desarrollo propio

| Beneficio de agronegocio                                                       | Tecnologías implementadas                                                                                                    | Referencias                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Detección de conteo de cerdos en granjas inteligentes.                         | CNN, algoritmo K-means, kernel selective (SKC), filtros para imágenes, transformadores de visión, distribución gaussiana 2D. | (Feng et al., 2023)                                 |
| Monitoreo del comportamiento animal mediante imágenes RGB                      | Cámara ojo de pez, sistema VTag.                                                                                             | (Chen et al., 2022b)                                |
| Predicción de peso del ganado y monitoreo de su aptitud para comercialización. | RGB, aprendizaje automático, visión por computadora, cámara de profundidad 3D, cámara Intel RealSense D435, nPSNet, CNN.     | (Na et al., 2022)                                   |
| Monitoreo reproductivo y mejora de productos cárnicos y lácteos.               | Aprendizaje automático, sensores portátiles, acelerómetros, podómetros.                                                      | (Dos Santos et al., 2022); (Caffarini et al., 2022) |
| Identificación de lesiones en pollos y monitoreo en especies avícolas          | YOLOv5, CNN                                                                                                                  | (Juárez, 2023); (Abd Aziz et al., 2021)             |
| Mejora en la calidad y eficiencia de la producción avícola.                    | PLF, YOLOv5, CNN                                                                                                             | (G. Li et al., 2021)                                |

mejorando la velocidad de evaluación de pollos, YOLOv3 modelo de detección de objetos de monitoreo en tiempo real, enfocado en la postura y movimiento, RetinaNet, FasterR-CNN para la automatización y detección de objetos y patrones, todo esto lo hicieron para predecir cómo se comportan los pollos según su postura, movimientos o incluso para detectar si podrían tener alguna enfermedad.

(Almadani et al., 2024) crearon un sistema innovador con visión por computadora para ayudar a los ganaderos e identificar el momento exacto para inseminar a las cerdas. Usaron herramientas como U-net y YOLOv3 para detectar con precisión la vulva y los signos de estro, que suelen ser difíciles de predecir. Este sistema mejora la eficiencia en la reproducción porcina, facilitando el trabajo y aumentando el éxito en la inseminación. (Lei et al., 2021) La **Figura 4** nos muestra los casos con mayores relevancias en el que se identificó prácticas de bienestar animal.



**Figura 4.** Herramientas utilizadas en bienestar animal

Fuente: Desarrollo propio.

## Discusión

En RQ1, se aborda la falta de conocimiento en áreas rurales debido a la brecha digital y la escasa conectividad. Para solucionarlo, se consideran opciones como el internet satelital, el internet inalámbrico y la fibra óptica. Entre estos, el internet inalámbrico se destaca por su alta velocidad y banda ancha, que puede implementarse mediante conexión compartida con routers y amplificadores de señal. En cuanto a la visión por computadora, según los resultados obtenidos se suelen presentar problemas relacionados con la calidad de las imágenes al intentar capturarlas, esto puede significar un inconveniente ya que se utilizan para entrenar el software o programa a desarrollar, estos obstáculos pueden variar, desde el mal clima hasta la poca experiencia con la cámara o herramienta que se utiliza, lo que puede afectar a la probabilidad de detección de crías debido al bajo porcentaje de entrenamiento o al cargar imágenes que no son de buena calidad, en estos estudios generalmente se recomiendan las versiones más avanzadas de YOLOv y otras herramientas como VGG para mejorar la precisión en la detección de imágenes. Además, se sugiere el uso de celulares inteligentes con técnicas como RGB y CH para facilitar su uso a los granjeros ya que entre nuestras preguntas de investigación nos cuestionamos la dificultad que suelen tener estos al manipular tecnologías muy complejas. Una de las practicas que se mencionan en los resultados de la pregunta 1, es el desarrollo de un software, cuyas imágenes fueron capturadas por el uso de un celular móvil para evitar costos elevados en los comerciantes de mercados para quienes iba dedicado este proyecto que consistía en identificar la calidad de carne de pollos muertos que se venden como alimento, este software fue una práctica que se puso a prueba y que tuvo éxito demostrando que si se pueden crear herramientas con poco presupuesto para las personas que se dedican a la cría y

comercio de animales de granja, personalmente creo que este software tiene un amplio grado de mejora, como por ejemplo identificar la calidad de otro tipo de carne que no sea avícola, proporcionando investigaciones futuras, novedosas y que sigan aportando al sector. Otras opciones que recomendamos personalmente en base a nuestra investigación y que se pueden utilizar en futuros desarrollos móviles son: MobileNet que es un tipo de modelo de red neuronal convolucional especializado en visión móvil y ResNet que se utiliza en el campo de detectar objetos y dividir imágenes, estas opciones también ofrecen eficiencia computacional y mejor precisión en identificación y clasificación.

Como último recurso hacia la dificultad que enfrentan los granjeros al implementar la tecnología y la percepción que tienen de ella, se invita a las entidades públicas, privadas y comunidades a realizar capacitaciones o actividades que fomenten la educación tecnológica en sitios rurales, su apoyo educativo es cimiento para futuros agrónomos y una mejor relación entre el ganadero y la tecnología.

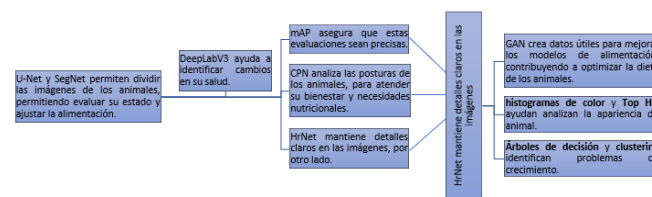
En RQ2 cuestionamos si las granjas aportan a la sostenibilidad del medio ambiente, en los resultados de la presente pregunta se hace énfasis a prácticas que llamaron nuestra atención, que fueron aplicadas y exitosas en el medio avícola, porcino y ganadero, como limpieza de heces fecales, detección de la misma, prácticas sobre la alimentación de los animales, la cría sin exceso de químicos, entre otros ya mencionados en los resultados, la necesidad para que la agricultura y la ganadería aporte al ecosistema se hace cada vez más presente, herramientas de visión por computadora como lo son: YOLOv5, U-Net y Mask-RCNN, tienen el potencial de transformar el entorno sanitario avícola al facilitar la detección temprana de enfermedades y realizar prácticas como la identificación de pollos muertos, capaces de procesar grandes volúmenes de datos visuales con alta precisión, lo que puede reducir significativamente la mortalidad en gallineros al permitir una intervención oportuna.

Sin embargo, su efectividad puede verse limitada por factores como la calidad de las imágenes en condiciones de iluminación variable y la necesidad de un entrenamiento adecuado del modelo con datos representativos, sin embargo, la implementación de Edge AI y IoT en la avicultura, ofrece beneficios significativos. Edge AI procesa los datos en el mismo sitio a través del dispositivo, lo que significa que el proceso es más rápido para así prevenir problemas escalables.

Por otro lado, IoT facilita la conectividad entre dispositivos, permitiendo un monitoreo continuo y la recopilación de datos valiosos sobre el comportamiento y el bienestar de los animales.

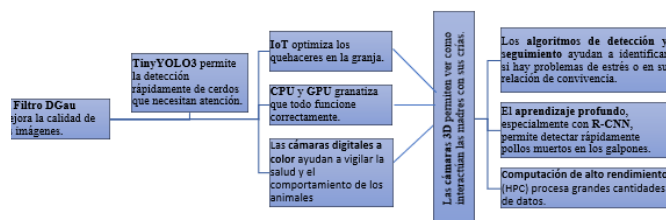
Entre otras practicas la reducción del químico en la alimentación de los animales, especialmente en los cerdos y el ganado vacuno es una aportación a la gestión y sostenibilidad de la granja, reduciendo así también el impacto ambiental y promoviendo el uso que los recursos que la granja pueda ofrecer para sustituirlo, esto no solo ayuda a disminuir los efectos globales sino que también previene enfermedades en los animales y pérdidas económicas al granjero, además las prácticas con las heces fecales ayudan a fomentar actividades menos invasivas, y a conocer más sobre posibles enfermedades, como prevenirlas o identificarlas.

En la Figura 5. Podemos observar las herramientas de las prácticas que están relacionadas con el alimento animal para ayudar a reducir el uso de componentes dañinos.



**Figura 5.** Tecnologías para la alimentación  
Fuente: Desarrollo propio.

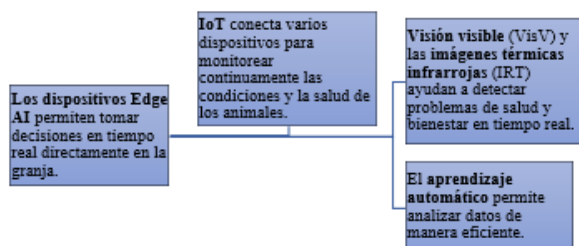
En la figura 6 podemos visualizar herramientas que se han utilizado para monitorear el animal y observar su comportamiento cuando están en manada, al mismo tiempo podemos observar las tecnologías implementadas en la práctica mencionada anteriormente para la detección de pollos sin vida, componentes que ayudan en los procesos con imágenes y en el procesamiento de los datos.



**Figura 6.** Monitoreo y sostenibilidad  
Fuente: Desarrollo propio.

En la Figura 7 observamos las técnicas de visión por computadora

que fueron implementadas para análisis de los datos y monitoreo de la salud, ya que la sostenibilidad no solo engloba que las granjas sean comprometidas con el medio ambiente, sino también con las actividades que allí se realizan y los animales que son comprometidos con éstas.



**Figura 7.** Salud animal y análisis de datos

Fuente: Desarrollo propio.

Como recomendación, se podrían considerar algoritmos de detección de pollos muertos, utilizando RCNN, HPC logrando procesar todas las tareas en un mismo sitio, por otro lado, dispositivos Edge AI, para ayudar a mitigar la alta mortalidad en galpones. Se sugiere también el uso de la Reolink Argus 3 Pro, una cámara económica que investigamos con el propósito de entregar objeciones reales y que pueden ser de utilidad para el granjero promedio, esta cámara consta con panel solar y visión nocturna, que podría ser útil para identificar pollos muertos y monitorear comportamientos nocturnos de los animales contribuyendo al medio ambiente utilizando energía renovable. Además, herramientas como DeepLab podrían ofrecer mejoras en segmentación en comparación con U-Net, mientras que RetinaNet podría superar a YOLOv en precisión para objetos pequeños, mostrándonos otras opciones que pueden mejorar posibles prácticas en investigaciones futuras.

RQ3 estudia las interrogantes en las herramientas que pueden ayudar a los granjeros con sus negocios de materia prima o sus derivados de ella, según los resultados encontrados en la pregunta número 3 se menciona una práctica en la que se detectan pollos con los picos para prevenir enfermedades y no perjudicar su comercialización, si hablamos de animales de granjas los pollos son un negocio que necesita menos tiempo para salir al mercado, por lo que mantenerlos saludables también es un logro para los activos de la granja, en esta práctica se utiliza el modelo de detección YOLOv5 y se crea al mismo tiempo una variable mejorada de este denominado RJ-YOLOv5 quien después de hacer varias comparaciones en esta práctica resultó dar mejores resultados que YOLOv5 al menos en la detección de objetos pequeños, esto no solo sirve como recomendación para futuras prácticas sino que también invita a crear herramientas mejoradas o novedosas a los investigadores que tengan los recursos y el conocimiento para lograrlo, así como la oportunidad de adaptar esta práctica a otras actividades, como por ejemplo la detección de heces fecales de animales

o incluso para detectar insectos en el pelaje de los mismos, lo que ayudaría a ampliar este campo de investigación y el uso de esta versión mejorada de YOLOv5, por otro lado el peso y la calidad de la carne de cerdos en los mercados también prevalece, otro de nuestros resultados obtenidos es el éxito de la práctica para medir la musculaturas del cerdo utilizando herramientas como cámaras Kinect, para videovigilancia de estos, ya que este dispositivo puede detectar el movimiento del animal y el de sus articulaciones y estas también pueden generar mapas y escaneo en 3D, con la idea de evaluar su musculatura corporal, y verificar si están aptos para la comercialización o que parte de su cuerpo podría presentar algún inconveniente, especialmente en sus brazos o piernas sin embargo también existen cámaras como Leap Motion que son mucho más económicas que los sensores Kinect desarrollados por Microsoft y a diferencia de Kinect, Leap fue creada específicamente para el seguimiento de manos y gestos, es más simple, de bajo costo y posee una detección de profundidad más avanzada, por lo que esta es otra de nuestras recomendaciones si existe límite de condición económica para adquirir alguna herramienta tecnológica, técnicas como RGB, resonancia magnética para visualizar internamente el cuerpo del animal y tomografías computarizadas para verificar que no tengan lesiones.

En esta sección también es importante destacar prácticas realizadas como el monitoreo y conteo de animales especialmente los que suelen estar al aire libre, es decir no pasan todo el día en la pocilga, sino que también en los alrededores de las granjas, la salud de animales como las vacas es importante ya que si un animal se enferma afecta la producción de leche, queso, mantequilla o cualquier derivado del lácteo que proporcione la granja para comercialización, finalmente la detección del sexo en animales suele ser un punto importante al momento de comercializar, pues muchas veces va a depender de este factor su costo, herramientas como skc(kernel selective) ha sido de ayuda con los filtros de las imágenes como proceso para el entrenamiento de software o cualquier otra actividad que implique la revisión profunda de éstas, destacamos también la distribución gaussiana en 2D que ayuda con la creación de los datos y el análisis de los mismos.

A pesar de haber expuesto, las diferentes problemáticas y las herramientas que se pueden utilizar para solucionarlas y mejorar el sector afectado, realmente ¿para que sirve la visión por computadora en los agronegocios estadísticamente hablando?, como se menciona en la introducción del presente trabajo, visión por computadora se trata de extraer datos a partir de imágenes y videos, aparte de mejorar las habilidades tecnológicas del hombre, contribuir a la sostenibilidad y apostar en estas tecnologías la salud de los animales, también es de vital importancia en los negocios, pues si se tiene una buena gestión de la granja y una buena administración de los datos, podemos prever, anticipar y mejorar nuestras decisiones y es con este fin que se debe recopilar los datos, para observar un crecimiento en nuestros negocios, que podemos hacer, que no debemos hacer, porque está sucediendo esto, o porque no sucedió aquello, en



que estamos fallando, ¿cuánto conocemos de lo que tenemos? Y si en cierto tiempo podemos mejorarlo, implementando visión por computadora se espera no solo mejorar la toma de decisiones sino tener un registro de todo lo que hemos avanzado con la ayuda de la tecnología.

RQ4 nos responde la inquietante ¿Cómo aporta la tecnología de visión por computadora al bienestar animal?, si bien es un tema que viene preocupando a las personas de cuidados animales, no sabemos mucho de él, en este estudio nos enfocamos principalmente en estudiar tecnologías de visión por computadora que podrían sustituir a los artefactos que sean muy invasivos en la vida animal, para así evitar que su salud se deteriore y lograr que cumpla su ciclo dentro de las granjas, esto no solo ayuda a la salud de los animales, si no que va de la mano con todas las preguntas anteriores, si un animal afecta su salud, también se afecta su comercialización, si no logramos detectar alguna muerte en un gallinero o pocilga podemos causar contaminantes en el ambiente o agua por ende no estaríamos aportando a la sostenibilidad del lugar ni acercando el sector a la tecnología, es por esto que el monitoreo, detección, clasificación entre otras actividades que se pueden realizar con la ayuda de visión por computadora son muy populares en la actualidad, para prácticas realizadas en prevención contra posibles enfermedades se destacan U-net, que es capaz de encontrar heridas, inflamaciones o anomalías en el cuerpo del animal, ayuda también en el análisis del estado físico, ya sea observar el grado de grasa o musculatura de los animales, si se usan imágenes de ultra sonido U-net podría detectar si existe la posibilidad de que el animal tenga algún órgano comprometido como el hígado, pulmón o corazón, YOLOv3, puede detectar movimientos y la presencia de animales en tiempo real, de este modo podría reconocer si un animal cojea, no se mueve mucho, o está en una posición extraña, también ayuda a detectar intrusos como depredadores, que podrían dañar al animal, del mismo modo, puede detectar si hay peleas entre animales de la misma especie o de diferente especie, aquí podría programarse algún tipo de alarma en caso de ser este el caso, las cámaras 3D, podrían sustituir a herramientas que son invasivas en los animales, pues estas no solo ven el entorno, si no que pueden medir su tamaño, forma y volumen para calcular su peso y condición corporal, se puede identificar si algún animal de la manada parece apartado de esta, RetinaNet es una herramienta muy práctica sin duda, ya que puede detectar con precisión problemas de salud en los animales como lo son manchas en la piel, cortes o infecciones, del mismo modo es capaz de identificar a cada animal de un grupo junto y tiene precisión sobre partes exactas del cuerpo, como las orejas, los ojos y las patas, pues en el caso de los cerdos, estos suelen morderse las orejas y las corvas de las patas unos con los otros de manera continua cuando

viven en grupos y finalmente FasterR-CNN puede detectar si los animales están cerca de objetos peligrosos, depende la función que se le quiera asignar, pero está personalmente me parece un aporte significativo si queremos enfatizar en el bienestar de estos.

La salud emocional de los animales también importa, aquí se destacan modelos como CNN y Grand-CAM, que ayudan a analizar cómo se sienten. Además, sugerimos herramientas que hemos investigado como Guided Backpropagation que mejoran la calidad de los análisis y bases de datos como ImageNet permiten entrenar modelos con flexibilidad y es otra opción que se puede tener en cuenta a parte de MS COCO. En general, estas tecnologías buscan cuidar tanto la salud física como el bienestar emocional de los animales para un enfoque más completo en su cuidado.

#### 4. Conclusiones

La revisión sistemática está fundamentada en 60 artículos sobre tecnologías basadas en visión por computadora en la ganadería subrayando su creciente relevancia en el monitoreo y control de animales de granja, ofreciendo múltiples beneficios que van más allá de la simple observación. Las tecnologías analizadas mejoran significativamente la detección y análisis de enfermedades, optimizando el entorno de cría y contribuyendo al bienestar animal.

La automatización de tareas se traduce en una reducción de la carga laboral de los agricultores, mejorando su salud y seguridad en el trabajo. Aunque los desafíos climáticos persisten, la integración de tecnologías avanzadas, como YOLOv, U-Net y Edge AI, está transformando la agricultura en un modelo más inteligente y eficiente. Sin embargo, se ha identificado una brecha digital en áreas rurales que limita el acceso a estas innovaciones; para abordar esto, se proponen soluciones como internet inalámbrico de alta velocidad.

En el ámbito sanitario, herramientas como Mask-RCNN permiten una detección temprana de enfermedades avícolas, lo que puede reducir drásticamente la mortalidad.

También se hace énfasis en la importancia de la calidad de las imágenes y el entrenamiento adecuado de los modelos para maximizar su efectividad.

En cuanto a la comercialización, la visión por computadora se presenta como un recurso esencial para evaluar la salud y el sexo de los animales, optimizando así los procesos de venta.

Finalmente, la investigación sobre el bienestar animal, que incluye la predicción del ciclo reproductivo y la identificación de lesiones, demuestra un enfoque integral que abarca tanto la salud física como emocional de los animales.

## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al sector enfocado, en particular a los ganaderos, quienes generosamente compartieron su perspectiva y experiencias durante nuestras conversaciones, su experiencia con la tecnología, especialmente en el ámbito de la visión por computadora, ha sido esencial para este trabajo. Gracias a su colaboración, hemos podido identificar y abordar de manera más efectiva las necesidades del sector, lo que ha enriquecido significativamente nuestros hallazgos.

## Contribución de los autores

**Jeidy Katherine Reyes Zambrano:** Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición. **María Genoveva Moreira Santos:** Administración del proyecto, Supervisión, Validación.

## Conflictos de interés

Los autores no tienen conflictos de intereses.

## Referencias bibliográficas

- Abd Aziz, N. S. N., Mohd Daud, S., Dziyauddin, R. A., Adam, M. Z., & Azizan, A. (2021). A Review on Computer Vision Technology for Monitoring Poultry Farm - Application, Hardware, and Software. In *IEEE Access* (Vol. 9, pp. 12431–12445). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.304781826>
- Allueva Molina, Q., Ko, H. L., Gómez, Y., Manteca, X., & Llonch, P. (2023b). Comparative study between scan sampling behavioral observations and an automatic monitoring image system on a commercial fattening pig farm. *Frontiers in Animal Science*, 4 1248972. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1248972>
- Allueva Molina, Q., Ko, H. L., Gómez, Y., Manteca, X., & Llonch, P. (2023a). Comparative study between scan sampling behavioral observations and an automatic monitoring image system on a commercial fattening pig farm. *Frontiers in Animal Science*, 4 1248972. <https://doi.org/10.3389/FANIM.2023.1248972/BIBTEX>
- Almadani, I., Ramos, B., Abuhussein, M., & Robinson, A. L. (2024). Advanced Swine Management: Infrared Imaging for Precise Localization of Reproductive Organs in Livestock Monitoring. *Digital*, 4(2) 446–460. <https://doi.org/10.3390/digital4020022>
- Alsahaf, A., Azzopardi, G., Ducro, B., Hanenberg, E., Veerkamp, R. F., & Petkov, N. (2019). Estimation of Muscle Scores of Live Pigs Using a Kinect Camera. *IEEE Access*, 7 52238–52245. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2910986>
- Atkinson, G. A., Smith, L. N., Smith, M. L., Reynolds, C. K., Humphries, D. J., Moorby, J. M., Leemans, D. K., & Kingston-Smith, A. H. (2020). A computer vision approach to improving cattle digestive health by the monitoring of faecal samples (google translator, Trans.). *Scientific Reports*, 10(1) 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74511-0>
- Bergman, N., Yitzhaky, Y., & Halachmi, I. (2024). Biometric identification of dairy cows via real-time facial recognition. *Animal*, 18(3) 101079. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101079>
- Bery, S., Brown-Brandl, T. M., Jones, B. T., Rohrer, G. A., & Sharma, S. R. (2023). Determining the Presence and Size of Shoulder Lesions in Sows Using Computer Vision. *Animals*, 14(1) 131. <https://doi.org/10.3390/ANI14010131>
- Bhuiyan, M. R., & Wree, P. (2023). Animal Behavior for Chicken Identification and Monitoring the Health Condition Using Computer Vision: A Systematic Review (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 11 126601–126610. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3331092>
- Braithwaite, I., Blanke, M., Zhang, G. Q., & Carstensen, J. M. (2005). Design of a vision-based sensor for autonomous pig house cleaning (google translate, Trans.). *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, 2005(13) 2005–2017. <https://doi.org/10.1155/ASP.2005.2005/METRICS>
- Caffarini, J. G., Bresolin, T., & Dorea, J. R. R. (2022). Predicting ribeye area and circularity in live calves through 3D image analyses of body surface. *Journal of Animal Science*, 100(9) skac242. <https://doi.org/10.1093/jas/skac242>
- Cakic, S., Popovic, T., Krco, S., Nedic, D., Babic, D., & Jovovic, I. (2023). Developing Edge AI Computer Vision for Smart Poultry Farms Using Deep Learning and HPC. *Sensors*, 23(6) 3002. <https://doi.org/10.3390/S23063002>
- Chae, J. W., Sim, H. S., Lee, C. W., Choi, C. S., & Cho, H. C. (2024). Video-Based Analysis of Cattle Behaviors: Improved Classification Using FlowEQ Transform (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 12 42860–42867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3379277>
- Chakraborty, S., Karthik, K., & Banik, S. (2021). Graph Synthesis for Pig Breed Classification from Muzzle Images. *IEEE Access*, 9 127240–127258. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3111957>
- Chen, C. P. J., Morota, G., Lee, K., Zhang, Z., & Cheng, H. (2022a). VTag: a semi-supervised pipeline for tracking pig activity with a single top-view camera (google translator, Trans.). *Journal of Animal Science*, 100(6) 1–10. <https://doi.org/10.1093/jas/skac147>
- Chen, C. P. J., Morota, G., Lee, K., Zhang, Z., & Cheng, H.



- (2022b). VTag: a semi-supervised pipeline for tracking pig activity with a single top-view camera. *Journal of Animal Science*, 100(6) 1–10. <https://doi.org/10.1093/jas/skac147>
- Dos Santos, C. A., Landim, N. M. D., de Araújo, H. X., & Paim, T. D. P. (2022). Automated Systems for Estrous and Calving Detection in Dairy Cattle. *AgriEngineering*, 4(2) 475–482. <https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING4020031>
- Fang, C., Zheng, H., Yang, J., Deng, H., & Zhang, T. (2022). Study on Poultry Pose Estimation Based on Multi-Parts Detection. *Animals*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/ani12101322>
- Feng, W., Wang, K., & Zhou, S. (2023). An Efficient Neural Network for Pig Counting and Localization by Density Map Estimation. *IEEE Access*, 11 81079–81091. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3297141>
- Fernandes, A. F. A., Dórea, J. R. R., & Rosa, G. J. de M. (2020). Image Analysis and Computer Vision Applications in Animal Sciences: An Overview. *Frontiers in Veterinary Science*, 7 551269. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2020.551269/BIBTEX>
- Ferri, F., Yopez, J., Ahadi, M., Wang, Y., Ko, R., Seddon, Y. M., & Ko, S. B. (2024). Enhancing welfare assessment: Automated detection and imaging of dorsal and lateral views of swine carcasses for identification of welfare indicators. *Computers and Electronics in Agriculture*, 222 109058. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109058>
- Fuentes, S., Viejo, C. G., Chauhan, S. S., Joy, A., Tongson, E., & Dunshea, F. R. (2020). Non-invasive sheep biometrics obtained by computer vision algorithms and machine learning modeling using integrated visible/infrared thermal cameras. *Sensors (Switzerland)*, 20(21), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s20216334>
- Guo, Y., Aggrey, S. E., Wang, P., Oladeinde, A., & Chai, L. (2022). Monitoring Behaviors of Broiler Chickens at Different Ages with Deep Learning. *Animals*, 12(23) 3390. <https://doi.org/10.3390/ani12233390>
- Hansen, M. F., Baxter, E. M., Rutherford, K. M. D., Futro, A., Smith, M. L., & Smith, L. N. (2021). Towards Facial Expression Recognition for On-Farm Welfare Assessment in Pigs. *Agriculture*, 11(9) 847. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE11090847>
- Hayden, M. A., Barim, M. S., Weaver, D. L., Elliott, K. C., Flynn, M. A., & Lincoln, J. M. (2022). Occupational Safety and Health with Technological Developments in Livestock Farms: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24) 16440. <https://doi.org/10.3390/IJERPH192416440>
- Hervy Paternina Pedroza, José Linares Morales, & Katherine Hernández Ayala. (2019). Transferencia de tecnología y conocimientos en el sector explotador de bovinos. *Google Scholar*, 4(1) 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.25214/27114406.936>
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Warner, R. D., Poblete, T., & Jongman, E. C. (2019). Modelling and validation of computer vision techniques to assess heart rate, eye temperature, ear-base temperature and respiration rate in cattle (google translator, Trans.). *Animals*, 9(12) 18. <https://doi.org/10.3390/ani9121089>
- Juárez, R. J. (2023). Ganadería de precisión, una revisión a los avances dentro de la avicultura enfocados a la crianza de pollos de engorde. *Prisma Tecnológico*, 14(1), 38–48. <https://doi.org/10.33412/pri.v14.1.3652>
- Kim, J., Suh, Y., Lee, J., Chae, H., Ahn, H., Chung, Y., & Park, D. (2022). EmbeddedPigCount: Pig Counting with Video Object Detection and Tracking on an Embedded Board (google translators, Trans.). *Sensors*, 22(7) 1–17. <https://doi.org/10.3390/s22072689>
- Lee, S., Ahn, H., Seo, J., Chung, Y., Park, D., & Pan, S. (2019). Practical Monitoring of Undergrown Pigs for IoT-Based Large-Scale Smart Farm (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 7 173796–173810. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955761>
- Lei, K., Zong, C., Du, X., Teng, G., & Feng, F. (2021). Oestrus Analysis of Sows Based on Bionic Boars and Machine Vision Technology. *Animals*, 11(6) 1485. <https://doi.org/10.3390/ANI11061485>
- Li, K., Teng, G., Wang, J., Zhang, Y., Gao, L., & Feng, H. (2024). Body Condition Scoring of Dairy Cows Based on Feature Point Location. *IEEE Access*, 12 5270–5283. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3349320>
- Li, G., Huang, Y., Chen, Z., Chesser, G. D., Purswell, J. L., Linhoss, J., & Zhao, Y. (2021). Practices and applications of convolutional neural network-based computer vision systems in animal farming: A review. *Sensors*, 21(4) 1–42. <https://doi.org/10.3390/s21041492>
- Marcos Dario Aranda. (2022, October 3). Vista de Aprendizaje Automático aplicado a la calidad del desarrollo en

- la ganadería de precisión. AKAJEA. <https://doi.org/10.33414/ajea.1040.2022>
- Morota, G., Ventura, R. V., Silva, F. F., Koyama, M., & Fernando, S. C. (2018). Big data analytics and precision animal agriculture symposium: Machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. *Journal of Animal Science*, 96(4) 1540–1550. <https://doi.org/10.1093/jas/sky014>
- Na, M. H., Cho, W. H., Kim, S. K., & Na, I. S. (2022). Automatic Weight Prediction System for Korean Cattle Using Bayesian Ridge Algorithm on RGB-D Image. *Electronics*, 11(10) 1–22. <https://doi.org/10.3390/electronics11101663>
- Nakrosis, A., Paulauskaite-Taraseviciene, A., Raudonis, V., Narusis, I., Gruzauskas, V., Gruzauskas, R., & Lagzdinyte-Budnike, I. (2023). Towards Early Poultry Health Prediction through Non-Invasive and Computer Vision-Based Dropping Classification. *Animals*, 13(19) 1. <https://doi.org/10.3390/ani13193041>
- Odo, A., Muns, R., Boyle, L., & Kyriazakis, I. (2023). Video Analysis Using Deep Learning for Automated Quantification of Ear Biting in Pigs (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 11 59744–59757. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3285144>
- Paudel, S., de Sousa, R. V., Sharma, S. R., & Brown-Brandl, T. (2023). Deep Learning Models to Predict Finishing Pig Weight Using Point Clouds. *Animals*, 14(1) 31. <https://doi.org/10.3390/ANI14010031>
- Pretto, A., Savio, G., Gottardo, F., Uccheddu, F., & Concheri, G. (2024). A novel low-cost visual ear tag based identification system for precision beef cattle livestock farming (google translator, Trans.). *Information Processing in Agriculture*, 11(1) 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.10.003>
- Pu, J., Yu, C., Chen, X., Zhang, Y., Yang, X., & Li, J. (2022). Research on Chengdu Ma Goat Recognition Based on Computer Vision (google translation, Trans.). *Animals*, 12(14) 1746. <https://doi.org/10.3390/ANI12141746>
- Sharma, A., Jain, A., Gupta, P., & Chowdary, V. (2021). Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 9 4843–4873. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048415>
- Unal, Z. (2020). Smart Farming Becomes even Smarter with Deep Learning - A Bibliographical Analysis (Google Translator, Trans.). *IEEE Access*, 8 105587–105609. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000175>
- Urquilla Castaneda, A., Matías Delgado, J., Salvador, E., & Gavidia, F. (2023). ¿Será la Agricultura 4.0 la solución al hambre global? Will Agriculture 4.0 be the solution to global hunger? CENtroAmériCA. *rEviStA SEmESTrAl ENero-Junio*, 23. <https://doi.org/10.5377/ryr.v1i57.16696>
- Wurtz, K., Camerlink, I., D'Eath, R. B., Fernández, A. P., Norton, T., Steibel, J., & Siegford, J. (2019). Recording behaviour of indoor-housed farm animals automatically using machine vision technology: A systematic review (español, Trans.). *PLoS ONE*, 14(12) 1–35. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226669>
- Yao, Y., Yu, H., Mu, J., Li, J., & Pu, H. (2020). Estimation of the Gender Ratio of Chickens Based on Computer Vision: Dataset and Exploration. *Entropy*, 22(7) 719. <https://doi.org/10.3390/E22070719>
- You, M., Liu, J., Zhang, J., Xu, M., & He, D. (2020). A novel chicken meat quality evaluation method based on color card localization and color correction (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 8 170093–170100. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2989439>
- Zhang, W., Wang, Y., Guo, L., Falzon, G., Kwan, P., Jin, Z., Li, Y., & Wang, W. (2024). Analysis and Comparison of New-Born Calf Standing and Lying Time Based on Deep Learning (google translator, Trans.). *Animals*, 14(9) 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani14091324>
- Zu, L., Chu, X., Wang, Q., Ju, Y., & Zhang, M. (2023). Joint Feature Target Detection Algorithm of Beak State Based on YOLOv5 (google translator, Trans.). *IEEE Access*, 11 64458–64467. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.327543229>