Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS CON IOT EN LA GANADERÍA 4.0 APLICABLES EN ECUADOR

TECHNOLOGICAL TRENDS WITH IOT IN LIVESTOCK 4.0 APPLICABLE IN ECUADOR

Yessika Andrea Jaramillo Encalada
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Percy Alberto Rios Villacorta
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15294

Tendencias Tecnológicas con IoT en la Ganadería 4.0 Aplicables en Ecuador

Yessika Andrea Jaramillo Encalada[1]
yjaramillo6823@uta.edu.ec
https://orcid.org/0009-0008-9889-3172
Universidad Técnica de Ambato
Ambato – Ecuador

Percy Alberto Rios Villacorta
a.rios@uta.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-7334-5681
Universidad Técnica de Ambato
Ambato – Ecuador

RESUMEN

La ganadería ha sido una actividad crucial en el desarrollo económico y social a nivel mundial, aportando empleo e ingresos en diferentes países. Sin embargo, enfrenta nuevos retos debido a las crecientes demandas de sostenibilidad, bienestar animal y eficiencia productiva. En este contexto, la Ganadería 4.0, impulsada por tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y automatización, surge como una solución prometedora para mejorar la gestión del ganado. Estas tecnologías permiten un monitoreo preciso del bienestar animal y la optimización de recursos, transformando las prácticas tradicionales de ganadería. En Ecuador, la adopción de estas tecnologías ha sido lenta debido a limitaciones en infraestructura y conocimiento especializado. No obstante, existe un gran potencial para que la Ganadería 4.0 impulse la competitividad del sector, especialmente en áreas rurales, mejorando la productividad y la sostenibilidad. Este estudio realiza un análisis bibliométrico de las tendencias tecnológicas con IoT aplicadas en la Ganadería 4.0 en Ecuador, destacando el impacto potencial en la eficiencia productiva, el bienestar animal y los desafíos para su implementación. El análisis muestra una baja adopción de tecnologías IoT en la ganadería ecuatoriana debido a limitaciones en infraestructura y capacitación. Sin embargo, se identificó un interés creciente entre los productores por adoptar estas tecnologías, lo cual podría ser catalizado mediante políticas de apoyo y programas de formación específicos para cada región.

Palabras clave: tecnología IoT, ganadería 4.0, industria 4.0, ganadería de precisión

[1] Autor principal.
Correspondencia: yjaramillo6823@uta.edu.ec

Technological Trends with IoT in Livestock 4.0 Applicable in Ecuador

ABSTRACT

Livestock has been a crucial activity in global economic and social development, providing employment and income in various countries. However, it faces new challenges due to growing demands for sustainability, animal welfare, and productive efficiency. In this context, 4.0 Livestock, driven by advanced technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, and automation, emerges as a promising solution to improve livestock management. These technologies enable precise monitoring of animal welfare and resource optimization, transforming traditional livestock practices. In Ecuador, the adoption of these technologies has been slow due to limitations in infrastructure and specialized knowledge. Nevertheless, there is great potential for 4.0 Livestock to enhance the competitiveness of the sector, especially in rural areas, by improving productivity and sustainability. This study conducts a bibliometric analysis of IoT technological trends applied in 4.0 Livestock in Ecuador, highlighting the potential impact on productive efficiency, animal welfare, and the challenges for its implementation. The analysis shows a low adoption of IoT technologies in Ecuadorian livestock farming due to limitations in infrastructure and training. However, there is a growing interest among producers to adopt these technologies, which could be catalyzed through supportive policies and region-specific training programs.

Keywords: IoT technology, 4.0 livestock, industry 4.0, precision livestock farming

Artículo recibido 20 noviembre 2024
Aceptado para publicación: 22 diciembre 2024

INTRODUCCIÓN

En estudios internacionales, la aplicación de IoT en la ganadería ha demostrado mejoras significativas en la salud animal, eficiencia de los recursos y sostenibilidad. En países como India, se han implementado sistemas avanzados que utilizan sensores para monitorear el comportamiento y la salud del ganado, lo que ha llevado a una reducción en las enfermedades y un aumento en la productividad. En Europa, las tecnologías IoT también han permitido el desarrollo de granjas inteligentes, donde se automatizan procesos de alimentación y monitoreo de pastos. En Ecuador, aunque existen estudios que exploran el uso de IoT en sectores como la agricultura, su adopción en la ganadería aún está en fases iniciales. Estudios previos sugieren que la implementación de estas tecnologías podría aumentar significativamente la eficiencia en la gestión ganadera.

Durante años, la ganadería ha contribuido al desarrollo económico y social a nivel mundial generando empleo e ingresos de varios países a través de la suministración de alimentos como la carne de pollo, carne de res, carne de cerdo, leche, derivados de la leche y huevos. Además, es primordial para el sector industrial, ya que provee de materia prima para el sector textil, artesanal (calzado, sombreros, chompas, correas, artesanías), sector farmacéutico, cosmético y productos de primera necesidad.

En el Ecuador el consumo creciente de alimentos de origen animal, aumentado notablemente. Según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censo en el año 2022 registra la crianza de 22.2 millones de pollos de engorde, 3.9 millones de cabezas de ganado vacuno, 0.9 millones en ganado porcino, 0.6 millones en ganado ovino, 12.2 millones de gallinas ponedoras y producen 5.5 millones de litros con un rendimiento de 6.8 litros por vaca. Se estima un consumo de 32 kg de carne por persona al año y cada año existe un aumento de 1.3%. Este factor ha impulsado la fundación de industrias ganaderas grandes, medias y pequeñas que se dedican a la crianza de especies de mayor consumo como el ganado bovino, porcino, ovino y aviar, generando más de 2000 empleos a nivel nacional, sin contar con los pequeños ganaderos independientes [1].

La cría de ganado representa un desafío considerable para los campesinos, quienes deben mantener una vigilancia constante en los animales, estar pendiente de la cantidad de alimentos que ingiere, la hidratación, el cuidado continuo de la salud del ganado y la búsqueda del ganado en caso de pérdida o hurto, este entorno de crianza ganadera tradicional causa agotamiento y estrés al ganadero en especial

en situaciones emergentes como amenaza de depredadores, robos, perdidas y enfermedades provocando un ambiente inseguro en la producción ganadera [2], [3]. Por tal razón hoy en día, este sector está explorando nuevas tecnologías dentro del marco de la industria 4.0 que controlen procesos productivos, permitiendo obtener información en tiempo real del bienestar de los animales mediante sensores, chips de geolocalización, monitoreos de la salud del ganado y drones para mejorar los métodos tradicionales de la crianza de ganado y solucionar esta problemática.

Este estudio se basa en la metodología de revisión bibliográfica propuesta por Fink, la cual se enfoca en la búsqueda, selección, y análisis sistemático de literatura científica. El análisis bibliométrico fue realizado utilizando la base de datos Scopus debido a su amplia cobertura en publicaciones científicas de alta calidad. Además, se complementó con fuentes como IEEE Xplore y Google Scholar para asegurar una mayor diversidad en los estudios analizados.

Para el análisis cuantitativo, se utilizó el software Biometrix, evaluando un total de 81 artículos publicados entre 2018 y 2024. El análisis incluyó la identificación de autores clave, áreas de investigación predominantes y países líderes en la adopción de tecnologías IoT en ganadería. El análisis cualitativo consistió en entrevistas con ganaderos locales para obtener información sobre las prácticas tradicionales y la posible adopción de tecnologías 4.0 en Ecuador.

Con la implementación de la tecnología 4.0 en la ganadería se aportaría una mayor eficiencia, un ahorro de tiempo y recursos económicos, se ayudaría al impacto ambiental, mejoraría la calidad en la producción, el trato a los animales y se reduciría la carga laboral hacia el ganadero.

El principal objetivo es analizar las tendencias tecnológicas con IoT en la Ganadería 4.0 enfocados a estudios científicos aplicables en Ecuador.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Ganadería 4.0

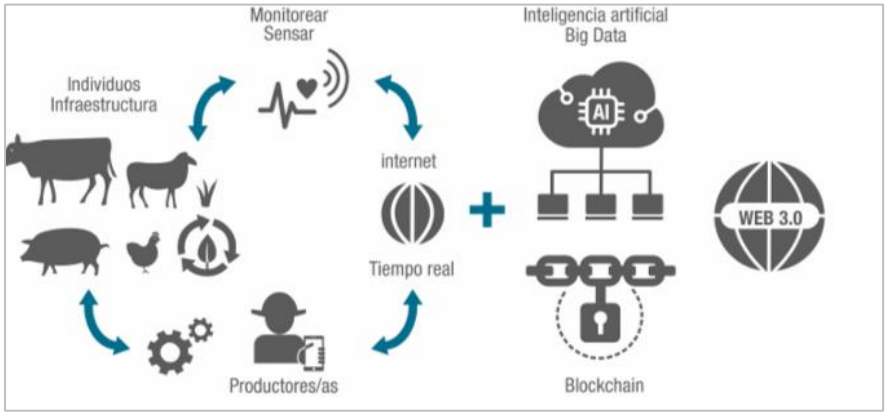
La ganadería 4.0 marca un avance significativo en el sector ganadero, impulsado por la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT), el análisis de datos y la automatización. Estas tecnologías están transformando radicalmente la forma en que se manejan y gestionan las operaciones ganaderas, desde la producción y la salud animal hasta la eficiencia en la cadena de suministro y la sostenibilidad ambiental.

Este paradigma emergente no solo busca mejorar la productividad y la rentabilidad, sino también promover prácticas más sostenibles y éticas en la producción ganadera, adaptándose a los desafíos modernos y demandas del mercado global [2], [4]. Los resultados del análisis bibliométrico revelan un crecimiento significativo en las publicaciones sobre Ganadería 4.0 e IoT, con un aumento promedio del 46% anual. Los países líderes en investigación sobre este tema son India, Italia y España. En Ecuador, solo se encontraron dos publicaciones relacionadas con la aplicación de IoT en la ganadería, lo que evidencia una brecha considerable en la adopción de estas tecnologías en el país. Sin embargo, las entrevistas con ganaderos locales revelaron un interés creciente por parte de los productores en adoptar tecnologías IoT para mejorar la gestión de sus operaciones ganaderas.

Esquema general de la Ganadería 4.0

En la figura 1 muestra un esquema general de la integración de tecnologías que conforma la ganadería 4.0.

Figura 1: General outline [5]



La implementación de tecnologías IoT en la ganadería ha mostrado resultados prometedores a nivel global, mejorando la productividad y el bienestar animal. En Ecuador, aunque la adopción de estas tecnologías está aún en una fase temprana, los resultados sugieren que existe un gran potencial para que la Ganadería 4.0 impulse el sector ganadero. Estudios en otros países han demostrado que el uso de sensores y monitoreo en tiempo real puede reducir significativamente las pérdidas causadas por enfermedades, optimizar la alimentación del ganado y aumentar la producción de carne y leche.

Sin embargo, los desafíos incluyen la falta de infraestructura tecnológica y la necesidad de capacitación especializada para los ganaderos [6].

Aplicaciones de la Ganadería 4.0

A nivel internacional se han implementado sistemas que contribuyen a la sostenibilidad ganadera como chips implantados en el ganado para monitorear su ingesta de alimentos, chips de geolocalización para rastrear la ubicación de los animales, sensores para el pastoreo inteligente que guían a los animales hacia áreas específicas mediante estímulos, y sistemas de monitoreo para evaluar el bienestar animal y detectar problemas relacionados con la alimentación o la salud de los animales [7]. En la tabla 1 muestra sistemas implementados que aportan a una mejoría de la crianza de ganado.

Tabla 1. Aplicaciones de la ganadería 4.0

Ref.	Modelo	Descripción
[8]	Smart livestock management: integrating IoT for cattle health diagnosis and disease prediction through machine learning (India, 2024)	Planteo 5 modelos de aprendizaje automático: Naïve Bayes multinomial (NBM), lazy-IBk, partial tree (PART), rondo forest (RF) y support vector machine (SVM) para la detección de enfermedades como dolor de estómago, fiebre de la leche, gases, deshidratación, vómito y diarrea.
[9]	Towards Advanced Animal Care: A Li-Fi and IoT-Based System for Monitoring Newborn Livestock (India, 2024)	Sistema de seguimiento en tiempo real para terneros recién nacidos, utilizando Li-Fi y IoT, capturar, transmitir parámetros de salud vitales, la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la detección de movimiento y sonido
[10]	Cow Behavioral Activities in Extensive Farms: Challenges of Adopting Automatic Monitoring Systems (Italia, 2023)	Implementación de un collar para el monitoreo del comportamiento animal mediante sensores biométricos y biológicos para la identificación de los patrones de actividad del ganado como la rumiación, la puesta y la bipedestación.
[11]	Smart farming: An enhanced pursuit of sustainable remote livestock tracking and geofencing using IoT and GPRS (India ,2020)	Crea una zona geográfica segura para el ganado basada en IoT y GPRS, donde mediante sensores El ganado puede ser fácilmente monitoreado y controlado de forma remota recopila los datos sobre la ubicación, el bienestar y la salud del ganado.
[12]	An IoT Architecture for Continuous Livestock Monitoring Using LoRa LPWAN (Italia, 2019)	Monitoreo continuo del ganado ubicado en establos y durante el pastoreo basado en LoRa para la conectividad inalámbrica de largo alcance
[13]	Livestock health monitoring using IoT technology for Ethiopia (India, 2019)	Desarrollan un seguimiento del estado de la salud del ganado para prevenir de enfermedades, la monitorización es mediante una aplicación móvil para rastrear y recopilar datos del bienestar del animal a través de sensores

[14]	Cloud IOT based novel livestock monitoring and identification system using UID (India, 2018)	Propone de un Sistema de Gestión Ganadera basado en la tecnología IoT a través de servidores de internet para detectar parámetros fisiológicos del ganado para la crianza adecuado de los animales
[15]	Smart Dairy Cattle Farming and In-Heat Detection through the Internet of Things (IoT) (Filipinas, 2022)	Este estudio ilustra cómo aplicar la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la eficiencia en la detección de comportamientos de celo en vacas. Se emplea un sistema de cámaras con capacidad de movimiento horizontal, vertical y zoom, junto con una aplicación web basada en Python para automatizar el proceso de monitoreo.
[16]	Kernel density estimation analyses based on a low power-global positioning system for monitoring environmental issues of grazing cattle (Italia, 2022)	Este estudio tuvo como propósito evidenciar la factibilidad de un sistema automático innovador para la localización y monitoreo de vacas en sistemas de ganadería extensiva, utilizando datos espaciotemporales obtenidos mediante un sistema de posicionamiento global de bajo consumo (LP-GPS).

La Ganadería 4.0 tiene el potencial de transformar el sector ganadero en Ecuador, ofreciendo soluciones tecnológicas que mejoran la eficiencia productiva y promueven la sostenibilidad. La adopción de tecnologías IoT, aunque lenta, puede ser clave para que Ecuador cierre la brecha con otros países en términos de competitividad ganadera. Los resultados de este estudio muestran que, si se superan los desafíos actuales de infraestructura y capacitación, la Ganadería 4.0 puede tener un impacto significativo en la productividad y el bienestar animal en el país.

METODOLOGÍA

Para evaluar la evolución de la industria 4.0 hacia la ganadería 4.0 en Ecuador, se llevaron a cabo varios análisis metodológicos que permitieron obtener una visión comprensiva del impacto y potencial de la tecnología IoT en este sector. Estos análisis incluyeron tanto enfoques cuantitativos como cualitativos, los cuales proporcionaron datos valiosos para evaluar la aplicabilidad y los desafíos de la adopción tecnológica en la ganadería ecuatoriana.

Análisis estadístico

El análisis estadístico permite evaluar la importancia de la evolución de la industria 4.0 hacia la ganadería 4.0, como una fuente de rentabilidad económica para pequeños, medianos y grandes ganaderos.

Para ello, se llevó a cabo la recolección de datos y la aplicación de técnicas analíticas utilizando información proveniente de diversas fuentes primarias, como el Ministerio de Agricultura y Ganadería; fuentes secundarias, como el Banco Central del Ecuador (BCE) y el INEC; así como artículos científicos e investigaciones sobre la tecnología aplicada en otros países, con el fin de evaluar su aplicabilidad en Ecuador [17], [18].

Análisis de datos e índex

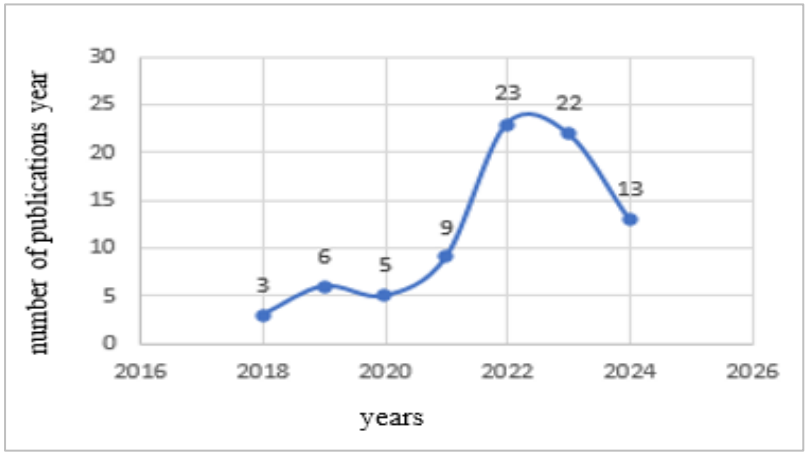
Se eligió el repositorio Scopus para llevar a cabo el estudio bibliométrico, en el cual se identificaron diversas publicaciones a nivel mundial, incluyendo artículos y revisiones científicas, ponencias de conferencias y capítulos de libros relacionados con el tema. La búsqueda se centró en un período comprendido entre 2018 y 2024, y se emplearon términos de búsqueda como "Tecnología IoT", "ganadería de precisión", "monitoreo de ganado" y “Ganadería inteligente”. Este enfoque permitió reunir una variedad de investigaciones relevantes sobre el tema

Análisis Cuantitativo

Para el análisis cuantitativo de las publicaciones científicas, se utilizó la herramienta de datos Biometrix para evaluar las citas académicas obtenidas del repositorio. Este análisis incluyó la categorización de la relevancia de los artículos según el número de publicaciones por país, la productividad de los autores y el análisis de citas.

En la Figura 2 se analiza el crecimiento promedio anual de 81 artículos científicos publicados entre 2018 y 2024 relacionados con la tecnología IoT en la ganadería, evidenciando un aumento promedio del 46% anual en las publicaciones sobre Ganadería 4.0 e IoT.

Figura 2: Analysis of publication growth



Esto indica un interés y enfoque cada vez mayores en la investigación y desarrollo de tecnologías IoT aplicadas a la ganadería, lo que refleja una tendencia global hacia la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas en el sector.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

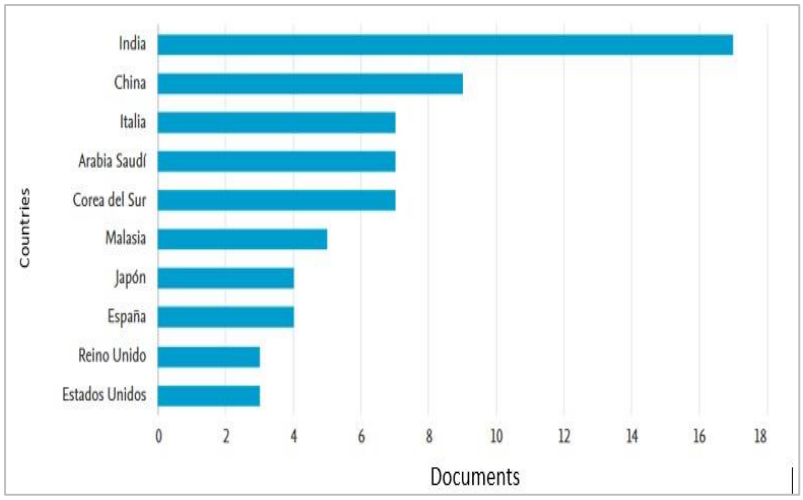
Los resultados se basan en el análisis bibliométrico de un total de 81 documentos seleccionados de los 182 artículos inicialmente considerados, siguiendo criterios prácticos y de relevancia respecto a las preguntas de investigación. Los hallazgos revelan que, si bien la adopción de tecnologías IoT en la ganadería ecuatoriana es limitada, hay un interés creciente por parte de los productores hacia estas innovaciones.

Este análisis está alineado con la metodología mixta planteada, integrando tanto un enfoque cuantitativo como cualitativo, lo que ha permitido una evaluación exhaustiva del estado actual de la Ganadería 4.0 en Ecuador y una comprensión más profunda de los factores que favorecen o dificultan la adopción de estas tecnologías en el contexto ecuatoriano.

Análisis bibliometrico

Síntesis bibliográficas

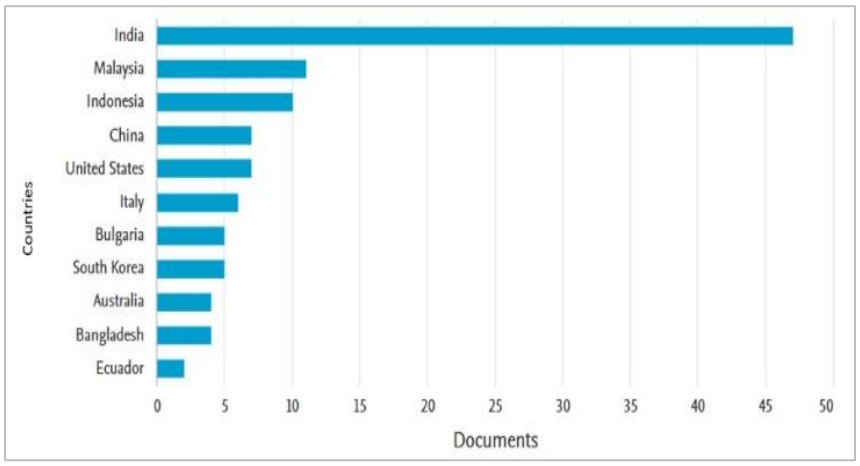
Figura 3: Relevant quotes



Las citas más relevantes en la ganadería se encuentran en India, que se ha consolidado como líder mundial en la adopción de tecnologías IoT en la ganadería, destacándose en la producción de investigaciones y publicaciones académicas sobre el tema, como se visualiza en la Figura 3, con un total de 17 documentos.

Este liderazgo se refleja en numerosos estudios que abordan desde la detección temprana de enfermedades del ganado mediante collares inteligentes, [19] hasta sistemas integrados que utilizan IA e IoT, [20] para el monitoreo y gestión de vacas [21]. La implementación de estas tecnologías ha mejorado significativamente la eficiencia, productividad y bienestar animal, proporcionando a los ganaderos herramientas precisas y accesibles para optimizar sus operaciones [22]. Estos avances posicionan a India a la vanguardia de la Ganadería 4.0, estableciendo un modelo a seguir para otros países en la transformación digital del sector agrícola.

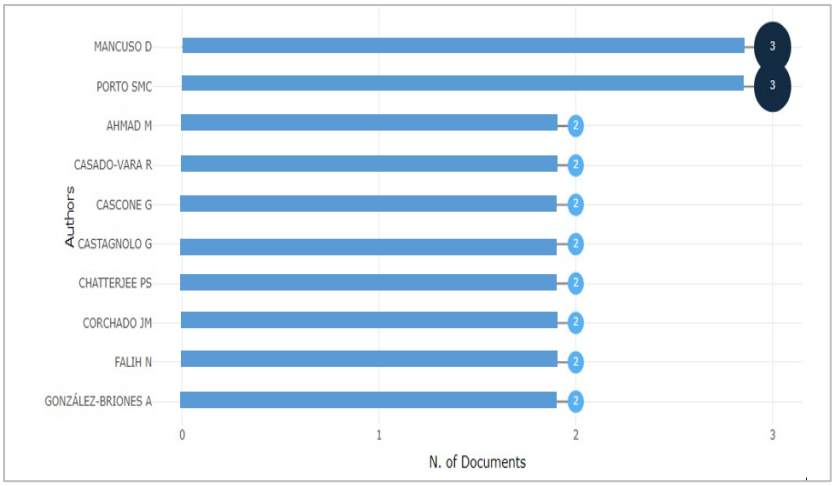
Figura 4: Ecuadorian quotes



En las publicaciones se encontraron dos documentos relacionados con el tema de IoT en la ganadería en el Ecuador como se muestra en la figura 4, Los libros resaltan cómo el Internet de las Cosas (IoT) facilita de manera avanzada, sencilla y práctica la toma de decisiones en el sector ganadero, optimizando el crecimiento y bienestar de los animales y mejorando la producción agrícola. Propone varios modelos de arquitectura IoT, sugiriendo su implementación en la ganadería ecuatoriana para proporcionar información en línea sobre el estado de salud, geolocalización y otros datos cruciales de los animales [23].

Este enfoque está revolucionando el negocio ganadero, ofreciendo a los ganaderos un futuro prometedor con grandes oportunidades y mejoras, especialmente en las zonas rurales de la provincia del Guayas [24].

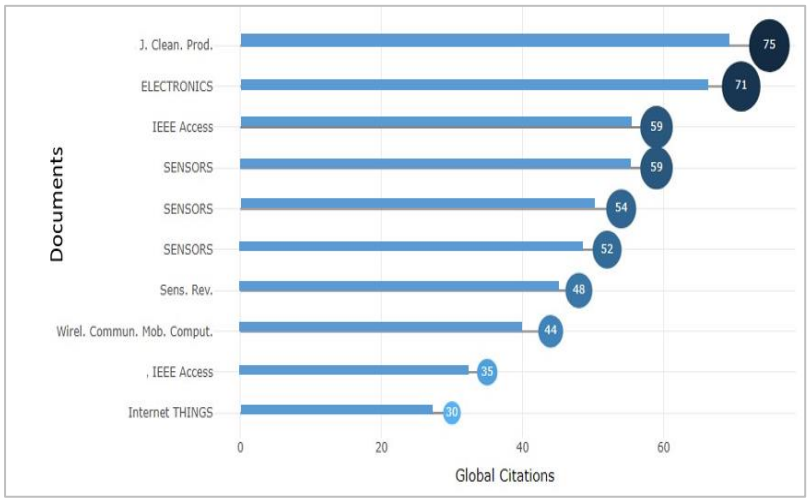
Figura 5: Authors with the most publications



La figura 5 muestra a los autores más productivos en el campo de la ganadería y el Internet de las Cosas (IoT) según el número de documentos publicados. Estos investigadores han contribuido significativamente al avance del conocimiento y la implementación de IoT en la ganadería.

Análisis de publicaciones

Figura 6: Publications with the most citations



En la figura 6, se observa las publicaciones más citadas a nivel global resaltan la relevancia de la sostenibilidad e innovación en la ganadería, al combinar tecnologías en tendencia y los conocimientos de la crianza de ganado tradicional para fomentar el desarrollo económico.

La Revista Cleaner Production propone un nuevo esquema para la aplicación de W-IoT en el PLF (Precision Livestock Farming), que abarca el control ambiental, la alerta temprana de enfermedades, la alimentación precisa y el diagnóstico remoto [25].

Electronics presenta una arquitectura de hardware y software IoT diseñada para el monitoreo continuo del ganado tanto en establos como durante el pastoreo. Se ha adoptado la tecnología de red de área amplia de baja potencia (LPWAN) LoRa para cubrir diversos entornos, complementada con una configuración adecuada de servicios web para el almacenamiento, análisis y visualización de datos. Además, la capa de control de acceso al medio (MAC) del LoRaWAN asegura una gestión eficiente de las comunicaciones [12].

"IEEE ACCESS" proporciona un estudio de la tecnología del internet de las cosas relacionado a la ganadería, categorizando y sintetizando las investigaciones existentes referentes al tema como la infraestructura de red a través de plataformas IoT, la integración de tecnologías a base de protocolos de investigación, el monitoreo y control de la gestión ganadera [26]. También propone el monitoreo con vehículos aéreos para el conteo detección y seguimiento del ganado [27]. Utiliza el aprendizaje automático para la ganadería de precisión [28]

La revista "Sensor" enlaza la comunicación Lora por medio del internet a un monitoreo y un dron para la vigilancia de granjas rurales [29]. Utiliza un collar GPS para el monitoreo de un rebaño conectados a una red SigFox [30]. Además, incentiva el uso de aplicaciones de la ganadería de precisión para el manejo de los animales de granja [31].

Revista sensor implementan un sistema de gestión ganadera para el monitoreo y registro de los animales basado a un servidor de internet [14].

Revista Wireless Communications and Mobile Computing realiza un monitoreo de seguimiento de ganado utilizando IOT y GPS [11].

Journal Internet Things elabora métodos del aprendizaje automático a través de vehículos aéreos para el monitoreo y vigilancia de la granja [32]

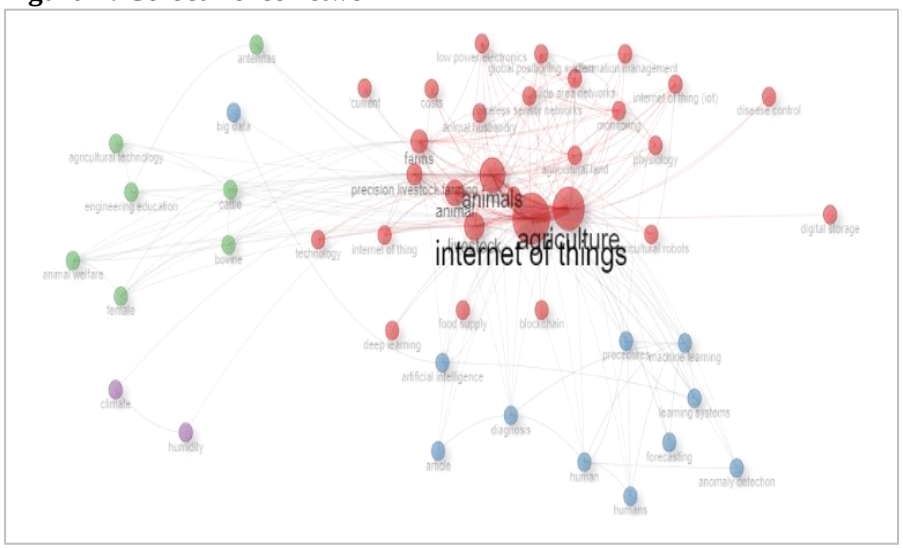
Análisis de las palabras claves de búsqueda

Las palabras destacadas en la búsqueda de artículos científicos para el estudio bibliométrico del proceso de crianza de ganado tenemos: "Ganadería", "Tecnología IoT", "Monitoreo ganadero", "Ganadería de precisión", "Comportamiento del ganado", "IoT-blockchain", "Aprendizaje automático", "Aprendizaje profundo", "Red de sensores", "Geolocalización", "Redes neuronales" y "Monitoreo de salud del ganado"

Análisis de variables

En la Figura 7, se muestra la coincidencia de términos para identificar patrones y vínculos entre las palabras clave más recurrentes con respecto a la búsqueda de ganadería 4.0 e IoT. Además, se examina la red de coautoría para visualizar la estructura y las conexiones entre los autores, las citas bibliográficas y los conceptos fundamentales. Junto con los análisis previos, esto permite una evaluación integral de las variables pertinentes para el modelo de la tendencia de ganadería 4.0.

Figura 7: Co-ocurrence network



En esta red, el término "internet de las cosas" se destaca como el nodo principal, vinculado estrechamente con los animales. Juega un papel crucial en la integración de tecnologías avanzadas en la gestión del ganado. Otros términos importantes relacionados con IoT incluyen "animales" "GPS" "sensores," y "medidas" Términos relevantes como "inteligencia artificial" también tienen importancia, reflejando la relevancia de la toma de decisiones basada en datos y la automatización en la ganadería avanzada. Además, términos como "pronóstico," "pastoreo" "uso de energía" "blockchain" y "salud animal" también aparecen en la red, aunque con menor importancia en comparación con IoT.

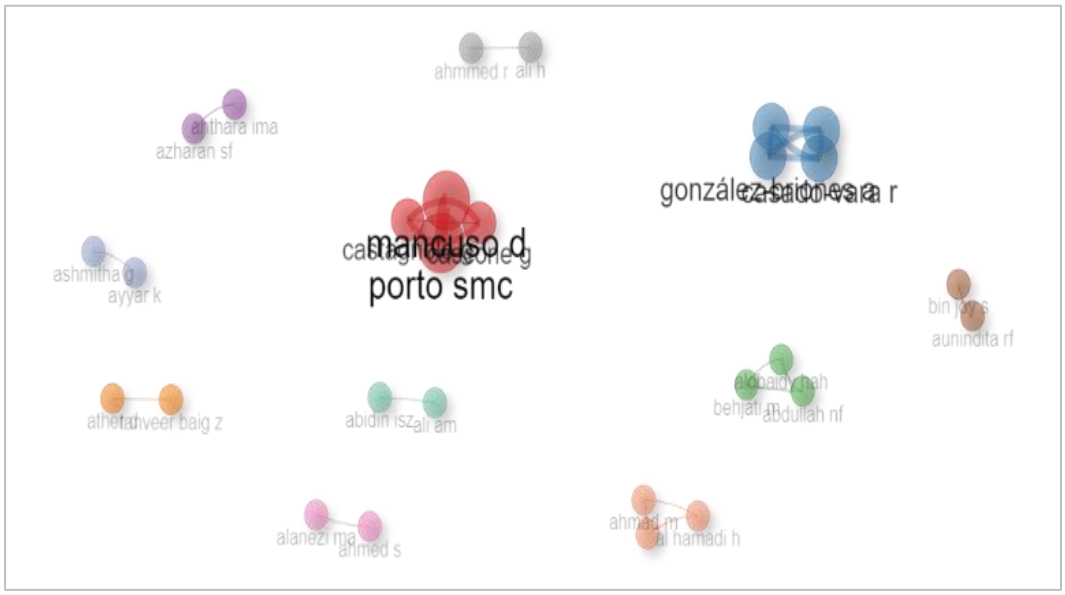
En la Figura 8, la red de coautoría refleja la colaboración entre diversos investigadores que han aportado con trabajos investigativos para el desarrollo de la ganadería como el uso de la tecnología IoT, la ganadería de precisión, el desarrollo del aprendizaje automático basado a redes neuronales y drones [33], [34].

Estos trabajos aportan al cuidado, crianza y bienestar de los animales. Además, facilita al ganadero en

el postero de vacas.

También se destacan importantes contribuciones en la optimización de redes, plataformas IoT y servidores en la nube, lo que demuestra un esfuerzo conjunto en la implementación de tecnologías prácticas en el ámbito ganadero.

Figura 8: Co-authordhip network



Análisis de publicaciones realizadas en Ecuador

Este análisis es relevante puesto que, permite contextualizar el estado actual de la Ganadería 4.0 en el país, identificando investigaciones locales que puedan servir como base para la adopción de tecnologías avanzadas en la ganadería. Este estudio proporciona una perspectiva local sobre los desafíos y oportunidades que enfrenta la ganadería ecuatoriana, permitiendo realizar comparaciones con otros países y establecer estrategias de mejora en base a las investigaciones ya existentes.

Se encontró proyectos relacionados al tema en repositorios universitarios, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Investigaciones en Ecuador

Ref.	Tema	Autores	Institución
[35]	Protocolo lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la industria ganadera del ecuador: una revisión sistemática. (Guayaquil, 2024)	Pazmiño Sánchez Carlos Alberto	Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil
[36]	Tecnologías aplicadas en los procesos de crianza, calidad y rendimiento del ganado bovino en el Ecuador (Babahoyo, 2022)	Luis Alfredo Veloz Migues	Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agropecuaria
[37]	Diseño de un dispositivo IoT para la detección de celo en ganado bovino. (Cuenca, 2021)	Ing. Darwin Fabian Astudillo Salinas, PhD	Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones
[38]	Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador (Quito, 2019)	José Luis Zambrano Mendoza	Universidad Politécnica Salesiana
[39]	Internet de las cosas aplicado a la producción agropecuaria. (Machala,2018)	Harry Vite Cevallos Oliverio Vargas González, Luis Vargas Collaguazo, Johanna Vargas Collaguazo	Universidad Técnica de Machala

La evaluación tecnológica en el territorio ecuatoriano que se enlista en la tabla 2, obtenidas de indexación institucionales relativos a la tendencia de la industria 4.0 en la ganadería, la implementación de tecnologías avanzadas en la industria ganadera ha sido evaluada a través de varios enfoques innovadores. El uso del protocolo LoRa combinado con GPS y Arduino permite un monitoreo eficiente del ganado a largas distancias, optimizando la gestión y análisis de datos. Además, el diseño de dispositivos IoT para la detección de celo en ganado bovino mejora las tasas de reproducción al monitorear y notificar comportamientos relevantes a los ganaderos. El Internet de las Cosas (IoT) se ha aplicado ampliamente en la producción agropecuaria, permitiendo la recopilación y análisis de datos en tiempo real para optimizar la eficiencia operativa y reducir costos. Asimismo, se han implementado tecnologías avanzadas en los procesos de crianza, calidad y rendimiento del ganado bovino, como sistemas automatizados de alimentación y ordeño, y sensores de salud y bienestar animal. Finalmente,

se ha estudiado la adopción e impacto de estas tecnologías agropecuarias en Ecuador, destacando mejoras en productividad, sostenibilidad y reducción de costos, aunque también se identifican desafíos en su implementación. Sin embargo, el avance tecnológico en la ganadería ecuatoriana es menor en comparación con otros países, lo que subraya la necesidad de mayores esfuerzos en la adopción y desarrollo de tecnologías para cerrar esta brecha y alcanzar estándares internacionales.

Análisis Cuantitativo y Descriptivo

Análisis Cuantitativo

En este análisis cuantitativo, se recopilaron datos específicos sobre las prácticas actuales de las ganaderías en las regiones de Píllaro y Yantzaza. Se trabajó con dos ganaderías: una ubicada en la parroquia San Andrés del Cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, con una muestra de 150 animales, y la otra en la región de Yantzaza, provincia de Zamora-Chinchipe, con un total de 115 animales destinados a la producción de leche. Estos datos fueron esenciales para obtener una comprensión precisa del tamaño de las muestras, las prácticas actuales y las características del ganado, así como los procedimientos de alimentación, reproducción y producción de leche. La recopilación de datos numéricos fue fundamental para comparar las prácticas tradicionales con las propuestas tecnológicas de la Ganadería 4.0.

Análisis Descriptivo

El análisis descriptivo se realizó mediante entrevistas a dos ganaderías, con el objetivo de conocer en detalle las metodologías tradicionales de crianza de ganado y explorar la viabilidad de implementar tecnologías avanzadas como parte de la transición hacia la Ganadería 4.0. Las entrevistas fueron realizadas con un ganadero ubicado en la parroquia San Andrés del Cantón Píllaro, en la provincia de Tungurahua, con una muestra de 150 animales; y con un ganadero de la región de Yantzaza, en la provincia de Zamora-Chinchipe, con un total de 115 animales destinados a la producción de leche, esto permitió recopilar datos sobre las técnicas actuales en el tratamiento de la crianza y producción de derivados (leche) en el ganado bovino [40] [41].

Las técnicas utilizadas abarcan, el crecimiento, la alimentación, la reproducción y la producción. En el crecimiento y alimentación utilizan potreros de pastoreo de áreas verdes controlados manualmente y comida balanceada en porciones pequeñas en ciertas edades, en la figura 10 (a) se ilustra el modo de

alimentación tradicional, en la reproducción utilizan técnicas veterinarias que analizan la fertilidad del animal y estudian la capacidad del óvulo para la reproducción sea nata y un ejemplar hembra en lo posible, y en la producción utilizan maquinaria de extracción de leche para optimizar tiempo de ordeño y mejorar la calidad de la misma, en la figura 10 (b) se ilustra la forma de ordeño.

Figura 9: 1 (a) (b): Feeding and milking of cattle

A partir de los datos recopilados, se planteó la posibilidad de integrar tecnologías avanzadas de Ganadería 4.0 en estos sistemas de producción. Durante las entrevistas realizadas a los ganaderos de las regiones de Píllaro y Yantzaza, se exploró su disposición hacia la adopción de soluciones tecnológicas como IoT, drones y monitoreo remoto. Las preguntas clave fueron formuladas para identificar las actitudes hacia la innovación tecnológica y los posibles beneficios que podría traer la implementación de estas herramientas en sus procesos.

Las respuestas obtenidas en las entrevistas fueron variadas, como se muestra en la siguiente Tabla 3, que resume las opiniones de los ganaderos sobre las tecnologías propuestas:

Tabla 3: Entrevista a ganaderos

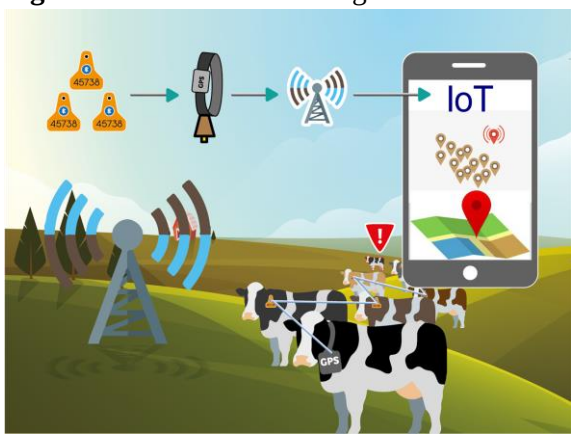
Pregunta	**Ganadero**		**Probabilidad**
	1	**2**	
En el pastoreo cambiaria el cercado eléctrico por collares limitantes	Utilizo empleados para eso, si	Un vaquero se encarga, si	Alta
En el control natal existen equipos especializados para detectar el parto, ¿lo utilizaría pece al costo?	Actualmente involucran personas que llevan el conteo del tiempo para este control, por el costo probablemente no	Los controles se llevan mediante fechas, si mejorara la probabilidad de vida animal, posiblemente si	Media
Para el control de	Todos los animales son	La mayoría de los especímenes	Baja

enfermedades y alimentación existen investigaciones de collares que predicen y analizan datos de este tipo y le notifican. ¿Lo implementaría?	controlados por veterinarios especializados, se analizaría el costo veneficio para la adquisición	tienen historial de raíz genético, que se estudia mediante veterinarios, se analizaría cuantos se invertiría para el beneficio	
Existe drones especializados para la vigilancia animal, por amenazas de depredadores u otros factores. ¿Lo implementaría?	Existen horarios de vigilancia establecidas para evitar estos factores, que en ocasiones son innecesarias, y pérdida de tiempo, si reduce tiempo y optimiza la actividad si	Muchos vaqueros fijan hojas para la vigilancia, pierden tiempo en ocasiones en ir, si lo comprase.	Alta

De acuerdo con la entrevista realizada se obtuvo las preguntas más relevantes. Dando como resultado una gran escalabilidad en los proyectos de ganadería 4.0, mejorado la vida animal, optimizando tiempo a los empleados y generando veneficios a los ganaderos.

Para ello se estableció un modelo de ganadería 4.0 que involucra a tecnologías de conexión, adquisición de datos y monitoreos mediante plataformas optimizadas de bajo consumo y gran alcance, la figura 11, muestra un modelado a seguir que integra todos los factores de cuidado animal dentro de la industria 4.0 detallados en la sección (F. Modelo de Ganadería 4.0 planteado para Ecuador).

Figura 10: livestock modeling 4.0



La ganadería 4.0 ofrece una mejora estable en los siguientes detalles.

- Monitoreo de factores ambientales del entorno
- Manejo de contabilidad de especímenes

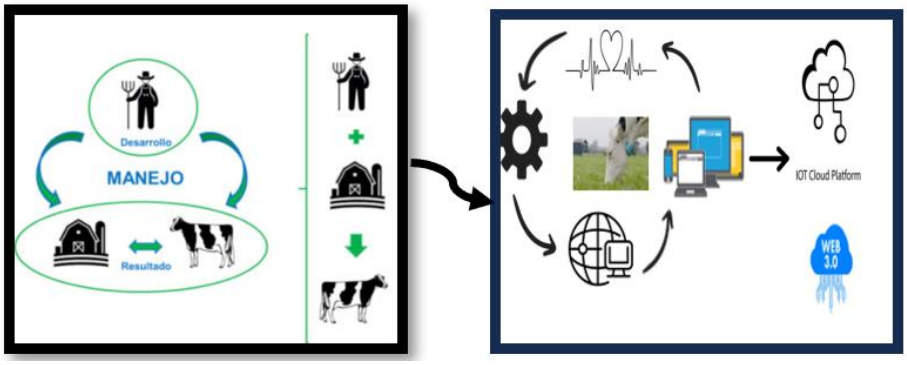
- Monitoreo y control de enfermedades
- Manejo o docificación de alimentación
- Manejo de control natal
- Monitoreo de factores de peligro
- Monitoreo de salud

Modelo de Ganadería 4.0 planteado para Ecuador

Se basa en investigaciones científicas y en entrevistas con ganaderos locales. La información obtenida a través de estas fuentes fue clave para adaptar las tecnologías IoT a las necesidades y condiciones particulares del sector ganadero ecuatoriano. El modelo busca optimizar la productividad y la sostenibilidad en base a prácticas internacionales exitosas, adaptadas al contexto local, y está alineado con el objetivo inicial de analizar las tendencias tecnológicas aplicables en Ecuador.

El modelo representado en la figura 9, busca combinar lo mejor de la ganadería tradicional con las tecnologías avanzadas de sistemas inteligentes, utilizando conocimientos tecnológicos para aumentar la eficiencia, sostenibilidad y productividad en la ganadería. Sus interacciones crean una sinergia entre ambos enfoques, permitiendo un flujo continuo de información y conocimiento entre la ganadería tradicional y los sistemas inteligentes, con el fin de lograr un sistema ganadero más completo y efectivo.

Figura 11: Projection model



Ganadería Tradicional

- Pastoreo tradicional controlado por empleados
- Ordeño manual
- Control de reproducción por fechas

- Vigilancia de depredadores y robos por vaqueros
- Control de salud animal programada

Ganadería 4.0

- Monitorización de salud animal por sensores en tiempo real por collares inteligentes
- Pastoreo por cercas virtuales mediante collares inteligentes
- Ordeño automatizado por brazos robóticos que reducen tiempo y estrés al ganado
- Control natal por sensores que notifican el celo del animal
- Vigilancia por sensores GPS que muestran la ubicación actual del bovino y vigilancia por drones especializados

DISCUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la adopción de tecnologías IoT en la ganadería ecuatoriana tiene el potencial de mejorar significativamente la productividad y el bienestar animal. Estos hallazgos son congruentes con estudios realizados en otros países como india y España, donde la implementación de IoT ha resultado en mejoras notables en la eficiencia productiva. Aunque Ecuador enfrenta desafíos en términos de infraestructura y conocimiento especializado, el análisis sugiere que, con las políticas adecuadas y el apoyo tecnológico, el país podría replicar estos beneficios.

En los países internacionales, la adopción de tecnologías IoT en la ganadería ha permitido un monitoreo más preciso de la salud animal, la optimización de los recursos alimentarios y la mejora en la gestión de pastizales. Por ejemplo, estudios han demostrado que el uso de sensores de salud animal y collares GPS en bovinos ha resultado en una reducción significativa de enfermedades y un aumento en la productividad de las ganaderías. En España, el avance tecnológico en la ganadería ha permitido el desarrollo de soluciones innovadoras, como collares equipados con circuitos electrónicos capaces de monitorear los parámetros vitales y la ubicación exacta de las vacas. Estos collares notifican automáticamente al ganadero a través de WhatsApp cuando una vaca está en labor de parto, una característica que no solo reduce la mortalidad neonatal, sino que también mejora la gestión general de la salud animal. Además, el uso de brazos robóticos con sensores integrados facilita la extracción de leche, optimizando el proceso de ordeño al asegurar la higiene y eficiencia necesarias para obtener leche de alta calidad como se ve en la figura 12. Estas innovaciones representan un salto cualitativo en la

capacidad de los ganaderos para monitorear y responder a las necesidades de sus animales, mejorando significativamente las operaciones diarias en las granjas [42].

Figura 12: Automated Milking System with Robotic Arms in Action

En contraste, en Ecuador aún no se han implementado tecnologías similares para el monitoreo del parto bovino o la eficiencia integra en la extracción de leche. La falta de infraestructura tecnológica adecuada y la necesidad de capacitación especializada son desafíos clave que deben superarse para adoptar estas innovaciones. Actualmente, los partos en Ecuador se realizan de forma natural, sin el apoyo de tecnologías avanzadas para el monitoreo y manejo del proceso.

En Japón, la adopción de tecnología IoT en la ganadería ha llevado al desarrollo de un sistema llamado GYUJO, que optimiza la fertilización y la producción animal al determinar el tiempo de celo de las vacas en un lapso de 12 a 18 horas cada 21 días mediante un podómetro que detecta cambios en el comportamiento del animal. Este constante monitoreo de los sensores no solo facilita el proceso de inseminación, sino que también permite establecer el sexo de la cría. [43] En contraste, la ganadería en Ecuador enfrenta desafíos significativos debido a métodos rudimentarios de monitoreo, como la detección visual del celo bovino [44], que depende de la disponibilidad y experiencia del personal. Para abordar estos problemas, se desarrolló un prototipo de detección temprana del celo bovino basado en tecnología IoT y comunicación LoRa, utilizando la metodología Design Science y SCRUM para su desarrollo y validación. Este sistema monitorea la actividad física del ganado y envía alertas al celular del ganadero cuando detecta un incremento en los pasos del animal en celo. Este estudio demuestra el potencial de las tecnologías avanzadas para transformar prácticas tradicionales en la ganadería ecuatoriana, mejorando la eficiencia y la precisión en la detección del celo.

En Estados Unidos, la inteligencia artificial está revolucionando la gestión de la salud del ganado, con MyAnIML a la vanguardia. Esta empresa ha desarrollado un sistema que utiliza reconocimiento facial y cámaras GoPro para analizar minuciosos cambios en el hocico de las vacas, logrando una precisión del 99.4% en la predicción de enfermedades como la queratoconjuntivitis infecciosa bovina (QIB), podo dermatitis, infecciones uterinas y el complejo respiratorio bovino (CBR). La capacidad de este sistema para diferenciar entre ganado sano y enfermo días antes de que los síntomas sean visibles permite a los ganaderos tomar medidas preventivas tempranas, como separar a los animales enfermos y administrar antibióticos de manera prudente, reduciendo así la propagación de enfermedades y minimizando el impacto económico negativo [45]. En Ecuador, se han desarrollado dos prototipos innovadores de collares de medición en el contexto de la Ganadería 4.0, utilizando IoT. Uno de los modelos emplea la placa MKR-NB1500 con conectividad celular LTE-M y el otro la placa ESP8266 con conectividad WIFI. Ambos prototipos incorporan sensores avanzados para monitorear la temperatura corporal, la presión arterial, la actividad del ganado y la geolocalización, proporcionando una herramienta efectiva para mejorar la salud animal y la gestión ganadera en el país.

Los comederos inteligentes implementados en la ganadería bovina en Argentina permiten una evaluación detallada del comportamiento alimenticio de los animales. Estos dispositivos monitorean el tiempo que los animales pasan comiendo y la cantidad exacta de alimentos que consumen, facilitando la evaluación individual de la dieta de cada animal. Los beneficios principales incluyen la reducción del tiempo necesario para el control de alimentos y el aumento de la producción debido a una optimización en el uso de los recursos alimenticios. Además, permiten a los ganaderos obtener datos precisos sobre el consumo de alimento y la eficiencia de producción de cada animal, lo cual es crucial para ajustar las dietas, optimizar la alimentación, reducir costos y mejorar la productividad. En el caso de Daniel Bovetti, quien utiliza 20 comederos inteligentes para medir el consumo de más de 500 animales, la tecnología ha permitido identificar animales más eficientes que consumen menos alimento para producir un kilo de carne, facilitando una mejor selección y manejo del ganado. La adopción de comederos inteligentes puede tener un impacto económico positivo al aumentar la eficiencia productiva y reducir los costos operativos, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos alimenticios, reduciendo el desperdicio y mejorando la sostenibilidad de las operaciones ganaderas. [46] En Ecuador,

se puede implementar este tipo de comederos inteligentes, donde un lector de caravanas identifica al bovino cuando ingresa al comedero y, mediante una báscula, se mide la cantidad de alimento ingerido en ese lapso de tiempo. [47]

CONCLUSIONES

La Ganadería 4.0 ofrece una oportunidad importante para modernizar el sector ganadero en Ecuador, aumentando la eficiencia y promoviendo prácticas sostenibles. La ganadería tradicional, caracterizada por métodos manuales y el uso intensivo de mano de obra, puede beneficiarse enormemente de la automatización y el monitoreo en tiempo real que ofrece la Ganadería 4.0. La adopción de IoT y otras tecnologías avanzadas no solo mejoraría la productividad, sino que también contribuiría a un mejor bienestar animal y a una mayor sostenibilidad ambiental. Sin embargo, para que esto sea posible, es necesario superar barreras como la falta de infraestructura tecnológica y capacitación en el sector.

Los conocimientos de la ganadería tradicional son esenciales en la investigación y desarrollo tecnológico, gracias a este conocimiento se puede configurar los niveles que debería establecer cuando y como un dispositivo debe notificar en caso de celo, enfermedades u otros casos que involucren el conocimiento veterinario.

La ganadería 4.0 es un avance que optimiza la sostenibilidad de la producción ganadera y derivado, al incorporar tecnologías IoT, inteligencia artificial y automatizaciones, facilitando una gestión eficiente ante eventos que el humano puede ser obviado.

Las innovaciones en el exterior tienen grandes avances tecnológicos que mejora la calidad de vida animal y beneficia al ganadero, en conjunto de la robótica, y dispositivos de conexión a plataformas de desarrollo, estas investigaciones no se implementan en Ecuador por falta de maquinaria de desarrollo e innovación tecnológica, aun así, el control ganadero tiene factores que involucran datos complejos que se analizan sistemáticamente de forma manual.

Este enfoque innovador combina conocimientos y tecnología moderna para incrementar eficiencia en ganaderos del área investigada analizando la posibilidad del salto a la ganadería 4.0 con respecto a costo beneficio, que ayuden el manejo de datos y la toma de decisiones a evento fortuitos, generando mayor ganancia y reduciendo tiempos de ejecución.

Además, al implementar y valorar el conocimiento tecnológico dentro de las comunidades ganaderas no solo mejora la productividad, sino que también promueve la sostenibilidad y el desarrollo económico local. En otros países las tecnologías avanzadas ya están bien integradas en la ganadería, proporcionando herramientas efectivas para el manejo y prevención de enfermedades, Ecuador está comenzando a adoptar estas innovaciones. Los prototipos desarrollados en Ecuador representan un primer paso significativo hacia la modernización de la ganadería local, demostrando que la integración de IoT puede transformar prácticas tradicionales y mejorar la gestión de la salud animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. (INEC), Instituto Nacional de Estadistica y Censo, «Encuesta de Superficie y Producion Agropecuaria Continua,» Abril 2023. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpchttps://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf
2. Viteri Guzman, Grace Katiuska; Monserrate Sanchez, Ignacio Hugo; Arrese Vilche, Alfredo Enrique, «IoT technology for animal health monitoring in the livestock sector,» Revista de las Agrociencias La Tecnica, vol. 14, nº 1, p. 60 68, 2024.
3. Aranda, Marcos ; Jesús , Cano; Villagran, Luis ; Gallina , Sergio ; Lazarte, Ivanna ; Beltramini, Paola, «Ciencia de Datos aplicadas en la ganadería de precisión en Catamarca,» CONAIISI, 2023.
4. Pinzón, Cristian; Juárez, Ronald, «Ganadería de precisión, una revisión a los avances dentro de la avicultura enfocados a la crianza de pollos de engorde,» Prisma, vol. 14, nº 1, 2023.
5. Pazmiño Sanchez, Carlos Alberto, «Protocolo Lora para analisis de medicion con GPS Y Arduino en la indusria ganadera del Ecuador,» Guayaquil - Ecuador, 2021.
6. Briones Romero, Pablo Xavier; Vivar Ramon, Gustavo Andrés, «Diseño de un dispositivo IoT para la detección de celo en ganado bovino,» Cuenca - Ecuador, 2021.
7. Guzmán Chaves, Guillermo Enrique, «Sistema basado en internet de las cosas para el monitoreo de ganado vacundo usando una red LoraWan,» Bogota - Colombia, 2021.
8. Satyaprakash, Swain; Binod Kumar, Pattnayak; Mihir Narayan, Mohanty; Suvendra Kumar, Jayasingh; Kumar Janardan, Patra; Chittaranjan, Panda, «Smart livestock management:

integrating IoT for cattle health diagnosis and disease prediction through machine learning,» Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 34, pp. 1192 - 1203, 2024.

9. Baig , Tanveer ; Ather, Danish ; Setia, Sonia; Quraishi, Suhail Javed ; Mohtashim Mian, Syed, «Towards Advanced Animal Care: A Li-Fi and IoT-Based System for Monitoring Newborn Livestock,» ES Materials & Manufacturing, vol. 23, 2024.
10. Mancuso , Dominga; Castagnolo, Giulia; Porto, Simona, «Cow Behavioural Activities in Extensive Farms: Challenges of Adopting Automatic Monitoring Systems,» Sensors, vol. 23, nº 8, 2023.
11. Ahmad, Muneer ; Ilyas, Qazi Mudassar, «Smart Farming: An Enhanced Pursuit of Sustainable Remote Livestock Tracking and Geofencing Using IoT and GPRS,» Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2020, 2020.
12. Germani, Lorenzo; Mecarelli, Vanni; Baruffa, Giuseppe; Rugini, Luca; Frescura, Fabrizio, «An IoT architecture for continuous livestock monitoring using lora LPWAN,» Electronics (Switzerland), vol. 8, nº 12, 2019.
13. Seraj Muhamed, Ezaden ; Belaidan, Mary Ting; Belaidan, Seetha Letchumy, «Livestock Health Monitoring Using IoT Technology for Ethiopia,» Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, vol. 11, nº 11, pp. 954 - 959, 2019.
14. Saravanan, K; Saraniya , S, «Cloud IOT based novel livestock monitoring and identification system using UID,» Sensor, vol. 38, nº 1, pp. 21 - 33, 2018.
15. Nilo Arago, Rodney Rafael Robles, Chris Álvarez, Angelita Mabale, Charl Legista, Nicole Repiso, Timothy Amado, Romeo Jr. Jorda, August Thio-ac, Lean Karlo Tolentino, Jessica Velasco, «Smart Dairy Cattle Farming and In-Heat Detection through the Internet of Things (IoT),» International Journal of Integrated Engineering, vol. 14, nº 1, pp. 157-172, 2022.
16. Simona M.C. Porto, Giulia Castagnolo, Francesca Valenti, Giovanni Cascone, «Kernel density estimation analyses based on a low power-global positioning system for monitoring environmental issues of grazing cattle,» Journal of Agricultural Engineering, vol. 53, nº 2, 2022.
17. Ministerio de Agricultura y Ganaderia, «manejo de ganadería sostenible,» Ministerio de

Agricultura y Ganadería, 2018. [En línea]. Available: https://www.agricultura.gob.ec/. [Último acceso: 15 07 2024].

18. B.P., Corporación Financiera nacional, «Cría y reproducción de ganado,» 09 2022. [En línea]. Available: https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Ganaderia.pdf

19. Narang, Sushil Kumar; Arora, Sangeeta; Pathania, Aryan, «Data-driven early detection of livestock diseases using IoT-enabled smart collars,» Artificial Intelligence and Internet of Things-Based Augmented Trends for Data-Driven Systems, pp. 218-238, 2024.

20. Devinder, Kaur; Amandeep, Kaur, Virk, «Leveraging IoT for Precision Health Monitoring in Livestock with Artificial Intelligence,» de Data-Driven Farming, Nueva York, Auerbach Publications, 2024, pp. 1-18.

21. Pandey, Dev Ras; Mishra, Nidhi, «An Integrated Approach to Dairy Farming: AI and IoT-Enabled Monitoring of Cows and Crops via a Mobile Application,» BIO Web de Congresos, nº 82, p. 11, 2024.

22. Kumar, Shwetabhand; Asha, Ambhaikar, «Development of a Low-Cost Livestock Sorting Information Management System Leveraging Deep Learning, AI, and IoT Technologies,» BIO Web de Congresos, p. 13, 2024.

23. Quiroz, Miguel; Rodriguez, Manuel; Gómez, Daniela, «Design of an IoT Architecture in Livestock Environments for the Treatment of Information for the Benefit of Cattle,» de Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering, Guayaquil, School of Biomedical Engineering, 2021, pp. 442-450.

24. Quiroz, Miguel; Rodriguez, Manuel; Gómez, Daniela, «Selection of LPWAN Technology for the Adoption and Efficient Use of the IoT in the Rural Areas of the Province of Guayas Using AHP Method,» de Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering, Guayaquil, Institute for Advanced Systems Engineering, 2020, pp. 497-503.

25. Zhang , Mengjie; Wang , Xuepei; Feng , Huanhuan; Huang , Qiuyi; Xiao, Xinging; Zhang, Xiaoshuan, «Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability

monitoring,» Journal of Cleaner Production, vol. 312, 2021.

26. Farooq, Muhammad Shoaib; Sohail, Osama Omar; Abid, Adnan; Rasheed, Saim, «A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Livestock Environment,» IEEE Access, vol. 10, pp. 9483 - 9505, 2022.
27. Mohammad, Alanezi; Mohammad, Shoaib Shahriar; Bakhtiar, Hasan; Sabbir, Ahmed, «Livestock Management With Unmanned Aerial Vehicles: A Review,» IEEE Access, vol. 10, 2022.
28. Sharma, Abhinav; Jain, Arpit; Gupta, Prateek; Chowdary, Vinay, «Machine Learning Applications for Precision Livestock,» IEEE Access, vol. 9, pp. 4843 - 4873, 2021.
29. Behjati, Mehran; Mohd Noh, Aishah Binti; Alobaidy, Haider ; Zulkifley, Muhammad Aidiel; Nordin, Rosdiadee; Abdullah, Nor Fadzilah, «LoRa Communications as an Enabler for Internet of Drones towards Large-Scale Livestock Monitoring in Rural Farms,» Journals Sensors, vol. 21, 2021.
30. Maroto-Molina, Francisco; Navarro García, Jorge ; Príncipe Aguirre, Karen ; Gómez Maqueda, Ignacio ; Guerrero-Ginel, José; Garrido Varo, Ana ; Pérez Marín, Dolores, «A Low-Cost IoT-Based System to Monitor the Location of a Whole Herd,» Journals Sensors, vol. 19, nº 10, 2019.
31. Morrone, Sarah; Dimauro, Corrado; Gambella, Filippo; Grazia Cappai, Maria, «Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to Date Overview across Animal Productions,» Journals Sensors, vol. 22, nº 12, 2022.
32. Mishra, Shailendra, «Internet of things enabled deep learning methods using unmanned aerial vehicles enabled integrated farm management,» Internet things, vol. 9, 2023.
33. Garro, Ricardo Jesús; Tallarico, Gabriela Adriana, «Ganadería de precisión: innovaciones tecnológicas que agregan valor a la ganadería,» Ganaderia bovina presente y futuro, 2022.
34. Rubiano Pérez,, Pedro Felipe; Gregory Tatis, Alvin David ; Olmos, Esteban Nieves, «Monitoreo de ganado con drones MGD,» de Segundo Congreso Latinoamericano de Ingenieria, Bogota - Colombia, 2019.
35. Alberto, Pazmiño Sánchez Carlos, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,» 12 04 2021. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20340/1/UPS-

GT003231.pdf. [Último acceso: 17 07 2024].

36. Miguez, Luis Alfredo Veloz, «UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABHOYO,» 2022. [En línea]. Available: http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13285. [Último acceso: 17 07 2024].
37. Pablo Xavier Briones Romero, Gustavo Andrés Vivar Ramon, «UNIVERSIDAD DE CUENCA,» 08 11 2021. [En línea]. Available: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37307/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf
38. V. H. Sánchez, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,» 09 2019. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17779
39. Harry Vite Cevallos, Oliverio Vargas González, Luis Vargas Collaguazo, Johanna Vargas Collaguazo, «UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA,» 09 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/329921429_INTERNET_DE_LAS_COSAS_APLICADO_A_LA_PRODUCCION_AGROPECUARIA
40. I. G. Vaca, Interviewee, Tendiancias de la ganadería 4.0. [Entrevista]. 19 julio 2024.
41. S. L. Peralvo, Interviewee, Tendencias de la ganadería 4.0. [Entrevista]. 16 julio 2024.
42. «Crean collar que avisa vía WhatsApp el momento del parto de las vacas,» 20 Enero 2021.
43. G. Brossy, «Internet de las Cosas aplicado al sector agrario y a la ganadería,» 2021.
44. Machado, Luis; Gualotuña, Jonatan, Prototipo de una solución con técnicas de IoT y tecnología lora para la detección temprana del celo vacuno con un aplicativo móvil, Sangolquí, 2022.
45. «Desarrollan tecnología con reconocimiento facial para predecir enfermedades en el ganado,» UPRA, 16 Febrero 2024.
46. L. Lopéz, «Comederos inteligentes permiten optimizar el uso de alimentos y reducir costos,» bichos del campo, p. 4, 1 Junio 2022.
47. Alfredo, Veloz, Tecnologías aplicadas en los procesos de crianza, calidad y rendimiento del ganado bovino en el Ecuador, Babahoyo, 2022.