



IA como motor de transformación en la porcicultura: de la gestión empírica a la toma de decisiones inteligente, sostenible y responsable

Juan Pablo Marin David

Alfonso Kamilo Cuesta Mangones

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Analítica y Ciencia de Datos

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Especialización en Analítica y Ciencia de Datos

Medellín, Antioquia, Colombia

2026

Cita	(Marin David & Cuesta Mangones, 2026)
Referencia	Marin David, J.P., & Cuesta Mangones, A. K. (2026). <i>IA como motor de transformación en la porcicultura: de la gestión empírica a la toma de decisiones inteligente, sostenible y responsable</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Grupo de Investigación Intelligent Information Systems Lab In2Lab
Especialización en Analítica y Ciencia de Datos, Cohorte X.
Centro de Investigación Ambientales y de Ingeniería (CIA).



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Héctor Iván García García.

Decano: Elkin Libardo Ríos Ortiz.

Jefe departamento: Danny Alexandro Múnera Ramírez

Coordinadora del Programa: Maria Bernarda Salazar Sánchez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1. DESCRIPCIÓN DE FUENTES Y DATOS	11
2.2. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN	11
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1. MOTIVACIÓN DEL GRUPO: DEL INTERÉS POR EL AGRO A LA PORCICULTURA INTELIGENTE ...	12
3.2. DE LA GESTIÓN EMPÍRICA A LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN DATOS	13
3.3. MAS PARA LA GESTIÓN INTELIGENTE DE GRANJAS PORCINAS.....	14
3.4. MODELOS FUTUROS PARA PREPARACIÓN ANTE EMERGENCIAS DEL SECTOR PORCINO	15
3.5. ALERTAS SANITARIAS Y MONITOREO DE SALUD PORCINA	17
3.6. SOSTENIBILIDAD, BIENESTAR ANIMAL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO.....	18
3.7. EVALUACIÓN CRÍTICA.....	18
4. CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS	22

Lista de Figuras

Figura 1. Producción nacional de carne de cerdo y consumo per cápita en Colombia (2019–2025). Datos referenciales basados en Pig333 Latinoamérica (2026).	8
Figura 2. Precio del cerdo en pie en Colombia (2019–2025) y evolución del IPC como referencia de inflación Datos referenciales sectoriales basados en Pig333 Latinoamérica (2026) y DANE (2025). IPC base 2019 = 100.	9
Figura 3. Evolución mensual del precio del cerdo en pie en Colombia — 2025 comparado con 2024 y variación mensual porcentual. Datos mensuales referenciales basados en Pig333 Latinoamérica (2026). Elaboración propia.	9
Figura 4. Arquitectura de un Agente Integrado	12
Figura 5. Precio del cerdo en pie, costo estimado de producción y margen bruto en Colombia (2019–2025).	16

Lista de Tablas

Tabla 1. Componentes del MAS para la Gestión Inteligente de Granjas Porcinas.	14
Tabla 2. Líneas futuras de modelamiento predictivo para porcicultores.	17

Siglas

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
UdeA	Universidad de Antioquia
BPG	Buenas Prácticas Ganaderas
IA	Inteligencia Artificial

Acrónimos

APA	American Psychological Association
LLM	Large Language Model / Modelo de lenguaje grande
NIST	National Institute of Standards and Technology
PLF	Precision Livestock Farming / Ganadería de precisión
RAG	Retrieval-Augmented Generation / Generación aumentada por recuperación
MAS	Multi Agent Sistem

Resumen

La porcicultura colombiana atraviesa un momento de crecimiento que no ha venido acompañado de igual estabilidad económica para los productores. Durante 2025, el sector alcanzó cifras históricas al superar las 580 mil toneladas en producción y llevar el consumo per cápita a un récord de más de 14 kg por habitante (Porkcolombia, 2025). Sin embargo, el precio promedio del cerdo en pie presentó una disminución frente al año anterior, afectando los márgenes debido a los altos costos de insumos importados. Esta situación evidencia la necesidad de herramientas que ayuden a los poricultores a prepararse ante escenarios de volatilidad o crisis. Este trabajo analiza la inteligencia artificial (IA) como una herramienta estratégica para apoyar la transformación de la gestión porcina, pasando de decisiones principalmente empíricas a procesos apoyados en datos, reportes automatizados, protocolos técnicos y supervisión humana. La propuesta surge a partir de los aprendizajes del curso Generative AI Leader Certification de Google y del interés del grupo por aplicar la IA en un sector productivo tradicional. Se plantea el diseño conceptual de un Sistema Multiagente (MAS), para la Gestión Inteligente de Granjas Porcinas, capaz de apoyar la consulta de protocolos, la generación de reportes, la capacitación del personal, la trazabilidad y la explicación de alertas tempranas. Además, se proponen líneas futuras para modelos predictivos de precios, rentabilidad, consumo, mortalidad y riesgos sanitarios.

Keywords— inteligencia artificial, porcicultura, modelos predictivos, precio del cerdo, bioseguridad, toma de decisiones.

1. Introducción

La IA se ha convertido en una de las tecnologías más discutidas en los procesos actuales de transformación digital. Sin embargo, muchas veces se entiende únicamente como una herramienta para crear textos, responder preguntas o automatizar tareas básicas. A partir de los aprendizajes del curso Generative AI Leader Certification de Google, este trabajo parte de una visión más amplia: la IA puede entenderse como una capacidad organizacional para mejorar la forma en que se usa la información, se toman decisiones, se capacita al personal y se responde ante situaciones críticas. La ruta de certificación de Google plantea que un líder en IA debe comprender sus capacidades y saber cómo estas pueden beneficiar a las organizaciones, especialmente en procesos de transformación e innovación empresarial (Google Cloud, 2026).

Desde la perspectiva de los autores, consideramos relevante llevar esta discusión a un campo concreto: la porcicultura. En particular, vemos que el agro tiene oportunidades de mejora en cuanto a la modernización de las actividades productivas del campo. La porcicultura era un sector interesante porque combina productividad, sanidad animal, alimentación, costos, precios, bioseguridad, bienestar y sostenibilidad. Además, es una actividad donde diariamente se generan datos que muchas veces no se aprovechan de manera suficiente para anticipar problemas o tomar decisiones más oportunas.

La porcicultura colombiana ha mostrado un crecimiento importante. En 2025, la producción nacional de carne de cerdo alcanzó 663.875 toneladas, con un crecimiento de 9,1% frente a 2024; el beneficio formal llegó a 6.585.386 cabezas y el consumo aparente fue estimado en 840.633 toneladas. Asimismo, el consumo per cápita de carne de cerdo llegó a 15,8 kilogramos por personaje, lo que confirma la importancia creciente de esta proteína en la alimentación de los colombianos (Pig333 Latinoamérica, 2026). Como se observa en la Figura 1, este comportamiento consolida una tendencia expansiva sostenida desde 2019, periodo en el cual la producción nacional aumentó de 516 mil a 664 mil toneladas, mientras que el consumo por habitante creció un 54.9%, pasando de 10,2 kg a los 15,8 kg actuales.

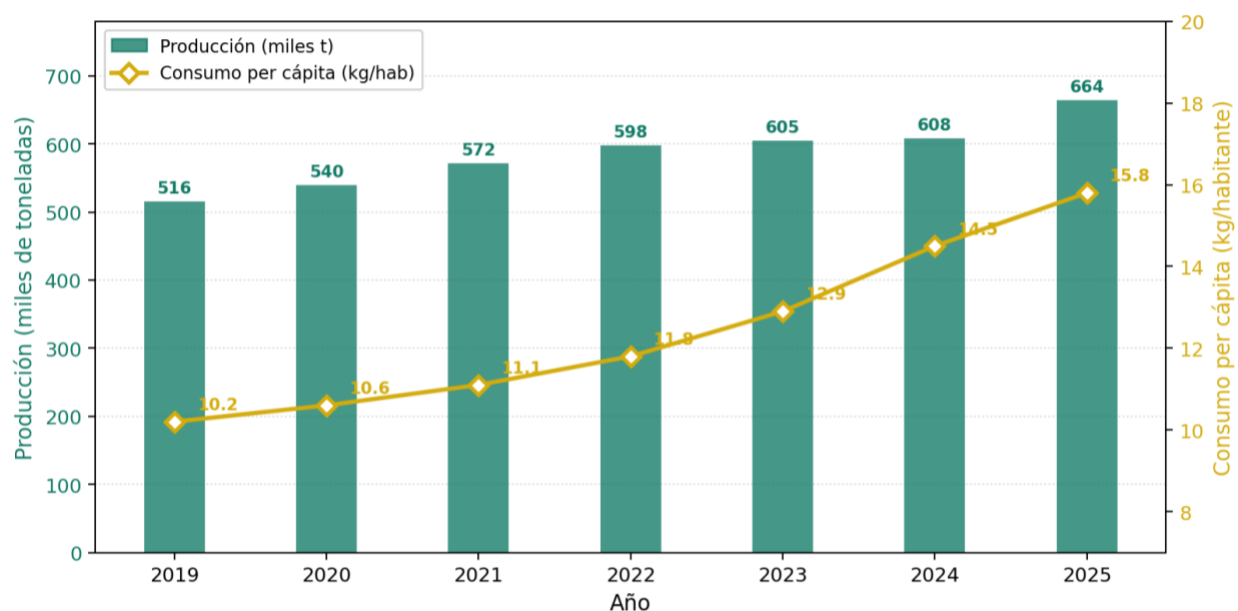


Figura 1. Producción nacional de carne de cerdo y consumo per cápita en Colombia (2019–2025). Datos referenciales basados en Pig333 Latinoamérica (2026).

No obstante, este crecimiento no elimina los riesgos del sector. En el mismo año 2025, el precio promedio del cerdo en pie fue de \$9.297 por kilogramo, con una disminución de 3,6% frente al promedio de 2024. Esta situación llama la atención porque, en un contexto macroeconómico, la brecha entre la caída del valor del cerdo y el encarecimiento generalizado medido por el IPC (Figura 2) reduce drásticamente los márgenes de ganancia. A nivel operativo, la Figura 3 revela una alta volatilidad intra anual, destacando caídas intermensuales de hasta -1.8% en mayo y -1.7% en junio, lo que genera escenarios de descapitalización rápida para el porcicultor. Por esta razón, el presente ensayo plantea la necesidad de trascender el uso de la IA convencional y orientarla hacia el desarrollo de modelos de ciencia de datos capaces de pronosticar la profundidad de estas variaciones mensuales, permitiendo mitigar riesgos asociados a caídas de precio, aumentos de costos o desviaciones productivas (DANE, 2025; Pig333 Latinoamérica, 2026).

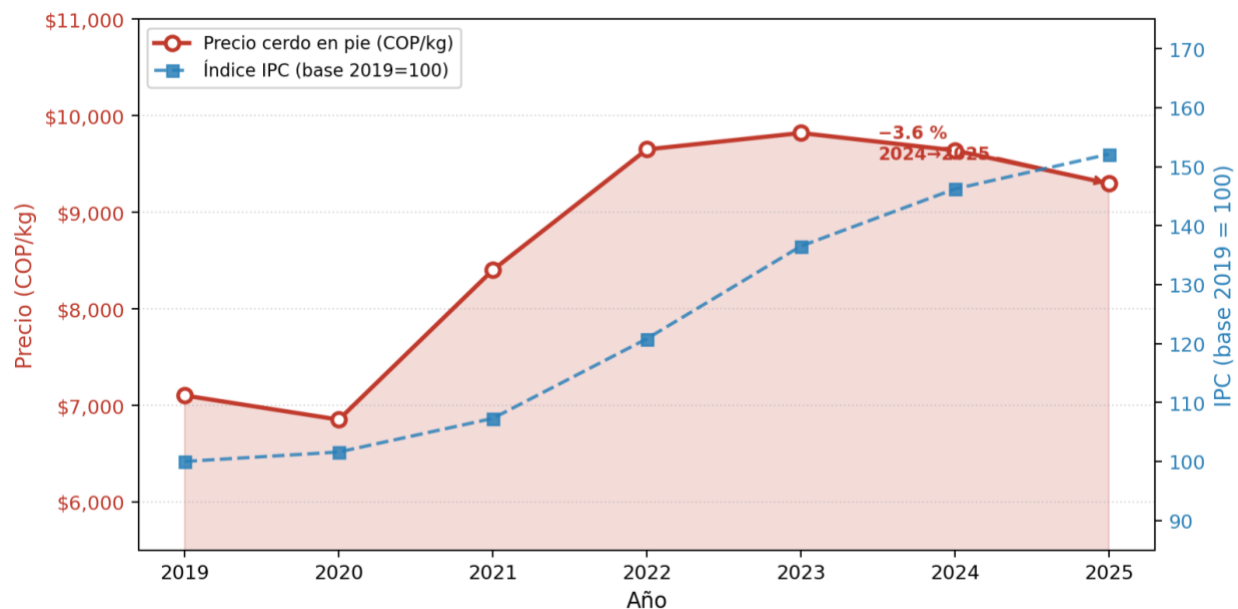


Figura 2. Precio del cerdo en pie en Colombia (2019–2025) y evolución del IPC como referencia de inflación Datos referenciales sectoriales basados en Pig333 Latinoamérica (2026) y DANE (2025). IPC base 2019 = 100.



Figura 3. Evolución mensual del precio del cerdo en pie en Colombia — 2025 comparado con 2024 y variación mensual porcentual. Datos mensuales referenciales basados en Pig333 Latinoamérica (2026). Elaboración propia.

El núcleo del problema radica en las deficiencias de captura, análisis y uso de datos en el sector. Mientras que un segmento de las granjas porcinas no almacena registros, otro grupo genera un alto volumen de información diaria (costos, precios, mortalidad, peso, tratamientos y ambiente) que termina dispersa, incompleta o subutilizada. Como consecuencia, la toma de decisiones se torna empírica y reactiva en lugar de basarse en análisis de tendencias y alertas tempranas. Asimismo, la falta de integración impide que estos datos aporten valor real al proceso de gestión, perjudicando la trazabilidad de variables críticas y la consulta oportuna de normativas.

El objetivo del ensayo es analizar cómo la IA puede contribuir a la gestión porcina, desde el diseño conceptual de un MAS hasta la identificación de modelos predictivos que permitan anticipar riesgos económicos, sanitarios y productivos.

2. Materiales y Métodos

Este trabajo se desarrolla bajo el enfoque de una revisión documental crítica complementada con una propuesta conceptual. Por consiguiente, la investigación no contempla la construcción de un prototipo funcional ni el entrenamiento de modelos con datos reales; su alcance es deliberadamente teórico, aunque traza una ruta metodológica clara hacia una fase de implementación futura. Dicha etapa posterior buscará integrar la ciencia de datos para mitigar riesgos económicos, sanitarios y productivos. En este sentido, la propuesta se orienta a estructurar el diseño arquitectónico de una solución basada en inteligencia artificial que pueda acoplarse con modelos predictivos de precios del cerdo en pie, consumo de alimento, tasas de mortalidad, costos de producción y alertas tempranas, con el objetivo final de brindar soporte estratégico a los porcicultores ante escenarios de crisis o emergencia.

La metodología se organizó en cuatro etapas:

Primero, se delimitó el alcance al sector porcino específicamente, dado que tiene dinámicas propias que lo diferencian de la ganadería en general: ciclos productivos por lotes, exigencias sanitarias estrictas, alta sensibilidad a los costos de concentrado y exposición directa a las fluctuaciones del precio del cerdo en pie.

Segundo, se revisaron fuentes sectoriales y normativas. Se consultó información sobre producción, beneficio, consumo e indicadores de mercado del sector porcino colombiano, así como la normativa del Instituto Colombiano Agropecuario relacionada con Buenas Prácticas Ganaderas en producción porcina. La Resolución ICA 76509 de 2020 establece los requisitos que deben cumplir los predios dedicados a la producción primaria de porcinos para obtener la

certificación en Buenas Prácticas Ganaderas, con el propósito de disminuir riesgos físicos, químicos y biológicos en la producción primaria (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020).

Tercero, se revisó literatura técnica y científica sobre tecnologías de precisión en entornos porcinos. La revisión sistemática de Trabachini et al. (2025) analizó 75 artículos publicados entre 2019 y 2024 sobre tecnologías de precisión en granjas porcinas, encontrando potencial para optimizar la producción, mejorar el bienestar animal y reducir el impacto ambiental, aunque también identificó desafíos como falta de métricas estandarizadas y necesidad de mayor inversión e investigación.

Cuarto, se revisaron fuentes sobre IA, Google Cloud (2025) explica que el grounding permite conectar las salidas de un modelo generativo con fuentes verificables de información, reduciendo la probabilidad de contenido inventado y ofreciendo mayor auditabilidad. Por su parte, el NIST (2024) propone un perfil de gestión de riesgos para IA que ayuda a las organizaciones a incorporar criterios de confiabilidad durante el diseño, desarrollo, uso y evaluación de sistemas de IA.

2.1. Descripción de fuentes y datos

Las fuentes utilizadas fueron de cuatro tipos: a) fuentes académicas sobre tecnologías de precisión en granjas porcinas; b) documentos normativos del ICA sobre Buenas Prácticas Ganaderas en producción porcina; c) fuentes sectoriales sobre producción, consumo y precio del cerdo en Colombia y, d) documentación técnica sobre I. Aunque no se construyó una base de datos propia, se identificaron variables relevantes para una fase futura de modelamiento: precio del cerdo en pie, producción mensual, beneficio formal, importaciones, consumo aparente, costo del alimento, mortalidad, consumo de agua, consumo de alimento, temperatura, humedad, tratamientos y conversión alimenticia.

2.2. Diseño conceptual de la solución

El diseño conceptual se formuló a partir de la relación entre dos elementos: las necesidades reales de la gestión porcina y las capacidades de la IA. El MAS propuesto no funcionaría como una herramienta autónoma de diagnóstico o decisión, sino como una interfaz de apoyo cuya arquitectura de agente integrado se detalla en la Figura 4. A través de este esquema modular, el sistema articula un núcleo conversacional y herramientas de ejecución avanzadas con el fin de consultar documentos, interpretar registros, generar reportes, explicar alertas y facilitar el uso de modelos predictivos futuros para dar soporte al poricultor.

Arquitectura de un Agente Integrado

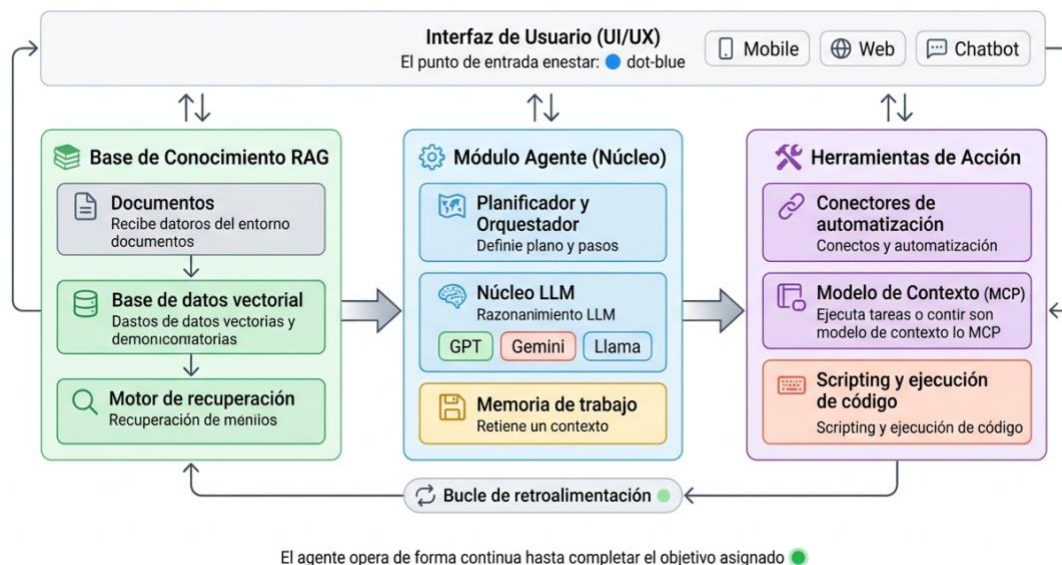


Figura 4. Arquitectura de un Agente Integrado

3. Resultados y Discusión

3.1. Motivación del grupo: del interés por el agro a la porcicultura inteligente

La elección de la porcicultura responde a una justificación técnica y sectorial concreta. El sector combina alta frecuencia de datos operativos, decisiones sensibles al tiempo, regulación sanitaria exigente y alta exposición a la volatilidad de precios: condiciones donde actuar con información oportuna puede marcar la diferencia entre la viabilidad y la pérdida de un lote completo.

A diferencia de la ganadería extensiva o la agricultura de gran escala donde los ciclos son más largos y los datos menos densos, una granja porcina tecnificada genera decenas de registros diarios por lote: consumo de alimento, mortalidad, pesos, tratamientos, temperatura y humedad. El problema no es la ausencia de datos sino su dispersión y la falta de herramientas accesibles para interpretarlos en tiempo real. Ese es el problema concreto que justifica la propuesta.

Sin embargo, es necesario ser honestos sobre el alcance de adopción de esta propuesta. La porcicultura colombiana es heterogénea: conviven granjas tecnificadas con cientos de madres y

sistemas digitalizados, junto con pequeños y medianos productores que trabajan con registros en papel, sin conectividad estable y con acceso limitado a capacitación técnica. Para estos últimos, un MAS en la nube no es una solución inmediata; es, en el mejor caso, una aspiración de mediano plazo. El MAD está diseñado, en su etapa inicial, para granjas con infraestructura mínima de datos y conectividad. Extenderlo al pequeño productor requeriría estrategias adicionales: simplificación de la interfaz, funcionamiento offline parcial y acompañamiento institucional. No reconocer esta brecha sería presentar la tecnología como más democrática de lo que realmente es.

Además, el comportamiento del mercado porcino en 2025 reforzó la pertinencia del tema. Aunque la producción nacional y el consumo aumentaron de manera importante, el precio promedio del cerdo en pie disminuyó 3,6 % frente a 2024. Esto muestra que un productor puede estar dentro de un sector en crecimiento y aun así enfrentar dificultades por reducción de precios, presión sobre márgenes o aumento de costos (Pig333 Latinoamérica, 2026).

3.2. De la gestión empírica a la toma de decisiones basada en datos

La experiencia empírica del productor, el veterinario y el operario sigue siendo insustituible en la porcicultura: permite leer signos clínicos, detectar cambios de comportamiento y reconocer fallas en la alimentación o el ambiente. El problema aparece cuando la granja genera más datos de los que ese conocimiento puede procesar de forma oportuna.

Una granja porcina puede registrar diariamente consumo de alimento, consumo de agua, mortalidad, tratamientos, pesos, partos, destetes, conversión alimenticia, temperatura, humedad, ventilación, inventario de animales, costos y ventas. Si esos datos quedan dispersos en cuadernos, hojas de cálculo o reportes aislados, pierden valor para la toma de decisiones. En cambio, si se integran en un sistema de información, pueden servir para identificar patrones, comparar lotes, detectar desviaciones y anticipar riesgos.

La IA puede funcionar como una capa de interpretación entre los datos y las personas. Pero conviene precisar qué significa esto en la práctica, porque el lenguaje de "apoyo" puede ser engañoso. Cuando un modelo predice una caída de precios, detecta una desviación en el consumo de alimento o genera un reporte de bioseguridad, está asumiendo tareas que antes hacía una persona. La distinción crítica está en qué tipo de decisiones sigue requiriendo juicio humano irremplazable: el diagnóstico veterinario, la decisión de sacrificio, la negociación comercial, la lectura del animal en campo. Ninguna de esas funciones debe delegarse al MAS. El diseño debe incorporar esto como restricción explícita: ninguna respuesta sobre sanidad animal, dosificación o

decisiones de descarte debería entregarse sin indicar que requiere confirmación del profesional responsable. Un sistema que no hace esa distinción no es una herramienta de apoyo; es un riesgo.

3.3. MAS para la Gestión Inteligente de Granjas Porcinas

El núcleo de la propuesta es un AMS de apoyo a la gestión porcina, en adelante el MAS, pensado para productores, administradores, veterinarios y personal operativo. No se trata de un sistema de control automático, sino de una interfaz que facilita consultar, interpretar y usar información productiva, sanitaria, operativa y normativa de forma más ágil.

Tabla 1. Componentes del MAS para la Gestión Inteligente de Granjas Porcinas.

Componente	Información utilizada	Función dentro del MAS
Base documental	Protocolos internos, normas ICA, manuales de bioseguridad, alimentación, sanidad y bienestar animal	Responder consultas con fundamento documental
Base de datos productiva	Consumo, mortalidad, peso, tratamientos, inventario, partos, ventas y costos	Analizar el comportamiento histórico de la granja
Modelos futuros de análisis	Series de tiempo, modelos de clasificación, alertas y análisis de rentabilidad	Anticipar riesgos económicos, sanitarios o productivos
Capa RAG	Modelo de lenguaje conectado a documentos y datos internos	Generar respuestas, reportes, explicaciones y resúmenes
Interfaz de usuario	Chat, aplicación móvil o panel web	Permitir interacción sencilla con productores, técnicos y operarios

La arquitectura RAG es fundamental porque evita que el modelo responda únicamente desde conocimiento general. En una granja porcina, las respuestas deben basarse en los documentos internos, registros propios y normativas vigentes de esa granja en particular, no en información genérica que podría no corresponder a sus condiciones específicas.

Vale la pena comparar esta propuesta con alternativas más simples, porque sin esa comparación la propuesta flota sin ancla. Un ERP agrícola genérico —como Agrowin o sistemas similares— organiza registros y genera reportes, pero no interpreta ni responde preguntas en lenguaje natural; requiere que el usuario sepa qué buscar y cómo leer los datos. Una hoja de cálculo bien diseñada puede modelar escenarios de rentabilidad con precisión, pero exige formación en análisis de datos.

Un sistema de alertas basado en reglas fijas "si la mortalidad supera 3 % en 48 horas, emitir alerta" es útil y predecible, pero rígido: no puede explicar por qué ocurrió la desviación ni sugerir acciones contextualizadas.

La ventaja del MAS no está en reemplazar estas herramientas, sino en agregar una capa de lenguaje natural que las hace accesibles a operarios y productores sin formación técnica especializada: alguien puede preguntar "¿por qué bajó el consumo en el galpón 3 esta semana?" y recibir una respuesta contextualizada, en lugar de tener que construir esa consulta en SQL o en una tabla dinámica. Su debilidad, en comparación, es que depende de la calidad del corpus documental, genera costos de operación en la nube y requiere supervisión constante. Un ERP nunca alucina; un modelo de lenguaje sí puede hacerlo.

3.4. Modelos futuros para preparación ante emergencias del sector porcino

Aunque este ensayo no contempla el entrenamiento inmediato de modelos con datos reales, sí reconoce que una línea futura importante sería desarrollar modelos predictivos que ayuden a los porcicultores a prepararse ante emergencias económicas, sanitarias y productivas. El comportamiento del precio del cerdo en pie durante 2025 muestra que el crecimiento del sector no garantiza estabilidad en los ingresos del productor. Ese año, el precio promedio del cerdo en pie fue de \$9.297 por kilogramo, con una disminución de 3,6 % frente a 2024, mientras la producción y el consumo crecieron (Pig333 Latinoamérica, 2026).

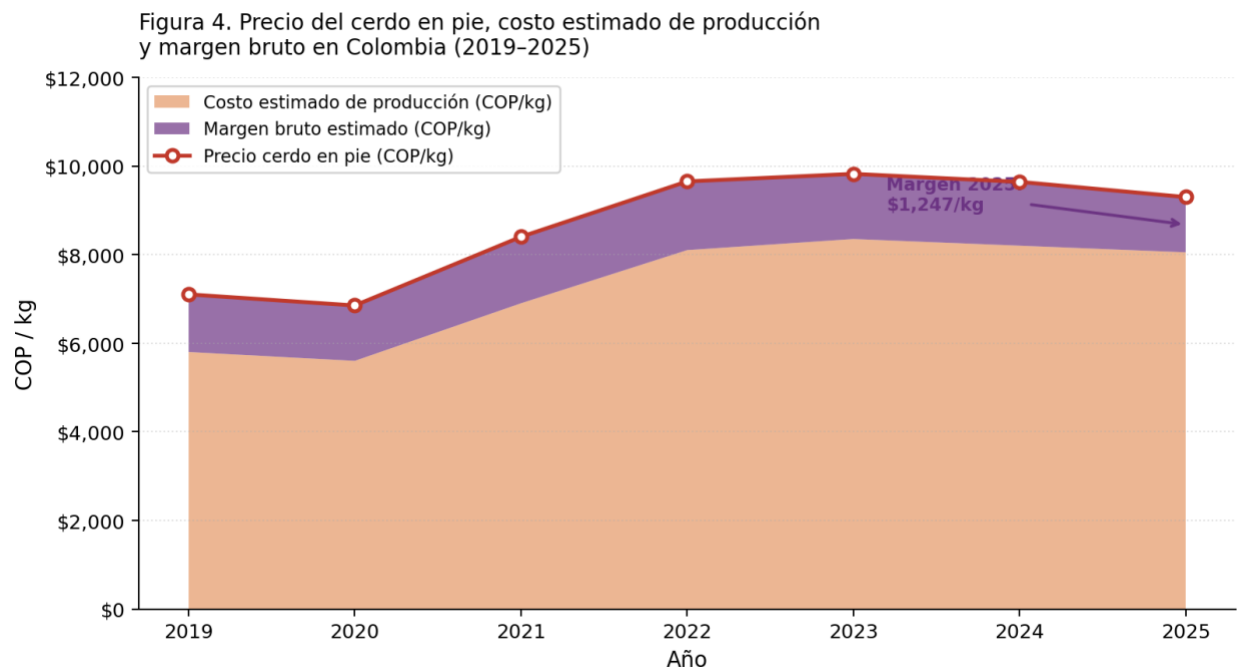


Figura 5. Precio del cerdo en pie, costo estimado de producción y margen bruto en Colombia (2019–2025).

Una primera línea futura sería construir un modelo de predicción del precio del cerdo en pie. Este modelo podría utilizar series históricas de precios, producción mensual, beneficio de animales, importaciones, consumo aparente, tasa de cambio, precio del maíz, precio de la soya y costos de alimento balanceado. Su objetivo no sería predecir el futuro con exactitud absoluta, sino generar señales de tendencia y niveles de riesgo.

Una segunda línea sería un modelo de alerta de rentabilidad. Este modelo no solo tendría en cuenta el precio de venta, sino también los costos de producción. Una caída de precio puede ser manejable si los costos bajan, pero puede convertirse en una emergencia si coincide con altos costos de alimento, incremento de mortalidad o baja conversión alimenticia. El sistema podría calcular márgenes estimados por lote y advertir al productor cuando la rentabilidad se acerque a niveles críticos.

Una tercera línea sería un modelo de riesgo sanitario-productivo. Este integraría variables como mortalidad, consumo de alimento, consumo de agua, temperatura, humedad, ventilación, tratamientos aplicados y comportamiento de los animales. Con estos datos sería posible identificar desviaciones tempranas y generar alertas antes de que un problema sanitario o productivo se agrave.

Un cuarto desarrollo posible sería un simulador de escenarios. El productor podría preguntar: ¿qué pasa si el precio baja 5%?, ¿qué ocurre si el alimento sube 8%?, ¿cuánto margen queda si aumenta la mortalidad?, ¿cuántos días puedo sostener la operación con el precio actual? La IA podría convertir los resultados del modelo en explicaciones claras y recomendaciones administrativas.

Tabla 2. Líneas futuras de modelamiento predictivo para porcicultores.

Línea futura	Variables posibles	Utilidad para el porcicultor
Predicción del precio del cerdo en pie	Precio histórico, producción, beneficio, importaciones, consumo, TRM, maíz y soya	Anticipar escenarios de baja, estabilidad o presión de precios
Alerta de rentabilidad	Precio de venta, alimento, medicamentos, mortalidad, conversión alimenticia y peso final	Identificar lotes con margen económico en riesgo
Riesgo sanitario-productivo	Mortalidad, consumo, agua, temperatura, humedad, tratamientos y comportamiento	Detectar desviaciones tempranas en salud o productividad
Simulador de escenarios	Supuestos de precio, costos, mortalidad y productividad	Preparar decisiones ante emergencias de mercado o producción

3.5. Alertas sanitarias y monitoreo de salud porcina

La sanidad animal es uno de los aspectos más sensibles en la porcicultura. Enfermedades respiratorias, problemas digestivos, aumento de mortalidad o fallas de bioseguridad pueden afectar la productividad y la rentabilidad de la granja. En este campo, la IA puede integrarse con sistemas de monitoreo y modelos especializados.

Un ejemplo relevante es la detección de tos porcina. Garrido et al. (2025) validaron en condiciones de campo un sistema comercial de monitoreo de tos en cerdos, usando grabaciones de audio en una granja comercial. El modelo obtuvo recall de 98,6 %, especificidad de 99,7 %, precisión de 98,8 %, exactitud de 99,6 % y F1-score de 98,6 %, lo que muestra el potencial de las tecnologías de precisión para apoyar la detección temprana de signos respiratorios.

En la propuesta de este ensayo, el MAS no sería necesariamente el encargado de detectar la tos, sino de explicar la alerta. Si un sistema de monitoreo identifica aumento de tos en un lote, el MAS podría revisar el historial sanitario, consultar protocolos respiratorios, verificar condiciones ambientales y generar un informe para el veterinario. Así, la IA se convierte en una herramienta de interpretación y comunicación, no en un sustituto del diagnóstico profesional.

3.6. Sostenibilidad, bienestar animal y cumplimiento normativo

La sostenibilidad en la porcicultura no debe entenderse solo como reducción de impacto ambiental. También incluye bienestar animal, eficiencia en el uso de alimento, reducción de pérdidas, manejo responsable de medicamentos, control de residuos, bioseguridad y trazabilidad. En este sentido, la IA puede ayudar a organizar la información necesaria para tomar mejores decisiones.

La revisión de Trabachini et al. (2025) señala que las tecnologías de precisión aplicadas a granjas porcinas pueden contribuir a la optimización de procesos productivos, al bienestar animal y a la reducción del impacto ambiental. No obstante, también advierte que existen desafíos relacionados con la adopción por parte de productores, los costos iniciales, la falta de estandarización y la necesidad de validación científica.

El MAS propuesto podría apoyar la sostenibilidad en tres sentidos: interpretando indicadores de alimentación, mortalidad, tratamientos y bienestar; generando reportes que faciliten la trazabilidad de decisiones; y capacitando al personal en prácticas de bioseguridad, bienestar animal y manejo responsable de recursos. Para que esto sea útil, debe estar conectado con procesos claros, datos confiables y decisiones humanas responsables.

3.7. Evaluación crítica

La propuesta tiene fortalezas reales. Responde a un problema concreto “información dispersa que nadie procesa en tiempo real”, usa una arquitectura técnicamente sólida basada en RAG, y la revisión de literatura permitió identificar aplicaciones validadas de tecnología de precisión en granjas porcinas: monitoreo de tos (Garrido et al., 2025), detección de conductas, modelos de alimentación y sistemas de certificación sanitaria (Da Silva et al., 2025). Estas referencias muestran que el problema no es hipotético y que la dirección tecnológica es plausible.

Las limitaciones, en cambio, merecen un desarrollo explícito y honesto:

La primera es estructural: el ensayo no trabaja con datos reales de ninguna granja. Esto impide medir el desempeño del modelo, compararlo con alternativas o validar que responde mejor que una consulta directa al veterinario. La propuesta es conceptualmente coherente, pero empíricamente no probada. Cualquier implementación futura deberá comenzar con un piloto en condiciones reales antes de escalar.

La segunda limitación es la dependencia de la calidad del corpus. Si los protocolos están desactualizados, los registros son inconsistentes o las normativas del ICA no han sido incorporadas correctamente, el MAS responderá con confianza a partir de información incorrecta. Esto es más peligroso que el silencio: un sistema que dice "no sé" es preferible a uno que da una respuesta incorrecta con tono de certeza.

La tercera y la más crítica para el contexto agropecuario es el riesgo de alucinación. Los modelos de lenguaje generativo pueden producir respuestas plausibles, bien redactadas y completamente equivocadas. En una granja porcina, esto puede tener consecuencias concretas: una dosificación incorrecta de un medicamento, un protocolo de bioseguridad mal interpretado, o una mala lectura de una norma del ICA puede derivar en pérdidas de lotes, problemas sanitarios o sanciones regulatorias. El AI Risk Management Framework del NIST (Autio et al., 2024) identifica este riesgo como prioritario en sistemas de IA y recomienda mecanismos de validación humana obligatorios en cada ciclo de uso. La propuesta debe incorporar esto no como advertencia, sino como restricción de diseño.

La cuarta limitación es la dependencia tecnológica. Adoptar un sistema de IA en la nube implica costos de operación continuos, dependencia de proveedores externos y exposición a cambios de versión de los modelos que el productor no controla. Un modelo que hoy responde bien puede deteriorarse silenciosamente con una actualización. Esto contrasta con una hoja de cálculo o un ERP local, que son herramientas que el productor puede mantener sin depender de terceros.

Por estas razones, la propuesta debe leerse como una primera etapa conceptual con una ruta de implementación responsable. El punto de partida natural sería un MAS documental limitado: solo consulta de protocolos y normativas, sin acceso a datos productivos ni capacidad de hacer recomendaciones clínicas. Desde ahí, y solo después de validar el desempeño en condiciones reales con supervisión veterinaria, se podría evolucionar hacia la integración de registros productivos, alertas y modelos predictivos. Escalar sin esa validación intermedia sería irresponsable.

La implementación de IA también debe considerar riesgos de calidad de datos, privacidad, seguridad de la información, dependencia tecnológica y alucinaciones del modelo. El NIST (2024) recomienda incorporar criterios de confiabilidad durante el ciclo de vida de la IA, lo que en este caso implica validación humana, documentación de fuentes, pruebas previas y seguimiento continuo.

4. Conclusiones

La IA puede agregar valor real en la porcicultura, pero hacerlo bien requiere más claridad de la que suele ofrecerse en las discusiones sobre transformación digital del agro. Las conclusiones de este ensayo apuntan en cuatro direcciones.

Primero, el problema que justifica la propuesta es real y documentado. Las granjas porcinas colombianas generan grandes volúmenes de datos operativos que en la mayoría de los casos no se procesan de forma sistemática. La caída del precio del cerdo en pie durante 2025, combinada con costos de producción presionados por inflación y tasa de cambio, muestra que los productores necesitan herramientas para anticipar escenarios, no solo para registrarlos.

Segundo, el diseño conceptual del MAS es técnicamente viable y tiene precedentes en la literatura. Las aplicaciones de PLF revisadas monitorean de tos, detección de comportamientos, sistemas de certificación sanitaria confirman que la tecnología existe y funciona en condiciones de campo. La arquitectura RAG ofrece una vía para conectar IA con documentación interna de forma más confiable que un modelo genérico.

Tercero, las limitaciones no son menores y deben reconocerse sin eufemismos. El riesgo de alucinación en contextos de decisión agropecuaria no es un detalle técnico: es un problema de diseño que debe resolverse con restricciones explícitas, supervisión humana y validación progresiva. El MAS no debe presentarse como una solución lista para operar de forma autónoma.

Cuarto, la propuesta tiene un alcance de adopción acotado en su etapa actual. Está pensada para granjas con infraestructura mínima de datos y conectividad. Presentarla como una solución general para la porcicultura colombiana donde conviven granjas tecnificadas con pequeños productores sin conectividad sería impreciso. La democratización real de esta tecnología requiere inversión institucional, acompañamiento técnico y estrategias de acceso que van más allá del diseño del MAS en sí.

El comportamiento del precio del cerdo en pie durante 2025 producción récord de 663.875 toneladas, consumo per cápita de 15,8 kg/habitante y precio promedio con caída del 3,6 % frente al año anterior ilustra la tensión estructural que enfrenta el sector: más producción, más consumo, pero márgenes que se comprimen. Ese contexto es el que le da sentido práctico a la propuesta.

La ruta futura más importante no es construir el MAS más sofisticado posible, sino el más confiable. Eso significa comenzar con un alcance restringido consulta documental, sin

recomendaciones clínicas, validarlo con usuarios reales en granjas reales, medir el porcentaje de respuestas incorrectas o alucinadas, y escalar solo cuando la evidencia lo justifique. La tecnología está disponible; la disciplina en su implementación es lo que aún falta.

La propuesta desarrollada en este ensayo permite conectar la IA con un caso práctico del sector porcino colombiano, especialmente a través del diseño conceptual de un MAS Generativo para la Gestión Inteligente de Granjas Porcinas. Este MAS podría apoyar la consulta de protocolos, la generación de reportes, la capacitación del personal, la trazabilidad, el cumplimiento normativo y la explicación de alertas tempranas.

Aunque en esta etapa no se construye un prototipo ni se entrenan modelos con datos reales, el trabajo plantea una línea futura importante: desarrollar modelos predictivos de precios, rentabilidad, consumo, mortalidad y riesgos sanitarios. La IA podría complementar estos modelos al explicar sus resultados en lenguaje claro y convertirlos en reportes útiles para productores, técnicos y administradores.

Una implementación responsable exige datos confiables, fuentes verificables, arquitectura RAG, protección de la información y supervisión humana permanente. La porcicultura inteligente no es sinónimo de más tecnología: es la combinación de experiencia productiva, ciencia de datos y criterio para decidir.

Referencias

- Asociación de Porcicultores de Colombia - Porkcolombia. (2025). Reporte Estadístico Anual del Sector Porcícola Colombiano 2025. Fondo Nacional de la Porcicultura. <https://porkcolombia.co/estadisticas/>
- Autio, C., Schwartz, R., Dunietz, J., Jain, S., Stanley, M., Tabassi, E., Hall, P., & Roberts, K. (2024). Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>
- Da Silva, G. R., Machado, A., & Maran, V. (2025). A LLM-Powered Agent for Summarizing Critical Information in the Swine Certification Process. Proceedings of the 27th International Conference on Enterprise Information Systems. <https://www.scitepress.org/Papers/2025/134734/134734.pdf>
- Garrido, L. F. C., Rodrigues, G. S. T., Costa, L. B., Kurtz, D. J., & Daros, R. R. (2025). Validation of a Swine Cough Monitoring System Under Field Conditions. *AgriEngineering*, 7(5), 140. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7050140>
- Google Cloud. (2026). Generative AI Leader Certification. Google Skills. <https://www.skills.google/paths/1951>
- Google Cloud. (2025). Grounding overview. Generative AI on Vertex AI. <https://cloud.google.com/vertex-ai/generative-ai/docs/grounding/overview>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). Resolución 76509 de 2020: Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener la Certificación en Buenas Prácticas Ganaderas BPG en la producción porcina. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2020/2020r76509>
- Pig333 Latinoamérica. (2026). Colombia: 2025 ends with a boom in pork production and consumption. https://www.pig333.com/latest_swine_news/colombia-2025-ends-with-a-boom-in-pork-production-and-consumption_22246/
- Trabachini, A., Moreira, M. da R., Harada, É. dos S., Amorim, M. do N., & Silva-Miranda, K. O. da. (2025). Precision Livestock Farming Applied to Swine Farms—A Systematic Literature Review. *Animals*, 15(14), 2138. <https://doi.org/10.3390/ani15142138>