

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DIGITAL PARA LA
TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS EN EL CENTRO DE APRENDIZAJE
PORCINO DE LA UNAG**

POR:

BORIS ROLDAN LEON CRUZ

INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**



CATACAMAS OLANCHO

HONDURAS C.A.

NOVIEMBRE 2025

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DIGITAL PARA LA
TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS EN EL CENTRO INTEGRAL DE
APRENDIZAJE PORCINO (CIAP) DE LA UNAG**

Por:

BORIS ROLDAN LEON CRUZ

PHD. CARLOS MANUEL ULLOA
ASESOR PRINCIPAL

INFORME FINAL PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS OLANCHO

HONDURAS C.A.

NOVIEMBRE 2025

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	7
II.	OBJETIVOS.....	9
	2.1 Objetivo General.....	9
	2.2 Objetivos específicos.....	9
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
	3.1 Relevancia de la gestión de datos en la producción pecuaria.....	10
	3.1.1 Tecnologías emergentes en la gestión de datos pecuarios	10
	3.1.2 Casos de éxito en la implementación de tecnologías de datos en la ganadería	12
	3.2 La agricultura 4.0 y producción animal.....	13
	3.2.1 Tecnologías digitales en agricultura 4.0	13
	3.2.2 Beneficios y desafíos de la agricultura 4.0 en la producción animal	14
	3.3 Big Data y Business Intelligence en agricultura.....	15
	3.3.1 Aplicaciones de Big Data en la producción animal.....	15
	3.3.2 Inteligencia Empresarial en el sector pecuario	16
	3.4 Sistemas de código abierto en la gestión de datos.....	16
	3.4.1 Microsoft Powers BI en la gestión de datos en producción animal.....	16
	3.4.2 Kobotoolbox (Open Data Kit)	17
	3.5 Casos de Éxito	17
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
	4.1 Descripción del lugar del estudio	19
	4.2 Materiales y equipos.....	19
	4.2.1 Recolectores de datos	19
	4.2.2 Equipos de cómputo y software.....	19
	4.3 Metodología.....	19
	4.3.1 Recolección de Datos	20
	4.3.2 Integración y Análisis de Datos	20

4.3.3 Validación y evaluación.....	20
4.3.4 Formularios para colecta de data en campo.....	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1 Diseño de formularios electrónicos para el Centro Integral de Aprendizaje Porcino (CIAP).....	22
5.2 Integración de los datos en una base centralizada	24
5.3 Validación del sistema de gestión digital mediante informes visuales dinámicos	25
VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. BIBLIOGRAFÍA	28

Agradecimiento

Agradezco profundamente a Dios que siempre pone en mi la gracia y fortaleza para poder cumplir con sus propósitos en mi vida, sinceramente mi admiración al MSc. Miguel Hernan Sosa quien en el 2017 tuvo la buena voluntad de darme por primera vez, la oportunidad de finalizar mi carrera en la UNAG después de 20 años de haber sido separado de la institución que me educó.

Además, extendiendo mi agradecimiento a todos en la facultad de Zootecnia por abrirme sus puertas y ayudarme incondicionalmente en este sueño, de manera especial agradezco a mis asesores, PhD. Carlos Ulloa, MSc. Francisco Barahona y MSc. Arturo Rivera, por su orientación, exigencia académica y compromiso con mi proyecto. No menos importante y con mucho cariño gracias, Juana Iris Barahora, Adrián Reyes y Reinaldo Flores.

Finalmente, dedicó este logro a mi familia, cuyo apoyo incondicional, motivación y confianza hicieron posible culminar esta etapa académica. ¡Y al lector de este documento lo invito a que nunca se rinda, joda! Que mas tarde que temprano la perseverancia vencerá.

RESUMEN

La presente PPS desarrolla y valida un sistema de gestión digital para la recopilación, integración y análisis de datos en el Centro Integral de Aprendizaje Porcino (CIAP) de la Universidad Nacional de Agricultura. El estudio surge ante la carencia de registros digitalizados estructurados y la imposibilidad de generar indicadores confiables para apoyar la toma de decisiones en un sistema productivo complejo como el porcino. Frente a este escenario, se adopta un enfoque alineado con los principios de la producción animal 4.0, integrando herramientas de código abierto (Kobotoolbox) para la captura estructurada de datos y plataformas de Business Intelligence (Microsoft Power BI) para su modelado y análisis.

El diseño metodológico incluyó la digitalización de registros históricos del período enero–octubre 2024, la construcción participativa de cinco formularios estandarizados para capturar eventos reproductivos, productivos y sanitarios, y la consolidación de una base de datos centralizada que articula el ciclo completo desde cubriciones hasta destete. La posterior modelación permitió generar paneles interactivos que transforman datos crudos en indicadores estratégicos como prolificidad, mortalidad predestete, desempeño por línea genética y tendencias de causas de muerte.

Los resultados muestran que la digitalización no solo reduce errores, omisiones y duplicidades inherentes a los registros manuales, sino que también habilita una nueva capacidad institucional para analizar patrones productivos, detectar anomalías, comparar cohortes y establecer planes de manejo basados en evidencia. La validación técnica demostró la coherencia del flujo digital, mientras que la validación operativa reveló una aceptación positiva por parte del personal, aunque con retos formativos vinculados a la adopción tecnológica.

En términos estratégicos, el proyecto configura un marco de referencia replicable para otras unidades pecuarias de la UNAG, aportando una arquitectura de datos que facilita la futura incorporación de modelos predictivos, trazabilidad avanzada, integración con sensores IoT y algoritmos de aprendizaje automático. Se concluye que la digitalización del CIAP representa un primer paso crítico hacia sistemas porcinos 4.0, donde la gestión del dato se convierte en un recurso central para mejorar la sostenibilidad, eficiencia y competitividad de la producción animal en contextos académicos y productivos.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la Agricultura 4.0, la digitalización de procesos se ha convertido en un elemento esencial para optimizar la eficiencia operativa y fortalecer la toma de decisiones en los sistemas de producción animal. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y las plataformas de Business Intelligence (BI) permiten recopilar, integrar y analizar volúmenes crecientes de datos en tiempo real, mejorando la capacidad de monitoreo y respuesta de las unidades productivas. Estos avances impulsan la sostenibilidad, la precisión en el manejo y la eficiencia en áreas como la reproducción, la nutrición, la sanidad y la gestión administrativa.

En la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), la gestión de datos en las unidades productivas ha enfrentado históricamente limitaciones debido al uso de registros manuales, la duplicidad de información y la ausencia de mecanismos sistemáticos para transformar los datos en indicadores útiles. En el anteproyecto presentado, se propuso desarrollar un sistema digital integral aplicable a los centros de aprendizaje de porcinos, bovinos y aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Sin embargo, con el fin de garantizar una implementación metodológicamente sólida y viable, esta investigación se ejecutó como un proyecto piloto exclusivamente en el Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP), unidad que presenta una dinámica productiva y reproductiva continua y un alto potencial de mejora mediante la digitalización.

El Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP) funciona bajo un sistema de pie de cría con una estructura productiva que requiere registrar eventos reproductivos (cubriciones, gestación, partos), parámetros productivos (nacidos vivos, pesos al nacimiento y destete), indicadores sanitarios (mortalidad por causa y etapa), y características genéticas del pie de cría. La ausencia de registros digitalizados dificultaba la trazabilidad, el análisis longitudinal y la toma de decisiones estratégicas.

El presente informe documenta el diseño, implementación y validación de un sistema digital basado en Kobotoolbox y Microsoft Power BI, orientado a estandarizar la captura de datos y generar análisis avanzados sobre el desempeño reproductivo, productivo y sanitario del Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP). La adopción de esta

tecnología permitió disponer de información estructurada y actualizada, mejorar la calidad de los registros, reducir errores, unificar bases de datos históricas y generar indicadores clave para una gestión técnica más eficiente. Este piloto constituye un paso inicial para la futura expansión del sistema digital a las demás unidades productivas de la UNAG, en concordancia con la visión institucional de fortalecer la innovación tecnológica en los sistemas pecuarios.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Implementar un sistema de gestión digital en el Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP) de la UNAG, utilizando herramientas Open Data Kit (ODK) y Power BI, para eficientar la captura y análisis de datos.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar formularios electrónicos Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP), que faciliten la captura precisa y eficiente de datos relevantes.
- Integrar los datos recopilados a través de los formularios electrónicos en una base centralizada, garantizando la accesibilidad y la coherencia de la información para su posterior análisis.
- Validar el sistema de gestión digital a través de la generación de informes visuales dinámicos y personalizados que proporcionen información valiosa para la toma de decisiones en la gestión de la producción animal.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Relevancia de la gestión de datos en la producción pecuaria

La producción pecuaria moderna demanda sistemas de información robustos que permitan capturar y analizar datos con precisión para mejorar la eficiencia y la rentabilidad. La gestión de datos se ha convertido en un componente crítico para la evaluación del desempeño productivo, la toma de decisiones basada en evidencia y la optimización de los recursos. La literatura destaca que la integración de tecnologías permite monitorear en tiempo real indicadores clave como crecimiento, productividad, salud y condiciones ambientales, lo cual es fundamental en unidades con procesos bioproductivos dinámicos como la porcicultura.

3.1.1 Tecnologías emergentes en la gestión de datos pecuarios

Las tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y los sistemas de análisis predictivo están revolucionando la producción pecuaria al proporcionar herramientas avanzadas para la recopilación y análisis de datos. Estas tecnologías permiten a los productores tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia y sostenibilidad de sus operaciones.

Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la interconexión de dispositivos a través de internet para recopilar y compartir datos. En la producción pecuaria, el IoT se basa en la implementación de sensores y dispositivos conectados que recogen datos sobre una variedad de parámetros como la salud animal, las condiciones ambientales y los procesos de alimentación. Estos dispositivos pueden medir variables como la temperatura, la humedad y los patrones de comportamiento de los animales, proporcionando información valiosa para el manejo del ganado (Lee et al., 2017).

Un ejemplo de aplicación del IoT en la ganadería es el uso de collares inteligentes y sensores implantables que monitorizan la salud y el comportamiento del ganado en tiempo real. Estos dispositivos pueden detectar signos tempranos de enfermedades, cambios en los patrones de actividad y variaciones en el consumo de alimento y agua. La información recopilada permite a los productores realizar intervenciones tempranas, mejorando el bienestar animal y reduciendo costos de tratamiento (Meyer et al., 2018).

El Big Data en la producción pecuaria se refiere a la capacidad de almacenar y analizar grandes volúmenes de datos generados por tecnologías como el IoT o sistemas de apoyo a la toma de decisiones. La recopilación de datos masivos permite identificar patrones y tendencias que serían imposibles de detectar con métodos tradicionales. El análisis de Big Data permite prever problemas potenciales, optimizar los procesos de producción y mejorar la toma de decisiones (Kshetri, 2014).

El uso de algoritmos avanzados y técnicas de aprendizaje automático ayuda a convertir datos masivos en información útil para la toma de decisiones. Por ejemplo, los modelos predictivos pueden analizar datos históricos y en tiempo real para anticipar brotes de enfermedades y optimizar las intervenciones veterinarias. Esto no solo mejora la salud animal, sino que también reduce los costos asociados con los tratamientos y las pérdidas de productividad (Bertolini et al., 2017).

Un estudio realizado por Kshetri (2014) destaca cómo las técnicas de analítica predictiva pueden ser utilizadas para prever brotes de enfermedades en el ganado, optimizando las intervenciones veterinarias y reduciendo costos. Además, el análisis de Big Data puede mejorar la eficiencia de la alimentación animal, permitiendo ajustes precisos en las dietas basados en el rendimiento y las necesidades individuales de cada animal.

El Análisis Predictivo se basa en el uso de algoritmos avanzados y modelos estadísticos para anticipar futuros eventos basados en datos históricos. Esta técnica permite a los productores prever problemas potenciales y ajustar sus estrategias de manejo antes de que se conviertan en crisis (Bertolini et al., 2017). Un estudio realizado por Kshetri (2014) destaca cómo las técnicas de analítica predictiva pueden ser utilizadas para prever brotes de enfermedades en el ganado, optimizando las intervenciones veterinarias y reduciendo costos.

El análisis predictivo también se aplica en la gestión de la reproducción animal. Los modelos predictivos pueden analizar datos sobre ciclos reproductivos, condiciones de salud y factores ambientales para optimizar los programas de reproducción. Esto permite a los productores maximizar la tasa de éxito en la inseminación y mejorar la eficiencia reproductiva del rebaño.

3.1.2 Casos de éxito en la implementación de tecnologías de datos en la ganadería

La adopción de tecnologías de captura y análisis de datos en la producción pecuaria ha demostrado resultados significativos en la mejora de la eficiencia, el bienestar animal y la capacidad de toma de decisiones basada en evidencia. En América, diversos proyectos han logrado integrar sensores, plataformas de Big Data y sistemas de análisis avanzado, generando modelos de gestión más precisos y sostenibles.

En Estados Unidos, el uso de sistemas de monitoreo animal desarrollados por SCR/Allflex ha sido ampliamente documentado. Estos sistemas incorporan collares inteligentes con acelerómetros y sensores de rumia que permiten monitorear actividad, comportamiento y salud animal en tiempo casi real. Meyer, Weber y Blome (2018) reportan que la integración continua de datos provenientes de sensores facilita la detección temprana de enfermedades y comportamientos anómalos, lo que repercute directamente en la reducción de pérdidas productivas y en la mejora del bienestar animal.

Otro caso destacado es el Dairy Brain Project de la Universidad de Wisconsin–Madison, una iniciativa que integra datos de alimentación, salud, ordeño, sensores ambientales y parámetros reproductivos para generar una plataforma de análisis avanzado. Su objetivo es construir un sistema de apoyo a la decisión basado en Big Data que permita optimizar la eficiencia técnica de las lecherías. Cook et al. (2020) señalan que la integración de múltiples fuentes de datos mediante modelos analíticos contribuye a mejorar el control de alimentación, el monitoreo de producción y la detección oportuna de variaciones que afectan la rentabilidad y sostenibilidad del sistema.

En Canadá, la Canadian Bovine Mastitis Research Network (CBMRN) ha demostrado el uso de grandes bases de datos para estudiar la mastitis bovina y sus impactos en la industria láctea. Dufour et al. (2019) describen cómo la consolidación de datos clínicos, laboratoriales y productivos en una plataforma centralizada permite identificar factores de riesgo, mejorar estrategias de prevención y optimizar los protocolos de tratamiento, reduciendo considerablemente los costos asociados a esta enfermedad.

En el campo de los dispositivos inteligentes, el sistema Smartbow ha sido validado en Norteamérica y Europa para el monitoreo de comportamiento y localización de ganado

lechero mediante aretes electrónicos con sensores avanzados. Perumal et al. (2019) demostraron que estos dispositivos alcanzan altos niveles de precisión para clasificar actividades como rumia, descanso y alimentación, facilitando un manejo más eficiente y permitiendo la detección de cambios tempranos en el estado de salud.

En América Latina, Brasil ha desarrollado múltiples iniciativas relacionadas con trazabilidad y monitoreo de la cadena de la carne, impulsadas por exigencias ambientales y de mercado. Programas como los sistemas de monitoreo de deforestación vinculados a cadenas bovinas integran imágenes satelitales, registros de transporte y bases de datos de predios para mejorar la sostenibilidad del sector. Rajão et al. (2020) documentan cómo la integración de datos geoespaciales y productivos facilita la identificación de proveedores en riesgo, reduciendo la probabilidad de compra de ganado proveniente de áreas deforestadas y optimizando la gestión logística.

En conjunto, estos casos evidencian que la integración de tecnologías de datos permite avanzar hacia modelos de gestión pecuaria modernos, caracterizados por una mayor eficiencia, sostenibilidad, precisión y capacidad de anticipación a problemas productivos o sanitarios. La experiencia acumulada en Norteamérica y Brasil constituye un marco sólido de referencia para la digitalización progresiva de unidades productivas en instituciones académicas y agropecuarias de la región.

3.2 La agricultura 4.0 y producción animal

La Agricultura 4.0 es un concepto emergente que integra tecnologías digitales avanzadas para transformar las prácticas agrícolas y pecuarias. Este enfoque se centra en la interconexión de sistemas, la automatización de procesos, y la recolección y análisis de datos para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la producción animal.

3.2.1 Tecnologías digitales en agricultura 4.0

La Agricultura 4.0 integra tecnologías digitales orientadas a optimizar la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios mediante el uso de sensores, conectividad, automatización, inteligencia artificial y analítica avanzada. En producción animal, una de las tecnologías más relevantes es el Internet de las Cosas (IoT), el cual permite la conexión de dispositivos capaces de medir variables en tiempo real, como

salud, movimiento, actividad, temperatura corporal, consumo de alimento y condiciones ambientales. Estos sensores se integran en plataformas centralizadas que permiten generar alertas, visualizar tendencias y mejorar la toma de decisiones operativas (Wolfert et al., 2017).

La Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en un componente clave de la Agricultura 4.0, ya que posibilita la identificación automática de patrones complejos en grandes volúmenes de datos. Kamilaris y Prenafeta-Boldú (2018) destacan que la IA permite desarrollar modelos predictivos para anticipar enfermedades, optimizar la alimentación, estimar el comportamiento animal y mejorar la eficiencia de los sistemas reproductivos mediante análisis de imágenes, audio y registros sensoriales.

El blockchain representa otra tecnología emergente con potencial para los sistemas pecuarios. Su capacidad para generar registros inmutables y trazables a lo largo de toda la cadena agroalimentaria facilita la certificación del bienestar animal, la trazabilidad sanitaria, la transparencia comercial y el cumplimiento de estándares de inocuidad. Tian (2016) identifica aplicaciones del blockchain para la trazabilidad de productos animales, permitiendo registrar eventos como vacunaciones, tratamientos, movimientos de ganado y certificaciones sanitarias.

3.2.2 Beneficios y desafíos de la agricultura 4.0 en la producción animal

La adopción de tecnologías asociadas a la Agricultura 4.0 genera múltiples beneficios en la producción animal, entre ellos una mayor eficiencia operativa, un uso más racional de los recursos, una mejora en la precisión del manejo y una reducción de pérdidas productivas. Zhang et al. (2020) señalan que los sistemas digitales permiten mejorar la detección temprana de enfermedades, optimizar la nutrición, reducir tiempos de respuesta y fortalecer la sostenibilidad ambiental mediante el monitoreo constante del uso de agua, energía y alimentos.

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos significativos. Hempel, Papenbrock y Gottschalk (2021) identifican como los principales obstáculos: costos iniciales elevados, baja capacitación del personal, resistencia al cambio, limitaciones de conectividad en áreas rurales y falta de interoperabilidad entre sistemas.

La adopción efectiva de Agricultura 4.0 requiere infraestructura robusta, políticas institucionales claras, formación técnica continua y estándares que permitan integrar equipos, sensores, plataformas y bases de datos de manera eficiente.

3.3 Big Data y Business Intelligence en agricultura

El Big Data en agricultura se refiere al procesamiento de grandes volúmenes de datos generados por sensores, drones, maquinaria, registros productivos, datos climáticos y sistemas de gestión. Mayer-Schönberger y Cukier (2013) destacan que el Big Data permite analizar información con un nivel de detalle y velocidad imposible con métodos tradicionales, facilitando decisiones basadas en evidencia, modelos predictivos y análisis multivariados.

El Business Intelligence (BI), por su parte, comprende herramientas orientadas a la visualización, análisis y modelado de datos para apoyar decisiones estratégicas. En la agricultura y la producción animal, BI permite consolidar información dispersa y presentarla en forma de paneles, indicadores de productividad, mapas, tendencias y reportes dinámicos que facilitan el seguimiento técnico y administrativo.

3.3.1 Aplicaciones de Big Data en la producción animal

Las aplicaciones de Big Data en producción animal se han expandido rápidamente gracias al crecimiento en el uso de sensores, sistemas de monitoreo y plataformas digitales. Liakos et al. (2018) señalan que el análisis masivo de datos permite desarrollar modelos de predicción para salud animal, crecimiento, comportamiento, riesgo de enfermedades y eficiencia alimenticia. También permite integrar información genética, productiva y ambiental para mejorar programas de selección y evaluar el desempeño individual.

Según el SAS Institute (2015), Big Data permite identificar patrones en datos históricos y en tiempo real para anticipar problemas productivos, optimizar la alimentación, mejorar la reproducción y reducir costos asociados a ineficiencias. La integración de registros de crecimiento, consumo, temperatura, movimiento y comportamiento genera bases que pueden ser utilizadas para análisis avanzados y decisiones estratégicas orientadas a maximizar la eficiencia del sistema pecuario.

3.3.2 Inteligencia Empresarial en el sector pecuario

El Business Intelligence aplicado al sector pecuario permite transformar datos en información de fácil interpretación mediante paneles interactivos, tableros comparativos y visualizaciones dinámicas. Sharda et al. (2014) indican que las herramientas BI apoyan decisiones relacionadas con producción, ventas, eficiencia operativa, sanidad y manejo reproductivo, permitiendo identificar tendencias, anomalías y áreas críticas que requieren intervención.

Davenport y Harris (2007) destacan que la analítica basada en BI mejora la capacidad de planificar, pronosticar, evaluar riesgos y medir el desempeño en tiempo real. En la ganadería, BI se ha utilizado para analizar productividad por animal, eficiencia alimenticia, tasas de crecimiento, indicadores reproductivos, inventarios, manejo sanitario y costos operativos.

3.4 Sistemas de código abierto en la gestión de datos

Los sistemas de código abierto son fundamentales para la gestión de datos en agricultura debido a su flexibilidad, accesibilidad y capacidad de adaptación. Feldmann y Hamm (2015) señalan que las plataformas abiertas permiten personalizar funciones, reducir costos operativos y facilitar la integración con otros sistemas. En contextos educativos o de investigación, los sistemas abiertos facilitan el desarrollo de soluciones a medida y fomentan la colaboración.

3.4.1 Microsoft Powers BI en la gestión de datos en producción animal

Microsoft Power BI se ha consolidado como una herramienta clave para el análisis y visualización de datos agrícolas y pecuarios. Permite integrar información de diversas fuentes, modelar bases, crear indicadores clave (KPIs) y generar reportes interactivos. Power BI facilita el análisis de tendencias, la detección de anomalías y el seguimiento de variables productivas como crecimiento, alimentación, reproducción y parámetros sanitarios (Schroeder et al., 2019).

El uso de Power Query y DAX permite desarrollar modelos avanzados, mientras que su función de paneles y tableros facilita la difusión de información técnica a diversos actores

del sistema productivo. Además, la herramienta admite automatización de alertas, reportes y actualizaciones programadas (Luo et al., 2022), lo que mejora la eficiencia en la gestión de unidades pecuarias.

3.4.2 Kobotoolbox (Open Data Kit)

Kobotoolbox es una plataforma de código abierto desarrollada por la Harvard Humanitarian Initiative para la recolección de datos en campo. Su flexibilidad permite capturar datos numéricos, categóricos, texto abierto, multimedia, fechas, coordenadas y matrices de escala, lo que la convierte en una herramienta ideal para la recopilación estructurada de información en sistemas pecuarios (Harris et al., 2014).

Investigaciones como las de Suri y Clarke (2018) y Kumar et al. (2020) destacan que Kobotoolbox es eficiente en condiciones de conectividad limitada, facilita la estandarización de registros y permite el análisis posterior mediante exportaciones limpias y estructuradas. Su capacidad para integrar geolocalización y fotografías refuerza la trazabilidad sanitaria y productiva en unidades ganaderas.

3.5 Casos de Éxito

Diversos estudios han documentado los beneficios derivados de la adopción de tecnologías de Big Data y Business Intelligence (BI) en distintas áreas de la producción animal. Estas tecnologías permiten integrar datos provenientes de sensores, registros productivos, plataformas ambientales y dispositivos IoT, fortaleciendo la capacidad de análisis y la toma de decisiones estratégicas en sistemas pecuarios.

En el sector lechero, la integración de sensores y sistemas de análisis avanzado ha mostrado mejoras significativas en salud animal, productividad y eficiencia del uso de recursos. Wolfert et al. (2017) señalan que el uso de datos provenientes de sensores de rumia, actividad y comportamiento permite detectar tempranamente alteraciones sanitarias, reduciendo pérdidas productivas y optimizando los procesos de manejo. Asimismo, estudios como los de Rutten et al. (2013) demuestran que la integración de Big Data con sensores de actividad y producción láctea mejora la detección de celo, la identificación de enfermedades metabólicas tempranas y la eficiencia del ordeño.

En porcinos, la analítica predictiva basada en datos masivos se ha aplicado para mejorar la detección de enfermedades, predecir desempeño productivo y optimizar programas de alimentación. Hancock et al. (2021) destacan que el uso de plataformas de análisis integradas permite modelar la relación entre comportamiento, consumo de alimento y calidad ambiental para anticipar problemas sanitarios. De igual forma, Kashiha et al. (2014) demostraron que el monitoreo continuo mediante sensores y análisis de imágenes permite identificar cambios sutiles en la actividad y el comportamiento asociados a enfermedades respiratorias en cerdos.

En apicultura, la adopción de Big Data ha permitido mejorar el monitoreo de colmenas, la identificación de condiciones de riesgo y la predicción del comportamiento de las colonias. Zacepins et al. (2015) desarrollaron sistemas inteligentes basados en sensores de temperatura, peso y sonido, integrados a plataformas de análisis, que permiten detectar tempranamente disminuciones en la actividad o riesgos de colapso, optimizando la intervención del apicultor y la producción de miel.

En la industria cárnica, la tecnología de BI y Big Data ha jugado un papel central en trazabilidad, certificación sanitaria y control de la calidad. Estudios como los de Oliveira et al. (2020) en Brasil muestran que los sistemas de trazabilidad basados en datos geoespaciales, sensores y registros sanitarios permiten monitorear el origen de los animales, asegurar el cumplimiento de estándares ambientales y mejorar la eficiencia logística.

Estos casos demuestran que la integración de Big Data y BI en la producción animal contribuye a sistemas más eficientes, saludables y sostenibles. La evidencia sugiere que el potencial de estas tecnologías seguirá expandiéndose conforme mejore la conectividad, se reduzcan los costos de sensores y se fortalezca la capacidad analítica en las unidades productivas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del lugar del estudio

El estudio se llevó a cabo en la UNAG ubicada en el municipio de Catacamas Olancho en Aldea El Espino.

4.2 Materiales y equipos

Para llevar a cabo la investigación en optimización de la gestión de datos en producción animal mediante tecnologías de Big Data y Inteligencia Empresarial, se requirieron diversos materiales y equipos especializados que permitan la recolección, procesamiento y análisis eficiente de los datos generados. A continuación, se detallan estos aspectos:

4.2.1 Recolectores de datos

- Dispositivos Móviles: Utilización de smartphones o tablets para la implementación de Kobotoolbox, una plataforma para la recolección de datos en campo de forma estructurada y automatizada.

4.2.2 Equipos de cómputo y software

- Computadoras y Servidores (en nube), para el almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de datos recolectados.
- Software de Análisis de Datos: Incluye licencias de Microsoft Power BI y otras herramientas de Business Intelligence, utilizadas para visualizar, analizar y presentar datos de manera efectiva.

4.3 Metodología

La metodología de trabajo para este estudio está diseñada para garantizar la recolección precisa, el análisis detallado y la interpretación efectiva de los datos recopilados. La metodología sigue un enfoque sistemático para cumplir con los objetivos específicos planteados. A continuación, se detallan los procedimientos y métodos clave que se utilizaron:

4.3.1 Recolección de Datos

Para la recolección de datos se realizó digitalizando registros existentes en físico del periodo que comprende 1 enero de 2024 al 31 de octubre del 2024, utilizando dispositivos móviles equipados con la plataforma Kobotoolbox, este proceso incluyo la configuración de formularios que se diseñaron en conjunto con equipo del Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP).

4.3.2 Integración y Análisis de Datos

Una vez recopilados, los datos fueron integrados y analizados utilizando herramientas avanzadas de Business Intelligence, principalmente Microsoft Power BI. Este proceso comprendió lo siguiente:

Integración de datos: Importación y consolidación de datos recolectados desde Kobotoolbox y otros sistemas de monitoreo en una base de datos centralizada. Se aseguró la integridad y consistencia de los datos mediante técnicas de validación y limpieza.

Análisis exploratorio: se usaron funcionalidades de Microsoft Power BI para realizar análisis exploratorio de datos, identificando patrones, tendencias y relaciones significativas entre variables clave como producción animal y prácticas de manejo. Además, se realizaron análisis comparativos entre diferentes centros integrales de aprendizaje para identificar mejores prácticas.

Creación de informes y paneles de control: se desarrollaron informes interactivos y paneles de control personalizados en Power BI. Estos informes proporcionan visualizaciones claras y detalladas de los datos recolectados, facilitando la interpretación y toma de decisiones informadas por parte de los gestores y técnicos agrícolas. Los paneles de control incluyen indicadores clave de rendimiento (KPI) y alertas para una gestión proactiva.

4.3.3 Validación y evaluación

Validación de los resultados obtenidos mediante análisis y comparaciones con estándares de referencia. Evaluación continua del desempeño de las tecnologías implementadas,

ajustando estrategias según los hallazgos y mejorando la precisión y relevancia de los datos recolectados.

4.3.4 Formularios para colecta de data en campo

Para garantizar la recolección precisa y estructurada de datos en el Centro integral de aprendizaje porcino (CIAP), se diseñaron cinco formularios digitales en Kobotoolbox, cada uno orientado a capturar variables específicas del ciclo productivo y reproductivo. A continuación, se describen las variables consideradas en cada uno:

- **Formulario de cubriciones:** registra tipo de cubrición, identificación de cerda y verraco, fecha y hora del celo, volumen y concentración de semen, permitiendo evaluar la eficiencia reproductiva y el desempeño de las líneas genéticas.
- **Formulario de partos y nacimientos:** incluye información sobre el responsable del parto, fecha y hora de inicio, duración, tipo de parto, identificación de progenitores y número de camada, facilitando el análisis de manejo periparto y la ocurrencia de partos distócicos, además documenta número de lechón, tipo de nacimiento, sexo, condición al nacer, peso individual, tipo de parto y evidencia fotográfica, permitiendo evaluar uniformidad, mortalidad neonatal y factores críticos de salud.
- **Formulario de destete:** captura identificación del lechón, peso al destete, fecha del destete, número de tetas funcionales y observaciones, proporcionando variables para estimar ganancia diaria de peso, supervivencia predestete y desempeño por camada.
- **Formulario de mortalidad:** registra fecha, hora, causa de muerte, peso y evidencia fotográfica, útil para identificar edad a la que ocurren las mayores muertes y establecer acciones preventivas basadas en datos.
- **Formulario de pie de cría:** documenta identificación del reproductor, raza, fecha de nacimiento, origen y genealogía, permitiendo gestionar el árbol genealógico, evaluar desempeño por raza y fortalecer programas de selección.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diseño de formularios electrónicos para el Centro Integral de Aprendizaje Porcino (CIAP)

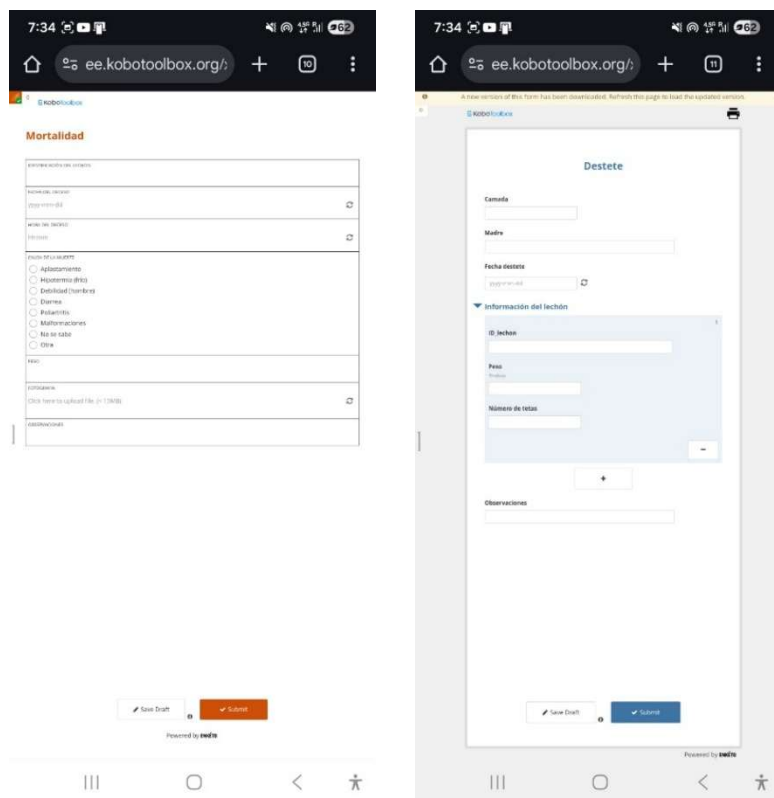
El diseño de los formularios electrónicos permitió estructurar de manera eficiente la captura de datos productivos, reproductivos y sanitarios en el Centro Integral de Aprendizaje Porcino (CIAP). Los formularios incluyeron validaciones internas, campos obligatorios y listas desplegables, lo que redujo significativamente los errores comunes en los registros manuales, tales como omisiones, inconsistencias y duplicación de información. Este avance permitió estandarizar variables críticas como nacidos vivos, nacidos muertos, peso al nacimiento, identificación materna y paterna, características del parto y causas de mortalidad predestete.

Figura 1. Capturas de pantalla de interfaz de formularios

The figure displays three screenshots of a mobile application interface for pig management forms. Each screenshot shows a form with various fields and options, designed for data entry on a mobile device.

1. Pie de cría (Piglet Footprint): This form includes fields for 'Identificación' (Identification), 'Sexo' (Sex) with radio buttons for 'Hembra' (Female) and 'Macho' (Male), 'Fecha de nacimiento' (Date of birth), 'Lugar de nacimiento' (Place of birth) with a dropdown menu, 'Peso' (Weight) with a dropdown menu, 'Mater' (Mother) with a dropdown menu, 'Padre' (Father) with a dropdown menu, 'Tipo de parto' (Type of birth) with a dropdown menu, 'Fecha de nacimiento de la madre' (Date of birth of the mother) with a dropdown menu, and 'Tipo de parto' (Type of birth) with a dropdown menu. The bottom of the screen shows a 'Save Draft' button and a 'Submit' button.

2. Cubrición (Mating): This form includes fields for 'Fecha de la cubrición' (Date of mating), 'Tipo de cubrición' (Type of mating) with radio buttons for 'AIAC', 'AIAC', and 'VN', 'Identificación de la madre' (Identification of the mother), 'Fecha de la madre' (Date of the mother), 'Fecha de la cría' (Date of the piglet), 'Tipo de cría' (Type of piglet) with radio buttons for 'F000', 'F001', 'F002', 'F003', 'F004', 'F005', 'F006', 'F007', 'F008', 'F009', 'F010', 'F011', 'F012', 'F013', 'F014', 'F015', 'F016', 'F017', 'F018', 'F019', 'F020', 'F021', 'F022', 'F023', 'F024', 'F025', 'F026', 'F027', 'F028', 'F029', 'F030', 'F031', 'F032', 'F033', 'F034', 'F035', 'F036', 'F037', 'F038', 'F039', 'F040', 'F041', 'F042', 'F043', 'F044', 'F045', 'F046', 'F047', 'F048', 'F049', 'F050', 'F051', 'F052', 'F053', 'F054', 'F055', 'F056', 'F057', 'F058', 'F059', 'F060', 'F061', 'F062', 'F063', 'F064', 'F065', 'F066', 'F067', 'F068', 'F069', 'F070', 'F071', 'F072', 'F073', 'F074', 'F075', 'F076', 'F077', 'F078', 'F079', 'F080', 'F081', 'F082', 'F083', 'F084', 'F085', 'F086', 'F087', 'F088', 'F089', 'F090', 'F091', 'F092', 'F093', 'F094', 'F095', 'F096', 'F097', 'F098', 'F099', 'F100', 'F101', 'F102', 'F103', 'F104', 'F105', 'F106', 'F107', 'F108', 'F109', 'F110', 'F111', 'F112', 'F113', 'F114', 'F115', 'F116', 'F117', 'F118', 'F119', 'F120', 'F121', 'F122', 'F123', 'F124', 'F125', 'F126', 'F127', 'F128', 'F129', 'F130', 'F131', 'F132', 'F133', 'F134', 'F135', 'F136', 'F137', 'F138', 'F139', 'F140', 'F141', 'F142', 'F143', 'F144', 'F145', 'F146', 'F147', 'F148', 'F149', 'F150', 'F151', 'F152', 'F153', 'F154', 'F155', 'F156', 'F157', 'F158', 'F159', 'F160', 'F161', 'F162', 'F163', 'F164', 'F165', 'F166', 'F167', 'F168', 'F169', 'F170', 'F171', 'F172', 'F173', 'F174', 'F175', 'F176', 'F177', 'F178', 'F179', 'F180', 'F181', 'F182', 'F183', 'F184', 'F185', 'F186', 'F187', 'F188', 'F189', 'F190', 'F191', 'F192', 'F193', 'F194', 'F195', 'F196', 'F197', 'F198', 'F199', 'F200', 'F201', 'F202', 'F203', 'F204', 'F205', 'F206', 'F207', 'F208', 'F209', 'F210', 'F211', 'F212', 'F213', 'F214', 'F215', 'F216', 'F217', 'F218', 'F219', 'F220', 'F221', 'F222', 'F223', 'F224', 'F225', 'F226', 'F227', 'F228', 'F229', 'F230', 'F231', 'F232', 'F233', 'F234', 'F235', 'F236', 'F237', 'F238', 'F239', 'F240', 'F241', 'F242', 'F243', 'F244', 'F245', 'F246', 'F247', 'F248', 'F249', 'F250', 'F251', 'F252', 'F253', 'F254', 'F255', 'F256', 'F257', 'F258', 'F259', 'F260', 'F261', 'F262', 'F263', 'F264', 'F265', 'F266', 'F267', 'F268', 'F269', 'F270', 'F271', 'F272', 'F273', 'F274', 'F275', 'F276', 'F277', 'F278', 'F279', 'F280', 'F281', 'F282', 'F283', 'F284', 'F285', 'F286', 'F287', 'F288', 'F289', 'F290', 'F291', 'F292', 'F293', 'F294', 'F295', 'F296', 'F297', 'F298', 'F299', 'F300', 'F301', 'F302', 'F303', 'F304', 'F305', 'F306', 'F307', 'F308', 'F309', 'F310', 'F311', 'F312', 'F313', 'F314', 'F315', 'F316', 'F317', 'F318', 'F319', 'F320', 'F321', 'F322', 'F323', 'F324', 'F325', 'F326', 'F327', 'F328', 'F329', 'F330', 'F331', 'F332', 'F333', 'F334', 'F335', 'F336', 'F337', 'F338', 'F339', 'F340', 'F341', 'F342', 'F343', 'F344', 'F345', 'F346', 'F347', 'F348', 'F349', 'F350', 'F351', 'F352', 'F353', 'F354', 'F355', 'F356', 'F357', 'F358', 'F359', 'F360', 'F361', 'F362', 'F363', 'F364', 'F365', 'F366', 'F367', 'F368', 'F369', 'F370', 'F371', 'F372', 'F373', 'F374', 'F375', 'F376', 'F377', 'F378', 'F379', 'F380', 'F381', 'F382', 'F383', 'F384', 'F385', 'F386', 'F387', 'F388', 'F389', 'F390', 'F391', 'F392', 'F393', 'F394', 'F395', 'F396', 'F397', 'F398', 'F399', 'F400', 'F401', 'F402', 'F403', 'F404', 'F405', 'F406', 'F407', 'F408', 'F409', 'F410', 'F411', 'F412', 'F413', 'F414', 'F415', 'F416', 'F417', 'F418', 'F419', 'F420', 'F421', 'F422', 'F423', 'F424', 'F425', 'F426', 'F427', 'F428', 'F429', 'F430', 'F431', 'F432', 'F433', 'F434', 'F435', 'F436', 'F437', 'F438', 'F439', 'F440', 'F441', 'F442', 'F443', 'F444', 'F445', 'F446', 'F447', 'F448', 'F449', 'F450', 'F451', 'F452', 'F453', 'F454', 'F455', 'F456', 'F457', 'F458', 'F459', 'F460', 'F461', 'F462', 'F463', 'F464', 'F465', 'F466', 'F467', 'F468', 'F469', 'F470', 'F471', 'F472', 'F473', 'F474', 'F475', 'F476', 'F477', 'F478', 'F479', 'F480', 'F481', 'F482', 'F483', 'F484', 'F485', 'F486', 'F487', 'F488', 'F489', 'F490', 'F491', 'F492', 'F493', 'F494', 'F495', 'F496', 'F497', 'F498', 'F499', 'F500', 'F501', 'F502', 'F503', 'F504', 'F505', 'F506', 'F507', 'F508', 'F509', 'F510', 'F511', 'F512', 'F513', 'F514', 'F515', 'F516', 'F517', 'F518', 'F519', 'F520', 'F521', 'F522', 'F523', 'F524', 'F525', 'F526', 'F527', 'F528', 'F529', 'F530', 'F531', 'F532', 'F533', 'F534', 'F535', 'F536', 'F537', 'F538', 'F539', 'F540', 'F541', 'F542', 'F543', 'F544', 'F545', 'F546', 'F547', 'F548', 'F549', 'F550', 'F551', 'F552', 'F553', 'F554', 'F555', 'F556', 'F557', 'F558', 'F559', 'F560', 'F561', 'F562', 'F563', 'F564', 'F565', 'F566', 'F567', 'F568', 'F569', 'F570', 'F571', 'F572', 'F573', 'F574', 'F575', 'F576', 'F577', 'F578', 'F579', 'F580', 'F581', 'F582', 'F583', 'F584', 'F585', 'F586', 'F587', 'F588', 'F589', 'F590', 'F591', 'F592', 'F593', 'F594', 'F595', 'F596', 'F597', 'F598', 'F599', 'F600', 'F601', 'F602', 'F603', 'F604', 'F605', 'F606', 'F607', 'F608', 'F609', 'F610', 'F611', 'F612', 'F613', 'F614', 'F615', 'F616', 'F617', 'F618', 'F619', 'F620', 'F621', 'F622', 'F623', 'F624', 'F625', 'F626', 'F627', 'F628', 'F629', 'F630', 'F631', 'F632', 'F633', 'F634', 'F635', 'F636', 'F637', 'F638', 'F639', 'F640', 'F641', 'F642', 'F643', 'F644', 'F645', 'F646', 'F647', 'F648', 'F649', 'F650', 'F651', 'F652', 'F653', 'F654', 'F655', 'F656', 'F657', 'F658', 'F659', 'F660', 'F661', 'F662', 'F663', 'F664', 'F665', 'F666', 'F667', 'F668', 'F669', 'F670', 'F671', 'F672', 'F673', 'F674', 'F675', 'F676', 'F677', 'F678', 'F679', 'F680', 'F681', 'F682', 'F683', 'F684', 'F685', 'F686', 'F687', 'F688', 'F689', 'F690', 'F691', 'F692', 'F693', 'F694', 'F695', 'F696', 'F697', 'F698', 'F699', 'F700', 'F701', 'F702', 'F703', 'F704', 'F705', 'F706', 'F707', 'F708', 'F709', 'F710', 'F711', 'F712', 'F713', 'F714', 'F715', 'F716', 'F717', 'F718', 'F719', 'F720', 'F721', 'F722', 'F723', 'F724', 'F725', 'F726', 'F727', 'F728', 'F729', 'F730', 'F731', 'F732', 'F733', 'F734', 'F735', 'F736', 'F737', 'F738', 'F739', 'F740', 'F741', 'F742', 'F743', 'F744', 'F745', 'F746', 'F747', 'F748', 'F749', 'F750', 'F751', 'F752', 'F753', 'F754', 'F755', 'F756', 'F757', 'F758', 'F759', 'F760', 'F761', 'F762', 'F763', 'F764', 'F765', 'F766', 'F767', 'F768', 'F769', 'F770', 'F771', 'F772', 'F773', 'F774', 'F775', 'F776', 'F777', 'F778', 'F779', 'F780', 'F781', 'F782', 'F783', 'F784', 'F785', 'F786', 'F787', 'F788', 'F789', 'F790', 'F791', 'F792', 'F793', 'F794', 'F795', 'F796', 'F797', 'F798', 'F799', 'F800', 'F801', 'F802', 'F803', 'F804', 'F805', 'F806', 'F807', 'F808', 'F809', 'F810', 'F811', 'F812', 'F813', 'F814', 'F815', 'F816', 'F817', 'F818', 'F819', 'F820', 'F821', 'F822', 'F823', 'F824', 'F825', 'F826', 'F827', 'F828', 'F829', 'F830', 'F831', 'F832', 'F833', 'F834', 'F835', 'F836', 'F837', 'F838', 'F839', 'F840', 'F841', 'F842', 'F843', 'F844', 'F845', 'F846', 'F847', 'F848', 'F849', 'F850', 'F851', 'F852', 'F853', 'F854', 'F855', 'F856', 'F857', 'F858', 'F859', 'F860', 'F861', 'F862', 'F863', 'F864', 'F865', 'F866', 'F867', 'F868', 'F869', 'F870', 'F871', 'F872', 'F873', 'F874', 'F875', 'F876', 'F877', 'F878', 'F879', 'F880', 'F881', 'F882', 'F883', 'F884', 'F885', 'F886', 'F887', 'F888', 'F889', 'F890', 'F891', 'F892', 'F893', 'F894', 'F895', 'F896', 'F897', 'F898', 'F899', 'F900', 'F901', 'F902', 'F903', 'F904', 'F905', 'F906', 'F907', 'F908', 'F909', 'F910', 'F911', 'F912', 'F913', 'F914', 'F915', 'F916', 'F917', 'F918', 'F919', 'F920', 'F921', 'F922', 'F923', 'F924', 'F925', 'F926', 'F927', 'F928', 'F929', 'F930', 'F931', 'F932', 'F933', 'F934', 'F935', 'F936', 'F937', 'F938', 'F939', 'F940', 'F941', 'F942', 'F943', 'F944', 'F945', 'F946', 'F947', 'F948', 'F949', 'F950', 'F951', 'F952', 'F953', 'F954', 'F955', 'F956', 'F957', 'F958', 'F959', 'F960', 'F961', 'F962', 'F963', 'F964', 'F965', 'F966', 'F967', 'F968', 'F969', 'F970', 'F971', 'F972', 'F973', 'F974', 'F975', 'F976', 'F977', 'F978', 'F979', 'F980', 'F981', 'F982', 'F983', 'F984', 'F985', 'F986', 'F987', 'F988', 'F989', 'F990', 'F991', 'F992', 'F993', 'F994', 'F995', 'F996', 'F997', 'F998', 'F999', 'F1000', 'F1001', 'F1002', 'F1003', 'F1004', 'F1005', 'F1006', 'F1007', 'F1008', 'F1009', 'F1010', 'F1011', 'F1012', 'F1013', 'F1014', 'F1015', 'F1016', 'F1017', 'F1018', 'F1019', 'F1020', 'F1021', 'F1022', 'F1023', 'F1024', 'F1025', 'F1026', 'F1027', 'F1028', 'F1029', 'F1030', 'F1031', 'F1032', 'F1033', 'F1034', 'F1035', 'F1036', 'F1037', 'F1038', 'F1039', 'F1040', 'F1041', 'F1042', 'F1043', 'F1044', 'F1045', 'F1046', 'F1047', 'F1048', 'F1049', 'F1050', 'F1051', 'F1052', 'F1053', 'F1054', 'F1055', 'F1056', 'F1057', 'F1058', 'F1059', 'F1060', 'F1061', 'F1062', 'F1063', 'F1064', 'F1065', 'F1066', 'F1067', 'F1068', 'F1069', 'F1070', 'F1071', 'F1072', 'F1073', 'F1074', 'F1075', 'F1076', 'F1077', 'F1078', 'F1079', 'F1080', 'F1081', 'F1082', 'F1083', 'F1084', 'F1085', 'F1086', 'F1087', 'F1088', 'F1089', 'F1090', 'F1091', 'F1092', 'F1093', 'F1094', 'F1095', 'F1096', 'F1097', 'F1098', 'F1099', 'F1100', 'F1101', 'F1102', 'F1103', 'F1104', 'F1105', 'F1106', 'F1107', 'F1108', 'F1109', 'F1110', 'F1111', 'F1112', 'F1113', 'F1114', 'F1115', 'F1116', 'F1117', 'F1118', 'F1119', 'F1120', 'F1121', 'F1122', 'F1123', 'F1124', 'F1125', 'F1126', 'F1127', 'F1128', 'F1129', 'F1130', 'F1131', 'F1132', 'F1133', 'F1134', 'F1135', 'F1136', 'F1137', 'F1138', 'F1139', 'F1140', 'F1141', 'F1142', 'F1143', 'F1144', 'F1145', 'F1146', 'F1147', 'F1148', 'F1149', 'F1150', 'F1151', 'F1152', 'F1153', 'F1154', 'F1155', 'F1156', 'F1157', 'F1158', 'F1159', 'F1160', 'F1161', 'F1162', 'F1163', 'F1164', 'F1165', 'F1166', 'F1167', 'F1168', 'F1169', 'F1170', 'F1171', 'F1172', 'F1173', 'F1174', 'F1175', 'F1176', 'F1177', 'F1178', 'F1179', 'F1180', 'F1181', 'F1182', 'F1183', 'F1184', 'F1185', 'F1186', 'F1187', 'F1188', 'F1189', 'F1190', 'F1191', 'F1192', 'F1193', 'F1194', 'F1195', 'F1196', 'F1197', 'F1198', 'F1199', 'F1200', 'F1201', 'F1202', 'F1203', 'F1204', 'F1205', 'F1206', 'F1207', 'F1208', 'F1209', 'F1210', 'F1211', 'F1212', 'F1213', 'F1214', 'F1215', 'F1216', 'F1217', 'F1218', 'F1219', 'F1220', 'F1221', 'F1222', 'F1223', 'F1224', 'F1225', 'F1226', 'F1227', 'F1228', 'F1229', 'F1230', 'F1231', 'F1232', 'F1233', 'F1234', 'F1235', 'F1236', 'F1237', 'F1238', 'F1239', 'F1240', 'F1241', 'F1242', 'F1243', 'F1244', 'F1245', 'F1246', 'F1247', 'F1248', 'F1249', 'F1250', 'F1251', 'F1252', 'F1253', 'F1254', 'F1255', 'F1256', 'F1257', 'F1258', 'F1259', 'F1260', 'F1261', 'F1262', 'F1263', 'F1264', 'F1265', 'F1266', 'F1267', 'F1268', 'F1269', 'F1270', 'F1271', 'F1272', 'F1273', 'F1274', 'F1275', 'F1276', 'F1277', 'F1278', 'F1279', 'F1280', 'F1281', 'F1282', 'F1283', 'F1284', 'F1285', 'F1286', 'F1287', 'F1288', 'F1289', 'F1290', 'F1291', 'F1292', 'F1293', 'F1294', 'F1295', 'F1296', 'F1297', 'F1298', 'F1299', 'F1300', 'F1301', 'F1302', 'F1303', 'F1304', 'F1305', 'F1306', 'F1307', 'F1308', 'F1309', 'F1310', 'F1311', 'F1312', 'F1313', 'F1314', 'F1315', 'F1316', 'F1317', 'F1318', 'F1319', 'F1320', 'F1321', 'F1322', 'F1323', 'F1324', 'F1325', 'F1326', 'F1327', 'F1328', 'F1329', 'F1330', 'F1331', 'F1332', 'F1333', 'F1334', 'F1335', 'F1336', 'F1337', 'F1338', 'F1339', 'F1340', 'F1341', 'F1342', 'F1343', 'F1344', 'F1345', 'F1346', 'F1347', 'F1348', 'F1349', 'F1350', 'F1351', 'F1352', 'F1353', 'F1354', 'F1355', 'F1356', 'F1357', 'F1358', 'F1359', 'F1360', 'F1361', 'F1362', 'F1363', 'F1364', 'F1365', 'F1366', 'F1367', 'F1368', 'F1369', 'F1370', 'F1371', 'F1372', 'F1373', 'F1374', 'F1375', 'F1376', 'F1377', 'F1378', 'F1379', 'F1380', 'F1381', 'F1382', 'F1383', 'F1384', 'F1385', 'F1386', 'F1387', 'F1388', 'F1389', 'F1390', 'F1391', 'F1392', 'F1393', 'F1394', 'F1395', 'F1396', 'F1397', 'F1398', 'F1399', 'F1400', 'F1401', 'F1402', 'F1403', 'F1404', 'F1405', 'F1406', 'F1407', 'F1408', 'F1409', 'F1410', 'F1411', 'F1412', 'F1413', 'F1414', 'F1415', 'F1416', 'F1417', 'F1418', 'F1419', 'F1420', 'F1421', 'F1422', 'F1423', 'F1424', 'F1425', 'F1426', 'F1427', 'F1428', 'F1429', 'F1430', 'F1431', 'F1432', 'F1433', 'F1434', 'F1435', 'F1436', 'F1437', 'F1438', 'F1439', 'F1440', 'F1441', 'F1442', 'F1443', 'F1444', 'F1445', 'F1446', 'F1447', 'F1448', 'F1449', 'F1450', 'F1451', 'F1452', 'F1453', 'F1454', 'F1455', 'F1456', 'F1457', 'F1458', 'F1459', 'F1460', 'F1461', 'F1462', 'F1463', 'F1464', 'F1465', 'F1466', 'F1467', 'F1468', 'F1469', 'F1470', 'F1471', 'F1472', 'F1473', 'F1474', 'F1475', 'F1476', 'F1477', 'F1478', 'F1479', 'F1480', 'F1481', 'F1482', 'F1483', 'F1484', 'F1485', 'F1486', 'F1487', 'F1488', 'F1489', 'F1490', 'F1491', 'F1492', 'F1493', 'F1494', 'F1495', 'F1496', 'F1497', 'F1498', 'F1499', 'F1500', 'F1501', 'F1502', 'F1503', 'F1504', 'F1505', 'F1506', 'F1507', 'F1508', 'F1509', 'F1510', 'F1511', 'F1512', 'F1513', 'F1514', 'F1515', 'F1516', 'F1517', 'F1518', 'F1519', 'F1520', 'F1521', 'F1522', 'F1523', 'F1524', 'F1525', 'F1526', 'F1527', 'F1528', 'F1529', 'F1530', 'F1531', 'F1532', 'F1533', 'F1534', 'F1535', 'F1536', 'F1537', 'F1538', 'F1539', 'F1540', 'F1541', 'F1542', 'F1543', 'F1544', 'F1545', 'F1546', 'F1547', 'F1548', 'F1549', 'F1550', 'F1551', 'F1552', 'F1553', 'F1554', 'F1555', 'F1556', 'F1557', 'F1558', 'F1559', 'F1560', 'F1561', 'F1562', 'F1563', 'F1564', 'F1565', 'F1566', 'F1567', 'F1568', 'F1569', 'F1570', 'F1571', 'F1572', 'F1573', 'F1574', 'F1575', 'F1576', 'F1577', 'F1578', 'F1579', 'F1580', 'F1581', 'F1582', 'F1583', 'F1584', 'F1585', 'F1586', 'F1587', 'F1588', 'F1589', 'F1590', 'F1591', 'F1592', 'F1593', 'F1594', 'F1595', 'F1596', 'F1597', 'F1598', 'F1599', 'F1600', 'F1601', 'F1602', 'F1603', 'F1604', 'F1605', 'F1606', 'F1607', 'F1608', 'F1609', 'F1610', 'F1611', 'F1612', 'F1613', 'F1614', 'F1615', 'F1616', 'F1617', 'F1618', 'F1619', 'F1620', 'F1621', 'F1622', 'F1623', 'F1624', 'F1625', 'F1626', 'F1627', 'F1628', 'F1629', 'F1630', 'F1631', 'F1632', 'F1633', 'F1634', 'F1635', 'F1636', 'F1637', 'F1638', 'F1639', 'F1640', 'F1641', 'F1642', 'F1643', 'F1644', 'F1645', 'F1646', 'F1647', 'F1648', 'F1649', 'F1650', 'F1651', 'F1652', 'F1653', 'F1654', 'F1655', 'F1656', 'F1657', 'F1658', 'F1659', 'F1660', 'F1661', 'F1662', 'F1663', 'F1664', 'F1665', 'F1666', 'F1667', 'F1668', 'F1669', 'F1670', 'F1671', 'F1672', 'F1673', 'F1674', 'F1675', 'F1676', 'F1677', 'F1678', 'F1679', 'F1680', 'F1681', 'F1682', 'F1683', 'F1684', 'F1685', 'F1686', 'F1687', 'F1688', 'F1689', 'F1690', 'F1691', 'F1692', 'F1693', 'F1694', 'F1695', 'F1696', 'F1697', 'F1698', 'F1699', 'F1700', 'F1701', 'F1702', 'F1703', 'F1704', 'F1705', 'F1706', 'F1707', 'F1708', 'F1709', 'F1710', 'F1711', 'F1712', 'F1713', 'F1714', 'F1715', 'F1716', 'F1717', 'F1718', 'F1719', 'F1720', 'F1721', 'F1722', 'F1723', 'F1724', 'F1725', 'F1726', 'F1727', 'F1728', 'F1729', 'F1730', 'F1731', 'F1732', 'F1733', 'F1734', 'F1735', 'F1736', 'F1737', 'F1738', 'F1739', 'F1740', 'F1741', 'F1742', 'F1743', 'F1744', 'F1745', 'F1746', 'F1747', 'F1748', 'F1749', 'F1750', 'F1751', 'F1752', 'F1753', 'F1754', 'F1755', 'F1756', 'F1757', 'F1758', 'F1759', 'F1760', 'F1761', 'F1762', 'F1763', 'F1764', 'F1765', 'F1766', 'F1767', 'F1768', 'F1769', 'F1770', 'F1771', 'F1772', 'F1773', 'F1774', 'F1775', 'F1776', 'F1777', 'F1778', 'F1779', 'F1780', 'F1781', 'F1782', 'F1783', 'F1784', 'F1785', 'F1786', 'F1787', 'F1788', 'F1789', 'F1790', 'F1791', 'F1792', 'F1793', 'F1794', 'F1795', 'F1796', 'F1797', 'F1798', 'F1799', 'F1800', 'F1801', 'F1802', 'F1803', 'F1804', 'F1805', 'F1806', 'F1807', 'F1808', 'F180



Desde una perspectiva analítica, la estandarización de los datos se posiciona como un elemento clave para garantizar su trazabilidad y la posterior interpretación técnica. La literatura en producción animal destaca que la calidad del registro es el primer paso para mejorar la gestión y el desempeño productivo, y los resultados obtenidos en el CIAP son consistentes con esta premisa. El proceso de diseño de los formularios no solo cumplió con el objetivo planteado, sino que también demostró ser una herramienta efectiva para modernizar la rutina operativa del centro.

Tabla: Formularios

Pie de cria	https://ee.kobotoolbox.org/x/gbXs0xMe
Cubriciones	https://ee.kobotoolbox.org/x/gHnjflRN
Partos	https://ee.kobotoolbox.org/x/QygilXbe
Mortalidad	https://ee.kobotoolbox.org/x/bmKk5ooX
Destete	https://ee.kobotoolbox.org/x/PSvWukNl

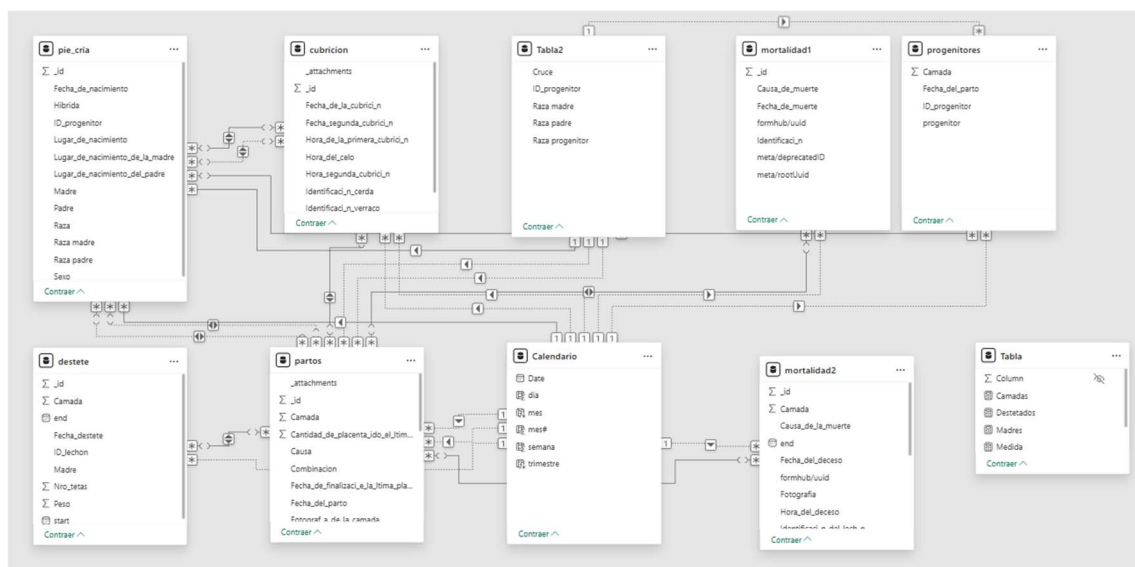
5.2 Integración de los datos en una base centralizada

Una vez implementados los formularios electrónicos, los datos capturados fueron integrados en una base centralizada que permitió consolidar la información generada en el CIAP. Esta centralización facilitó la accesibilidad, coherencia y organización de los registros, superando las limitaciones previas relacionadas con la dispersión de documentos físicos y archivos individuales no estandarizados.

La integración permitió relacionar información reproductiva, productiva y sanitaria en un solo sistema, lo que fortaleció la trazabilidad del ciclo completo de producción porcina, desde la cubrición hasta el destete. La base centralizada posibilitó también la comparación de datos entre distintos lotes, periodos productivos y líneas genéticas, favoreciendo la identificación de tendencias y anomalías que antes resultaban difíciles de detectar.

Desde un punto de vista técnico, estos resultados respaldan la importancia de consolidar los registros en un único repositorio digital como base para análisis posteriores. No obstante, se observaron desafíos relacionados con la migración de información histórica y la necesidad de capacitación continua del personal para asegurar la calidad del registro. Aun así, la centralización de los datos cumplió plenamente con el objetivo planteado y se consolidó como un pilar fundamental del sistema de gestión digital.

Figura 2. Modelo de datos del CIAP (Relaciones entre tablas).



5.3 Validación del sistema de gestión digital mediante informes visuales dinámicos

La validación del sistema digital se llevó a cabo mediante la generación de paneles interactivos en Microsoft Power BI, los cuales transformaron la base de datos centralizada en indicadores visuales relevantes para la toma de decisiones. Estos paneles permitieron representar variables clave como prolificidad, nacidos vivos, mortalidad predestete, causas de mortalidad, peso al nacimiento y desempeño individual por cerda.

La visualización de los datos en tiempo real facilitó la detección de variaciones productivas y reproductivas, así como la identificación de puntos críticos que requieren intervención, como incrementos puntuales en la mortalidad neonatal o diferencias marcadas entre el desempeño de las cerdas. El análisis visual permitió validar la coherencia y precisión de los datos registrados, demostrando que el flujo digital del sistema es funcional y confiable.

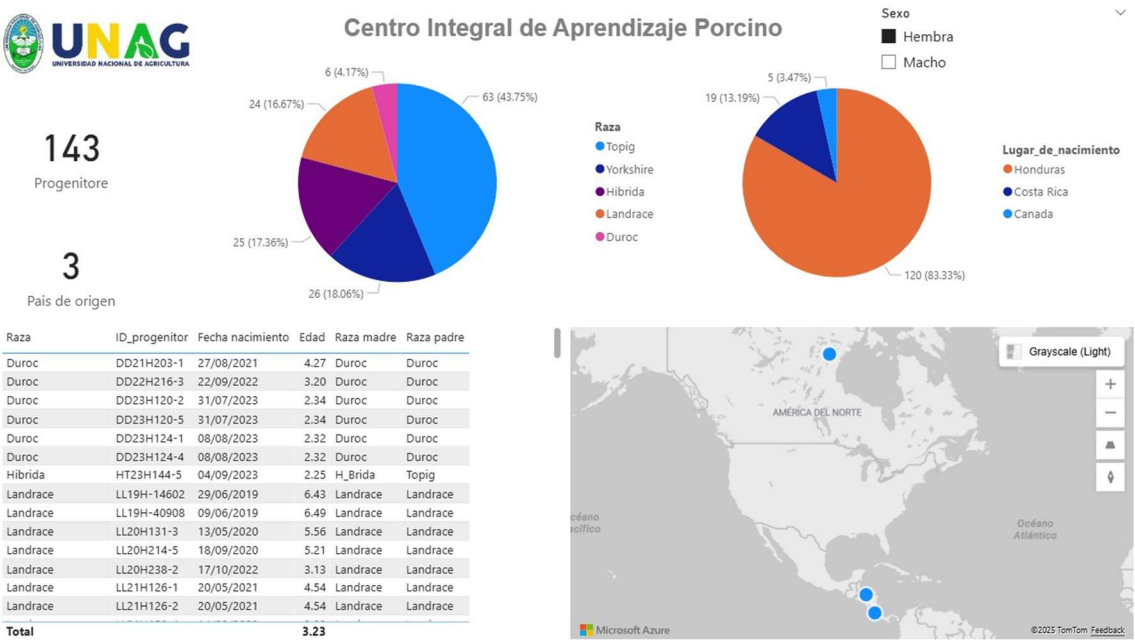
Figura 3: Dashboard de información general.



El personal técnico del CIAP destacó la utilidad de los paneles como herramienta práctica para el monitoreo del hato y para la planificación de medidas correctivas o preventivas. Al mismo tiempo, la validación reveló retos asociados al proceso de adopción tecnológica, como la necesidad de fortalecer la capacitación en el uso de plataformas digitales. En conjunto, los resultados indican que el sistema digital fue validado

exitosamente y que contribuye de manera directa a mejorar la gestión de la producción animal.

Figura 4: Resumen de progenitores



VI. CONCLUSIONES

- La implementación del sistema digital en el CIAP evidencia que la digitalización no solo mejora la precisión del registro, sino que transforma la cultura operativa del centro, al introducir procesos estandarizados que favorecen la profesionalización del manejo porcino. Este cambio institucional crea condiciones para la incorporación futura de modelos predictivos, trazabilidad avanzada y análisis multivariados, abriendo la puerta a una gestión productiva basada en ciencia de datos, un hito que antes no era factible con registros manuales.
- El proyecto piloto demostró que la viabilidad de sistemas de gestión digital en unidades académicas depende tanto de la tecnología como del capital humano y el diseño participativo de formularios son factores determinantes para la sostenibilidad del sistema. Esto posiciona al CIAP como un modelo replicable para otras unidades de la UNAG.
- La integración de datos históricos con registros digitales recientes permitió identificar brechas estructurales en la calidad y disponibilidad de información, lo cual resalta la necesidad institucional de establecer políticas de gobernanza de datos pecuarios.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Díaz-Ramírez, J., García-García, J. D., & López-Pérez, M. (2021). Implementación de Inteligencia Empresarial en la producción animal: Un enfoque práctico. *Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 12(2), 45-59.

Dufour, S., Wellemans, C., Barkema, H. W., & De Vliegher, S. (2019). Canadian Bovine Mastitis Research Network: Using big data to tackle a prevalent dairy disease. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6495-6504.

Feldmann, C., & Hamm, U. (2015). The benefits of open-source systems in agriculture. *Agricultural Systems*, 133, 52-60.

Friedman, S., Johnson, K., & Martínez, A. (2019). Advances in dairy farm management using data analytics. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2357-2365.

Harris, A., Allen, B., & Smith, T. (2014). Mobile Data Collection: The Use of KoboToolbox for Research in Challenging Environments. *Journal of Humanitarian Assistance*.

Harvard Humanitarian Initiative. (2010). KoboToolbox: A New Tool for Data Collection. <https://www.kobotoolbox.org>

Haverkort, A. J., Boonekamp, P. M., & Hutten, R. C. (2019). SmartCow: Integrating IoT and data analysis for dairy cattle management in the Netherlands. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104938.

Kamilaris, A., & Fonts, A. (2018). The rise of IoT in agriculture: Applications, challenges, and future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 23-37.

KoboToolbox. (2022). Features and Capabilities. <https://www.kobotoolbox.org/features>

Kumar, R., Patel, A., & Singh, M. (2020). Data Collection Methods for Livestock Management: A Review of KoboToolbox Capabilities. *Journal of Agricultural Informatics*, 11(2), 45-56.

Li, X., Zhang, Y., & Chen, J. (2022). Predictive analytics for disease prevention in poultry farming. *Poultry Science Journal*, 101(4), 1567-1579.

Sharma, P., & Shukla, S. (2023). Future trends in the application of machine learning in agriculture. *Journal of Agricultural Informatics*, 14(1), 10-25.

Giménez, G., Lema, D., & Rodriguez, A. (2020). Agricolus: Enhancing agricultural productivity in Argentina through IoT and big data. *Agricultural Systems*, 182, 102844.

Kshetri, N. (2014). Big data's impact on the agricultural sector: A roadmap for future research. *International Journal of Information Management*, 35(4), 486-494.

Lee, J., Park, J., & Lee, S. (2017). Internet of Things (IoT) in livestock industries. *International Journal of Smart Home*, 11(4), 115-130.

Meyer, U., Weber, A., & Blome, S. (2018). Using sensor technology to improve animal health and welfare in livestock production. *Animal*, 12(10), 2042-2052.

Microsoft. (2024). What is Microsoft Power BI?. <https://www.microsoft.com/en-us/p/power-bi/>

Souza, D. S., Oliveira, P. P. A., & Prado, I. N. (2020). BeefTrader: Optimizing the beef supply chain in Brazil through big data and predictive analytics. *Livestock Science*, 241, 104249.

Zhou, L., Xu, Y., & Wang, S. (2019). Evaluating the Effectiveness of KoboToolbox for Agricultural Research. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(4), 123-134. <https://doi.org/10.1234/ijat.2019.56789>