

PorkTech 360: Observatorio 4.0 para la Producción Porcina

Andrea Carolina Aguilera^{1, 2} [0000-0002-3535-3207], Carlos Berger³ [0000-0002-8905-6312], Katty Tagua⁴ [0009-0006-0167-4560], Cesar Puig⁵ [0009-0091-1762-4497], Gerardo De Blas^{1,6} [0000-0002-3894-9743] y Natalia V. Revollo^{7,8} [0000-0002-2591-9123]

¹ IHEM-CONICET, UNCuyo

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales FCEN-UNCuyo

³ Universidad Provincial del Sudoeste

⁴ Universidad Nacional de Chimborazo del Ecuador

⁵ Spluty StartuP

⁶ LaTIT-Area Farmacología, FCM-UNCuyo

⁷ Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur

⁸ Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (ICIC), CONICET.
nrevollo@criba.edu.ar

Resumen. La producción porcina en Argentina se caracteriza por ser un sector dinámico y en crecimiento, con una variedad de niveles que incluyen desde pequeños establecimientos hasta grandes granjas y centros de inseminación, destacándose por su enfoque en la producción intensiva y tecnificada de cerdos. Si bien existen registros de alimentos, planificación para asegurar el estado sanitario o medidas de bioseguridad, en la actualidad no se dispone, en gran parte del sector, de un sistema informatizado para el análisis integral de esta actividad. En este contexto, planteamos como objetivo un observatorio para la gestión de la producción porcina que ofrezca un conjunto de servicios para garantizar una supervisión precisa, segura y en tiempo real de todos los datos técnico-productivos de los establecimientos vinculados. Con el compromiso de facilitar la inclusión de nuevas tecnologías en el área, la plataforma no solo se limita a la recopilación y gestión de información, sino que sirve de base para la obtención inteligente de conocimiento del ciclo de producción porcina en el país. En un panorama agrícola cada vez más complejo, este observatorio se posiciona como un aliado estratégico para optimizar la gestión y desbloquear nuevos niveles de eficiencia en el área.

Palabras Claves: producción porcina, inseminación artificial, TICs, CASA.

1 Introducción

En la actualidad, la producción porcina argentina enfrenta desafíos como la apertura económica, la competencia con importaciones y la necesidad de incorporar tecnologías para mejorar la eficiencia y la bioseguridad [1]. Medida en términos de crías nacidas por madre, la eficiencia se encuentra en una posición intermedia en comparación con los principales países productores de cerdos a nivel mundial. Sin embargo, se destaca por varios factores claves, entre ellos, la disponibilidad de tierras fértiles para la producción de granos que son utilizados como alimento para el ganado porcino [2,3]. Además, el país cuenta con un clima propicio para la cría de cerdos, lo que per-

mite un menor gasto en calefacción y refrigeración, generando una ventaja competitiva en el mercado global [2]. Si bien Argentina no está entre los mayores productores como China, Estados Unidos o Brasil, sigue siendo un actor significativo en el mercado global de carne de cerdo. No obstante, el avance de la tecnificación del sector en el mundo, marca una diferencia desfavorable para nuestro país, esto asociado por los altos costos de tales tecnologías, problemas de importación e inestabilidad económica [4,5]. En los últimos años ha habido una creciente en faena y producción de carne porcina. Durante el 2022 se alcanzó un récord nacional con 7.666.022 cabezas faenadas y 723.388 toneladas de carne producida. Esta tendencia creciente en la actividad se consolidó en el 2023 con un aumento del 4.8 % de variación interanual [6]. En esta especie, al igual que en muchas otras especies ganaderas de cría intensiva, la reproducción se lleva a cabo mediante inseminación artificial. Esta práctica requiere el uso de semen con parámetros de alta calidad para garantizar el desarrollo exitoso de la preñez y tasas de parto elevadas, convirtiéndose así en un punto crítico que asegura el éxito de la cadena productiva [7,8]. A diferencia de otras especies de mamíferos, en este caso el semen no se criopreserva debido a la baja viabilidad de los espermatozoides después de descongelarlos (9-11). En su lugar, se comercializa en diluyentes que mantienen la viabilidad del semen entre 3 y 10 días, dependiendo del tipo de diluyente utilizado [12]. Esta situación ha llevado a ciertos sectores de la cadena de producción a especializarse en la obtención, comercialización y logística de distribución de dosis seminales obtenidas a partir de machos de alto valor genético, a través de Centros de Inseminación Artificial (CIAs). Estas dosis suelen viajar por vía terrestre distancias muy variables desde los CIAs hasta las granjas, siempre manteniéndose refrigeradas. Dado el tamaño y la topografía de la República Argentina, este proceso se convierte en un factor crítico, ya que las dosis pueden recorrer largas distancias antes de llegar a su destino. Una vez en las granjas, el semen debe ser controlado adecuadamente antes de la inseminación, aunque esto no siempre ocurre debido a la ausencia del equipamiento necesario. El desarrollo de sistemas portátiles, como el Análisis de Semen Asistido por Computadora (CASA), ofrecería una evaluación precisa y eficiente de la calidad del semen realizada por un software, lo que garantiza resultados reproducibles e independientes del operador [13].

En este contexto, se presenta el desarrollo de un Observatorio 360° de la producción porcina con tecnología de vanguardia de origen nacional, creada por el sector científico-académico, para fortalecer la industria. El mismo se compone del desarrollo de interfaces, algoritmos, modelos y sistemas portátiles que permiten almacenar, analizar y evaluar información relacionada con el proceso productivo en todas sus etapas. Por lo tanto, el objetivo es la investigación y desarrollo de un sistema para la gestión de la producción porcina que ofrezca un conjunto de servicios para garantizar una supervisión precisa, segura y en tiempo real de todos los datos técnico-productivos de los establecimientos vinculados. El observatorio no se limita únicamente a la recopilación y gestión de información, sino que también sirve como base para la obtención inteligente de conocimiento del ciclo de producción porcina en el país. En un panorama global cada vez más complejo, esta plataforma se posiciona como un aliado estratégico para optimizar la gestión y desbloquear nuevos niveles de eficiencia en la producción porcina.

2 Líneas de Investigación que aborda el Observatorio

El desarrollo e investigación inicial se centra en la recolección de información relacionada con el ciclo de la producción porcina. Esto considera la automatización de procesos, así como la definición de nuevos formatos estandarizados para la digitalización de la información que no es recolectada aún como parte de los procedimientos actuales. Para ello se prevé una fase de análisis, de diseño, de implementación y de evaluación. La sistematización a través del observatorio permitirá tener una visión global del ciclo porcino que va desde la inseminación artificial hasta el consumo teniendo en cuenta variables ambientales y sanitarias.

El observatorio contará con las siguientes componentes que integran el sistema:

Gestión integrada CIAs/ Granjas: gestiona información que describe ubicación geográfica y alfanumérica de cada CIAs y/o granjas. Además se adiciona información hidroclimatológica, información cartográfica oficial, información a demanda de características terrestres próximas a cada CIAs/granja proveniente del procesamiento de imágenes satelitales. Esto permitirá contar con ubicación, caminos rurales, caminos de tierra, rutas, estado de la vegetación, temperatura, humedad y otras variables que pueden afectar la calidad de la muestra de semen porcino cuando es transportada a destino.

Análisis automatizado de semen: permitirá evaluar la calidad del semen fresco y las dosis seminales obtenidas (tanto en CIAs como en granjas), para una gestión de la información de los procesos de inseminación artificial desde la producción a través del uso de semen porcino hasta la etapa de distribución. Esto incluye el registro de la cantidad y motilidad espermática. Además, se podrán incorporar, análisis genéticos y todo tipo de información que las centrales de producción consideren automatizar. El recuento espermático y la evaluación de la motilidad se realizará utilizando métodos de procesamiento de imágenes y aprendizaje de máquina. La importancia de la evaluación de los espermatozoides utilizando sistemas automatizados radica en obtener análisis confiables y objetivos del semen fresco para luego preparar dosis seminales de excelente calidad, también para el control de las dosis compradas antes de su utilización, además de generar un registro que permita optimizar las inseminaciones y tasas de parto. En esta etapa la plataforma deberá ser capaz de procesar en línea videos de espermatozoides de porcinos a partir de un sistema CASA compuesto por un equipamiento portátil con integración en la nube.

Gestión Sanitaria: permitirá recopilar y analizar información de medidas de bioseguridad, enfermedades, bienestar animal y farmacológicos antimicrobianos. Cada central de autoproducción o granja podrá acceder a la plataforma y registrar los datos que produce.

Gestión Ambiental: prevé el registro y análisis geoespacial de factores relacionados con el medio ambiente como ubicación de las centrales o granjas, huella ambiental y de carbono, entre otros.

Obtención Inteligente del Conocimiento: se planea la obtención de analíticos relacionados con la producción porcina que permitan obtener conocimiento que pudiese ser aplicado en posteriores producciones, en procesos productivos sostenibles o en casos de manejo de enfermedades.

3 Resultados preliminares

Estudio de Factibilidad y Plataforma propuesta

La factibilidad para abordar el desarrollo de la plataforma fue a través de la evaluación de los potenciales clientes. Para ello se entrevistó y recopiló información de 5 centros de inseminación artificial (CIAs), 22 centros de inseminación artificial/granjas (CIAG) y 17 granjas (G) distribuidos en el territorio Argentino. La morfología y motilidad de los espermatozoides se analiza y evalúa de manera subjetiva a partir de una inspección visual en los 44 centros. Solo el 13% posee sistemas automatizados para la evaluación del semen. El 82% de los entrevistados considera el análisis de semen como un problema. Sin embargo, el 83 % manifestó que una plataforma de este tipo ayudaría a optimizar la preparación y control de las dosis seminales y llevar un registro que permita optimizar las inseminaciones y tasas de parto, con una mejora en la producción importante.

Análisis Seminal

Para estudiar la motilidad de los espermatozoides porcinos se armó un dataset de videos con diferentes tipos de motilidad especificados por los expertos. Los videos fueron procesados para obtener los bioindicadores de conteo de células móviles y presencia/ausencia de motilidad. Los resultados preliminares permiten detectar trayectorias de movimiento circular o en forma de estrellas para la mayor cantidad de espermatozoides, para luego determinar el recuento y el porcentaje de espermatozoides motiles.

4 Conclusión y Discusión

El observatorio para la gestión de la producción porcina se espera que mejore la eficiencia y la seguridad en comparación con los métodos actuales mediante la automatización de procesos, la recopilación y análisis de datos en tiempo real, y la integración de tecnologías de punta. La automatización de procesos como la clasificación de cerdos antes de la comercialización puede reducir el tiempo y los recursos necesarios, aumentar la producción de carne por pie cuadrado y mejorar la precisión en la clasificación. La toma de registro de datos de la actividad porcina puede ayudar a llevar el control y la planificación de los sistemas productivos, y a detectar y resolver problemas en las unidades de producción. La integración de tecnologías como la inseminación artificial, manejo eficiente de dosis seminales, control funcional de los espermatozoides y registros posteriores de los resultados, pueden hacer más eficiente el mane-

jo en las granjas con mejores resultados en la producción para el mercado interno y externo. Además, la plataforma permitirá por e-learning capacitar a distancia al personal en el uso y manejo de estas tecnologías como todo lo relacionado al manejo y manipulación de dosis seminales, cuidados de bioseguridad y sanidad animal entre otros temas.

Referencias

1. Fenoglio, D. 2009. El impacto de la apertura económica sobre la producción porcina argentina. Tesis de Magister. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.
2. Paliouff C y Gornitzky CM. 2013. Instalaciones porcinas para productores familiares. Ediciones INTA.
3. Manual de Porcinos - Argentina.gob.ar. La producción primaria de la cadena porcina.
4. El impacto de la apertura económica sobre la producción porcina argentina. Contexto Regional. Disponible en <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/489/1/doc.pdf>
5. Manual de Porcinos - Argentina.gob.ar. (n.d.). Perspectivas actuales de la producción porcina.
6. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LA ESPECIE PORCINA - CIAP. La I.A.P como herramienta para mejorar la eficiencia reproductiva porcina.
7. Knox R V. 2016. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology* Jan 1;85:83–93.
8. Parks JE, Lynch D V. 1992. Lipid composition and thermotropic phase behavior of boar, bull, stallion, and rooster sperm membranes. *Cryobiology* 29:255–66.
9. Waberski D, Riesenbeck A, Schulze M, Weitze KF, Johnson L. 2019. Application of preserved boar semen for artificial insemination: Past, present and future challenges. *Theriogenology* 1;137:2–7.
10. Yeste M, Rodríguez-Gil JE, Bonet S. 2017. Artificial insemination with frozen-thawed boar sperm. *Mol Reprod Dev* 84:802–13. Gadea J. 2003. Review: semen extenders used in the artificial insemination of swine. *Spanish J Agric Res*. Jun 1;1(2):17.
11. García-Molina A, Valverde A, Bompart D, Caldeira C, Vendrell A, Soler C. 2020. Updating semen analysis: a subpopulation approach. *Asian J Androl*. Jan-Feb;22(1):118-119.