DESAFÍO UNIVERSIDAD - EMPRESA

Esta necesidad tecnológica forma parte del Concurso de Proyectos de I+D+i y/o consultoría en colaboración Universidad – Empresa "Desafío Universidad Empresa" 2026 organizado por la Fundación Universidades y Enseñanzas Superiores de Castilla y León.

TÍTULO DE LA DEMANDA TECNOLÓGICA A RESOLVER

Referencia:

NT10

Título de la demanda tecnológica propuesta

Detección de verracos subfértiles mediante biomarcadores seminales

Acrónimo:

BIOSEM.

Áreas de interés de la demanda tecnológica

(Principal) Agroalimentario: agricultura, ganadería e industria alimentaria

Resumen:

El objetivo principal de la demanda es la detección de verracos subfértiles en los centros de inseminación artificial, utilizando análisis espermáticos novedosos centrados en la utilización de nuevos biomarcadores. Para ello será necesario identificar biomarcadores estables seminales que se puedan identificar mediante técnicas específicas y que discriminen entre verracos de alta y baja fertilidad. El objetivo final será calcular el valor predictivo de la técnica en cuanto a su relación con el "Direct boar effect" (efecto estadístico del macho en la fertilidad y prolificidad) y con la mejora en la producción.

PALABRAS CLAVE: Verracos; subfertilidad; análisis seminal; prolificidad; producción.

DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD DEMANDADA

1.- Descripción de la demanda tecnológica.

La industria porcina se basa en la utilización de la inseminación artificial con dosis de verracos seleccionados por su genética y alojados en centros de inseminación (CIAs). Para mantener una alta eficiencia y productividad es preciso que estas dosis sean de la máxima fertilidad, lo cual no siempre es posible debido a las variaciones naturales entre los machos y a diversos factores difíciles de controlar. Cuando la variación se debe al macho, a menudo resulta en subfertilidad de por vida, la cual sería muy interesante de detectar antes de que el macho entre en producción. Por esta razón, se requieren técnicas de evaluación del verraco que detecten esta subfertilidad cuanto antes, de manera precisa y rápida. Actualmente, nuestros centros evalúan

a los nuevos verracos mediante un conjunto de parámetros morfológicos, comportamentales y seminales, que permiten descartar a los menos aptos o que previsiblemente resultarán en subfertilidad.

No obstante, los procedimientos actuales no son suficientes y detectamos rutinariamente una proporción baja pero significativa de machos subfértiles, una vez que estos llevan meses en producción de dosis seminales y, por tanto, resultando en un número de lechones en las granjas de productoras menor al óptimo. Considerando los avances en el análisis del semen porcino, planteamos añadir nuevos parámetros a nuestro panel de evaluación de los nuevos verracos. Por tanto, sería muy deseable contar con uno o varios biomarcadores novedosos, posiblemente moleculares, que pudiesen ser analizados en las muestras de semen obtenidas durante la evaluación inicial de nuestros verracos que pudiesen mejorar la sensibilidad en la detección de la subfertilidad.

2.- Antecedentes.

La producción porcina es una actividad económica clave en la industria española, con una clara vocación exportadora, que ha sufrido una significativa tecnificación y profesionalización en los últimos años. Por otra parte, la vocación exportadora y la globalización de la producción obligan al sector a una mejora continua para mantener su competitividad. (Barómetro Porcino INTERPORC, Subdirección General de Productos Ganaderos, MAGRAMA, documento de trabajo).

La inseminación artificial en la especie porcina es una técnica ampliamente usada en España desde hace más de treinta años, y generalizada en el mundo. Los machos seleccionados de entre los mejores genéticamente son alojados en centros de inseminación (CIAs) altamente especializados, que cuentan con tecnología y medidas de bioseguridad que pretenden asegurar el potencial fértil de las dosis seminales que comercializan de forma segura e inocua para las granjas receptoras. Más del 60% de las dosis utilizadas en España provienen de estos centros de inseminación, que son mayoritariamente responsables, además, de la distribución de las empresas de genética.

La selección y el avance genético se realizan primordialmente a través de la selección de las habilidades maternales en los verracos, conocidos coloquialmente como abuelos y bisabuelos. El tiempo que transcurre entre el nacimiento de un verraco y su uso efectivo como reproductor suele estar entre los 7 y los 10 meses. Debido a la relativamente rápida gestación de la cerda (115 días), a las numerosas camadas obtenidas por año (alrededor de 2,4), a la alta prolificidad conseguida en esta especie (más de 12 lechones nacidos por parto), y a la alta presión de selección genética realizada sobre esta especie, en el tiempo que un reproductor alcanza el CIA y comienza su vida reproductiva, ya han nacido reproductores genéticamente mejorantes. Además, el tiempo de estancia medio de un reproductor genéticamente mejorante en un CIA está entre 6 y 10 meses (entre los 13 y 17 meses de vida) lo que obliga a los CIAs a trabajar con animales por naturaleza subproductivos, ya que la curva de producción seminal de un verraco es una sigmoide que alcanza su meseta superior aproximadamente a los 16 meses de vida (Colenbrander y cols., 1993).

En este sentido, seleccionar eficientemente a los reproductores en edades tempranas, prediciendo no sólo la calidad y cantidad espermáticas, sino también la vida productiva del verraco, expresada en términos de días improductivos (períodos de mala calidad espermática por diversas causas) y causas de renovación, es un factor crítico para el éxito de un programa de mejora genética.

Por otra parte, el coste de producir un verraco es cada vez mayor, debido al lógico incremento del coste de la vida, pero también a la aplicación de diversas biotecnologías tales como la genómica, alimentación automática y seguimiento individualizado computerizado, ultrasonografía de grasa dorsal y pesaje de cada individuo en granja varias veces durante su crecimiento, necesarias para mantener la alta exigencia del mercado español e internacional. No obstante, el precio de carne y específicamente de la dosis de semen refrigerado de IA no se ha incrementado significativamente desde hace más de 20 años. Este hecho hace que debamos buscar una eficiencia máxima en cada apartado de la producción, incluyendo la de los CIAs y el número de verracos alojados en ellos. Por este motivo, es esencial poder identificar a los mejores reproductores, no sólo en base a su potencial genético sino también en base a su capacidad fértil, antes de que sean incluidos en los CIAs.

En los CIAs, los eyaculados son sometidos a exámenes rutinarios de contrastación seminal que contemplan la evaluación subjetiva de la motilidad, la concentración espermática, la carga bacteriológica y el porcentaje de morfoanomalías. Sólo los eyaculados que superan un exigente umbral de calidad son destinados a la producción de dosis seminales para la IA. La mezcla de eyaculados de varios individuos es práctica habitual en la elaboración de dosis seminales, enmascarando la presencia de verracos sub-fértiles que superan el umbral de calidad espermática (Ferreira y cols, 2014). Sin embargo, en los verracos destinados a programas de mejora genética esta práctica no se realiza, con lo cual se pueden evidenciar situaciones reproductivas en granja que denotan la presencia de verracos sub-fértiles.

Además, la sub-fertilidad es más una característica individual que de raza o de línea genética (Foxcroft y cols., 2010; Flowers, 2013). La temprana identificación de estos verracos sub-fértiles es actualmente un reto para la industria porcina por la repercusión productiva y económica que estos verracos tienen tanto para la granja como para el CIA. Un ejemplo de ello se muestra en el trabajo publicado por Roca y cols. en 2015, indicando que si se eliminara el 10% de los verracos menos fértiles (sub-fértiles) se obtendrían 223 lechones más por cada 100 cerdas inseminadas o lo que es lo mismo, el equivalente económico de más de 10000 euros por año para una granja de 1000 madres en producción. Además, el uso de nuevos procedimientos de IA que conllevan una drástica reducción del número de espermatozoides necesarios por dosis de IA, agrava esta situación, ya que se inseminan un mayor número de cerdas por verraco y las pérdidas potenciales ocasionadas por un verraco sub-fértil se magnifican. Esta realidad implica que los CIAs deben complementar los actuales análisis rutinarios de calidad espermática con otros más selectivos que les permitan una mejor selección de los eyaculados destinas a la IA o, alternativamente, detectar de manera precoz los verracos sub-fértiles, a ser posible antes de su entrada como reproductores en los CIAs.

3.- Posibles enfoques del proyecto de investigación.

Basándonos en la bibliografía existente, a continuación, proponemos posibles técnicas o análisis alternativos a los existentes en la actualidad, que podrían formar parte del proyecto de investigación. En general, diversos autores han propuesto biomarcadores que superan los actuales análisis macro o microscópicos, o los análisis tradicionales como la concentración del eyaculado o la evaluación de formas anormales. Dentro de estos biomarcadores novedosos, hemos encontrado como interesantes para desarrollar en este proyecto:

• Biomarcadores proteicos: se han propuesto diversas proteínas en el espermatozoide y en el plasma seminal que podrían estar relacionadas con la fertilidad del macho. Por ejemplo, Ausejo-Marcos et al. (2025) propuso la forma proteolizada de PARP-1 (cPARP), Barranco et al. (2015) la paraoxonasa 1 (PON1), Garriga et al. (2022) la proteína del choque térmico 70 (HSP70) y Llavanera et al. (2021) la glutatión S-transferasa 1 (GSTP1) en el espermatozoide. Otros autores han propuesto proteínas presentes en el fluido seminal, como la enzima antioxidante glutatión peroxidasa 5 (GPX5) (Barranco et al., 2016) o la hormona antimülleriana (Barranco et al., 2020).

• Biomarcadores de ARN mensajero: el ARNm de ciertas subunidades CatSper y del canal TRPC se han asociado con una mejor respuesta del espermatozoide a procesos clave, como la capacitación (Lacalle et al., 2022). Otros ARNm como el de MYC, CYP19, ADAM2 y protaminas 1 y 2 se han asociado a un mejor resultado en pruebas de fecundación in vitro (Hwang et al., 2013). Los ARNm de otras proteínas implicadas en la fusión entre gametos, fecundación o espermatogénesis, como CD9, PLCζ y COX-2 podrían ser más abundantes en semen de verracos con mayor fertilidad (Kaewmala et al., 2011, 2012)

• Biomarcadores de ARN pequeños no codificantes: los micro ARNs (miRNAs) parecen ser biomarcadores prometedores en espermatozoides. Hay estudios destacando miRNAs concretos relacionados con calidad seminal (Curry et al., 2011; Zhao et al., 2024). Otros ARNs no codificantes de interés son los PIWI-interacting RNAs (piRNAs), relacionados con la espermatogénesis y que igualmente se han relacionado con la calidad seminal (Ablondi et al., 2021). Los ARN circulares (circRNAs) se han detectado en semen de verraco, difiriendo entre eyaculados de alta y baja movilidad (Gòdia et al., 2020).

• Biomarcadores basados en vesículas extracelulares del semen: las vesículas extracelulares son estructuras membranosas que han atraído gran atención en los últimos años como sistemas de comunicación entre células y que tienen un papel sumamente importante en el tracto reproductor masculino y femenino (Fazeli et al., 2025). Contienen una carga lipídica, proteica y de ARN no codificante con la que unas células influyen en la función de otras. Parece ser que el estudio de su proteoma y transcriptoma podría mostrar nuevos biomarcadores para el semen porcino (Barranco et al., 2026). Algunos trabajos han mostrado que la incubación de semen con vesículas extracelulares de diversos orígenes modificarían la calidad seminal y los resultados de fertilidad (Moya-Fernández et al., 2025; Dlamini et al., 2025).

• Biomarcadores basados en metabolómica y lipidómica: determinadas rutas metabólicas podrían estar relacionadas con la fertilidad espermática, reflejándose en la presencia de ciertos metabolitos y lípidos. Algunos estudios han relacionado metabolitos en semen de verraco que indicarían una mayor predisposición a la conservación seminal (Kameni et al., 2025; Huang et al., 2026; Yamsrikaew et al., 2026). Algunos metabolitos podrían diferir con la edad o dependiendo de la época del año, tal vez relacionándose con el potencial fértil (Barranco et al., 2013; Dlamini et al., 2025).

En general, la evaluación de estos biomarcadores en semen debería ser rápida y resultar en un incremento en la sensibilidad en la detección de la subfertilidad en los verracos. En función del tipo de la técnica, nuestra empresa podría considerar el uso de servicios analíticos externos o la actualización de nuestros actuales laboratorios para incorporar estos nuevos biomarcadores, principalmente si la rapidez de los resultados permitiese tomar decisiones fiables antes de que los verracos entren en producción.

4.- Enfoques sin interés.

Técnicas basadas en análisis de imagen (movilidad, morfoanomalías), concentración o producción espermática, evaluación subjetiva o macroscópica del eyaculado. Nuestra empresa tiene una amplia experiencia en estas técnicas y no las considera para resolver el problema. Tampoco se consideran interesantes las aproximaciones basadas en GWAS (genome wide association studies) o similares, estudios epigenéticos o evaluación de la cromatina espermática para el presente proyecto.

Si desea remitir una propuesta de solución tecnológica *(proyecto de investigación y/o consultoría)* ***deberá enviar el formulario de participación*** *(ANEXO II), descargable en* ***www.redtcue.es/desafio*** ***a una de las direcciones de correo electrónico que se indican en las bases del concurso antes del 18/12/2026***

Acceso a información general del concurso