

Situación actual de la inseminación artificial porcina

La inseminación artificial ha permitido que el sector porcino alcance los niveles actuales de producción cárnica mundial, además de facilitar el trabajo en las granjas, el avance de la mejora genética de los reproductores y reducir la transmisión de enfermedades de transmisión sexual.

Falceto, M.V., Mitjana, O. y Suárez, A.

Servicio de Asesoría y Diagnóstico Reproductivo porcino (SARPORC)

Departamento de Patología Animal

Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza

Haz click aquí para escuchar la versión *podcast* de María Victoria Falceto



En los últimos años, la tendencia actual en el sector porcino ha sido disminuir el número de espermatozoides en las dosis seminales utilizadas en la inseminación artificial. Esto ha sido posible gracias a la técnica poscervical, que deposita el semen directamente en el cuerpo del útero. Sin embargo, dada la dificultad en saber cuál es el momento de la ovulación durante el celo, habitualmente se realizan varias inseminaciones para asegurar la máxima fertilidad y prolificidad de la cerda.

El reto actual es disminuir el número de dosis seminales utilizadas en cada celo. Esto solo se puede conseguir mejorando los métodos de detección del celo y profundizando en el conocimiento de la duración y las características del mismo en cada granja. La ecografía ovárica puede ayudarnos a conocer mejor la dinámica folicular y luteal de las cerdas. Sin embargo, solo la inducción de la ovulación con agonistas de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) nos asegura la programación de una única inseminación artificial. Quizá los nuevos avances en investigación nos permitan en un futuro cercano realizar una sola inseminación utilizando semen encapsulado.



Introducción

La historia de la inseminación artificial porcina se remonta a 1930 en las granjas de Rusia, pero no fue hasta los años setenta y ochenta del siglo pasado, cuando se logró que la inseminación artificial con semen refrigerado desplazara progresivamente la cubrición natural en la mayoría de las granjas de porcino.

Sin la inseminación artificial, el sector porcino no hubiera alcanzado los actuales niveles de producción mundial de carne de cerdo que intentan satisfacer las necesidades proteicas de una población mundial en continuo crecimiento. La inseminación artificial no solo ha facilitado el trabajo en las granjas porcinas, sino que, además, ha permitido el avance de la mejora genética de los individuos reproductores. A diferencia de la monta natural, esta técnica permite inseminar entre 20 y 60 cerdas con el eyaculado de un solo verraco, favoreciendo una difusión más rápida del progreso genético.

La elevada bioseguridad sanitaria de los centros de inseminación ha minimizado la transmisión de enfermedades por vía venérea a las cerdas inseminadas.

Requisitos previos a la inseminación

Higiene

La higiene durante la inseminación es fundamental para prevenir las enfermedades uterinas. Antes de la inseminación es necesario limpiar la vulva con toallitas desechables humedecidas en un desinfectante no espermicida para evitar introducir microorganismos en el aparato genital al colocar el catéter.

Detección del celo

La detección del celo es la fase previa a la inseminación y debe ser lo más correcta posible. Su finalidad es conocer el principio y el final del celo. Es una de las tareas más importantes de la granja y debe ser realizada por personal con formación específica ayudado por los machos recela. Los machos deben ser manejables y con alto deseo sexual. Se debe recelar todos los días a todas las hembras de la granja, una o dos veces al día. Nunca se debe inseminar hembras que no presenten el reflejo de inmovilidad.

Calidad seminal

Hasta hace pocos años, el análisis de la calidad seminal para la preparación de las dosis seminales se reducía al registro del volumen, una evaluación subjetiva de la motilidad y la concentración espermática medida en cámaras de recuento celular. En los últimos años, los centros de inseminación cuentan con sofisticados



Mr. Worawut Saewong/shutterstock.com

programas informáticos asociados al microscopio que permiten un análisis preciso y repetible de todos los eyaculados, mediante la evaluación de forma rápida y objetiva de la motilidad, la concentración y la morfología espermática. Estas técnicas permiten obtener dosis seminales con mejor calidad de los espermatozoides.

Uso de catéteres en granja

La esterilización de catéteres requiere tiempo, equipos especiales y una formación específica y por ello se sustituyeron en la granja por catéteres desechables tras un solo uso. Otro logro con respecto a la higiene ha sido el uso de catéteres envasados individualmente. Todo este material desechable presenta el inconveniente de aumentar la contaminación ambiental. Por ello, actualmente se está investigando para conseguir catéteres de material biodegradable con la finalidad de reducir el uso de plástico en las granjas.



krumanop/shutterstock.com

Sin duda, la calidad del semen durante la inseminación es fundamental y solo cuando es excelente puede disminuirse la concentración espermática de las dosis seminales utilizadas en las granjas. Este es uno de los retos en los que se está trabajando en los centros de inseminación.

Técnicas de inseminación

Una perfecta técnica de inseminación es la clave del éxito reproductivo. La inseminación artificial deposita los espermatozoides directamente en el aparato genital de la cerda mediante el uso de catéteres y dosis seminales, con la finalidad de conseguir la gestación. Existen tres técnicas de inseminación artificial: intracervical, intrauterina poscervical e intrauterina profunda.

Las técnicas intrauterinas requieren la máxima higiene durante la inseminación ya que depositan el semen directamente en el útero, mientras que en la inseminación intracervical el cérvix representa una importante barrera frente a la entrada de gérmenes.



Thuwanan Krueabudda/shutterstock.com

1 Inseminación intracervical

La inseminación artificial intracervical deposita los espermatozoides en el cuello del útero de la cerda, al igual que hace el macho durante la cubrición natural. Su uso en las últimas décadas del siglo XX sustituyó por completo la monta natural en el sector porcino del cerdo blanco y actualmente la está sustituyendo progresivamente en la cría del cerdo Ibérico en España.

Es una técnica tradicional, conocida por todos, que obtiene buenos resultados productivos. Los catéteres de espiral se introducen suavemente en el cérvix rotando en sentido contrario a las agujas del reloj; los de esponja o multianillas se introducen directamente sin rotación.

Al introducir dosis seminales voluminosas (80-100 ml), con elevado número de espermatozoides (3.000 millones de espermatozoides) en un tiempo de inseminación largo de 3-8 minutos, la cerda va succionando poco a poco desde el cérvix el semen hacia el útero. La presencia del macho recela durante la inseminación ayuda en este cometido. Al finalizar, podemos dejar el catéter insertado durante unos minutos antes de retirarlo de la cerda, cerrándolo con el tapón antireflujo.

2 Inseminación intrauterina poscervical

Es la técnica más utilizada en la actualidad en las granjas de España. Desde comienzos de este siglo, la inseminación tradicional está siendo progresivamente desplazada por la inseminación poscervical. Esta nueva técnica ha sido determinante para mejorar la difusión genética de los reproductores. Además, puede llegar a disminuir el coste de mano de obra en un 4,66 % y del semen en un 16,18 % (Bolarin, 2016).

Si inmediatamente después de la inseminación aparece abundante reflujo vulvar debe repetirse la inseminación. Si el reflujo es escaso y tardío se considera fisiológico.

La inseminación poscervical deposita el semen directamente en el cuerpo del útero a través de una cánula que atraviesa el interior de un catéter intracervical. Al no tener que atravesar los espermatozoides la barrera del cuello uterino, esta técnica permite utilizar menos de la mitad del volumen y del número de espermatozoides por dosis seminal. Por tanto, con un eyaculado se puede inseminar en el doble de cerdas multíparas que con la técnica intracervical, sin afectar negativamente al rendimiento productivo de la granja.

Para reducir el tiempo de inseminación por cerda, se recomienda retirar al macho durante la inseminación para que el cuello uterino de la hembra esté más rela-

Aparato genital de la cerda

El aparato genital de la cerda joven no presenta el mismo desarrollo que una hembra adulta. Por ello, en un principio se pensó que la técnica poscervical no era adecuada para cerdas nulíparas e incluso para primerizas. Actualmente existen catéteres diseñados para estas edades y la técnica funciona con los mismos resultados productivos.

jado y la sonda poscervical lo atraviese fácilmente hasta el cuerpo del útero. El tiempo de aplicación de la dosis seminal por cerda es de solo 1 minuto. Si la técnica es correcta no debería haber reflujo. Si lo hay, se debe sacar y recolocar correctamente el catéter antes de continuar con la inseminación. El catéter se retira de la cerda inmediatamente tras la inseminación.

3 Inseminación intrauterina profunda

La inseminación intrauterina profunda deposita el semen al final de un cuerno uterino y por lo tanto requiere menos de la mitad de espermatozoides que la técnica poscervical. Aunque esta técnica no suele utilizarse en las granjas comerciales al ser más laboriosa y utilizar un catéter más caro.

Esta técnica es muy útil cuando se utiliza semen congelado en programas de selección genética.

Número de inseminaciones por cerda en celo

Los mejores rendimientos de fertilidad y prolificidad se producen durante las horas previas a la ovulación. Los espermatozoides se mantienen fecundantes durante 24 horas y los ovócitos durante 6-8 horas. Si se insemina antes o después de ese momento, los gametos están envejecidos cuando se encuentran en el oviducto. En estas situaciones, lo más probable es que la cerda no quede preñada o que se reduzca la supervivencia embrionaria y el tamaño de la camada.



El celo de la cerda dura entre 1 y 3 días y habitualmente se inseminan varias veces durante el mismo, con un intervalo de 24 horas, desde que la cerda muestra inmovilidad ante la presencia del macho recela hasta el final del estro. El objetivo es intentar que una de esas inseminaciones se aproxime lo máximo posible al momento de la ovulación.

Las inseminaciones en una hembra deben acabar siempre cuando finaliza el reflejo de inmovilidad. A veces, en algunas granjas, se fuerza una tercera o cuarta inseminación. Incluso podría llegar a sobrar la segunda inseminación cuando se ha retrasado la primera por un fallo en la detección del celo. Debemos tener presente que las inseminaciones tardías pueden dar lugar a descargas vulvares, repeticiones de celo y por tanto a infertilidad. No se recomienda inseminar más de dos veces durante el celo de la cerda.

Sin duda, uno de los retos actuales de la producción porcina es reducir el número de inseminaciones por cerda en celo y así poder inseminar más hembras con cada eyaculado recogido de los verracos genéticamente seleccionados. Además, reducir el número de inseminaciones disminuye el sobreesfuerzo de los operarios y los gastos.

La media de inseminaciones por hembra en celo en España es de 2,4, aunque es lo más probable es que solo una de las dosis seminales fecunde a la cerda.

Estimación del momento de la ovulación

Para disminuir el número de inseminaciones durante el celo de la cerda es necesario conocer el momento de la ovulación.

Pese a que se han estudiado muchos métodos para identificar el momento de la ovulación, hasta la fecha no se ha encontrado una solución eficaz, barata y fácil de utilizar por el personal de la granja. Las técnicas estudiadas hasta ahora están basadas en variaciones a lo largo del celo de diferentes parámetros: niveles hormonales de hormona luteinizante (LH), citología vaginal, resistividad del moco vaginal, temperatura de la vulva, ecografía ovárica, etc.

Una perfecta programación de las inseminaciones en la granja según la edad y el día de salida en celo después del destete son la clave del éxito reproductivo.

Una técnica muy utilizada actualmente en las granjas es estimar la ovulación basándose en la duración media del celo en las cerdas multíparas. Para ello hay que anotar la duración del celo de las cerdas de una granja durante un periodo de tiempo. Teniendo en cuenta que la ovulación ocurre una vez ha transcurrido el 70 % del tiempo del celo (Kirkwood y Kauffold, 2015), se estima la ovulación con respecto a la media obtenida de duración del celo de la granja. La inseminación se recomienda 8-12 horas antes de la ovulación estimada. El fundamento es que el momento de inicio del celo y su duración, suelen ser semejantes en las hembras de un mismo grupo, como respuesta a los factores comunes que comparten en la granja: genética, alimentación, iluminación, temperatura, humedad, ventilación, bienestar, manejo de los machos recela, etc. Sin embargo, no hay que olvidar que la estimación está basada en una información que puede ser subjetiva dependiendo de la formación de los operarios.



Agus Lab/shutterstock.com

Ecografía ovárica

Sin duda, el diagnóstico mediante ecografía ovárica es absolutamente preciso, pero presenta la desventaja de que requiere personal altamente cualificado y mucho tiempo de evaluación de las cerdas en la granja. Los actuales equipos de ecografía abdominal permiten comprobar si las pautas habituales de inseminación utilizadas en cada explotación porcina son adecuadas al momento de la ovulación. El seguimiento del crecimiento folicular ovárico se realiza cada 6-12 horas desde el inicio del celo hasta que los folículos alcanzan el tamaño preovulatorio. La ovulación se detecta al desaparecer del ovario los folículos grandes y aparecer los cuerpos *rubrum*.



Generalmente, en las granjas en las que se recela dos veces al día, se puede reducir el número de inseminaciones dejando pasar 24 horas desde la detección del celo hasta la primera inseminación en aquellas hembras que salen en celo antes de los cuatro días del destete.

Inseminación única a tiempo fijo

La ventaja principal de la inseminación única es que facilita la utilización de semen de un solo padre por celo de la cerda o incluso por lote de cerdas inseminadas, difundándose ampliamente las características genéticas del verraco seleccionado. Es necesario un manejo óptimo de la técnica de inseminación y una excelente calidad de las dosis seminales utilizadas.

Otras ventajas de la inseminación única son: la reducción del tiempo y la mano de obra empleada para la inseminación artificial, la disminución del coste de los catéteres y una menor contaminación ambiental con residuos plásticos. Además, saber planificar una inseminación única es una solución muy útil en caso de aparición de una contingencia que dificulte el acceso de la granja a las dosis seminales, por ejemplo, por un fallo en la producción en los centros de inseminación suministradores.

Ventajas de la inseminación única a tiempo fijo

- ✓ Amplia difusión de las características genéticas del verraco seleccionado.
- ✓ Reducción del tiempo y la mano de obra empleada.
- ✓ Disminución del coste de los catéteres.
- ✓ Menor contaminación ambiental con residuos plásticos.
- ✓ Mejora la planificación ante posibles imprevistos.

Actualmente existen dos tecnologías diferentes para realizar una sola inseminación por cerda en celo. La primera, en plena difusión comercial, es la inducción hormonal de la ovulación con análogos de la GnRH acompañada de inseminación única a tiempo fijo. La segunda, todavía en investigación, es la utilización de una dosis única de semen encapsulado, que se libera lenta y secuencialmente a lo largo del celo, asegurando que haya espermatozoides en el oviducto en el momento de la ovulación.



PrettyVectors/shutterstock.com

Sincronización hormonal de la ovulación

La inducción y sincronización hormonal de la ovulación permite predecir el intervalo de tiempo que transcurre desde la administración de la hormona hasta el momento de la ovulación, pudiendo programar una única inseminación unas 10-12 horas antes de la misma. Este tiempo permite a los espermatozoides capacitarse y esperar a los ovocitos para poder fecundarlos inmediatamente tras la ovulación. Se puede utilizar gonadotropina coriónica humana (hCG), LH porcina y análogos de la GnRH: buserelina, triptorelina, etc. Actualmente en España esta comercializada la buserelina.

Son muchas las ventajas que se obtiene con la inseminación única a tiempo fijo:

- ✓ Organizar mejor el trabajo de la granja.
- ✓ Inseminar todas las cerdas del lote con el mismo padre disminuyendo la variabilidad del peso al nacimiento entre las camadas.
- ✓ Agrupar más los partos, al ovular todas las cerdas a la vez.
- ✓ Permite acelerar el progreso genético al inseminar más cerdas con el semen del mismo verraco.

Utilización de dosis seminales con espermatozoides encapsulados

El uso de una sola inseminación artificial con espermatozoides encapsulados asegura que haya gametos masculinos viables en el oviducto en el momento de la ovulación. Los espermatozoides se albergan en una red matricial y mantienen íntegra su estructura celular y su funcionalidad durante su conservación a 15 °C. Una vez inseminada la cerda, los espermatozoides a la temperatura de 38 °C se van liberando en el aparato genital de forma lenta y secuenciada. Esto permite su disponibilidad durante un mayor periodo de tiempo. Además, la cápsula protege los espermatozoides frente al reflujó vaginal, la fagocitosis uterina y previene la capacitación espermática prematura (Sánchez *et al.* 2014).

Perspectivas de futuro

Entre las técnicas más modernas de contrastación seminal cabe destacar la citometría de flujo, la separación de poblaciones espermáticas y técnicas de penetración espermática de ovocitos porcinos. En el futuro, estas pruebas y los estudios citogenéticos para identificar alteraciones cromosómicas se incorporarán al trabajo en el día a día de los centros de inseminación artificial porcinos (CIAP), lo cual permitirá una mayor optimización de los procesos y la predicción de la capacidad fecundante de los verracos.

Los resultados de futuras investigaciones podrán facilitar la incorporación a nivel comercial de la inseminación artificial con semen sexado. La selección del sexo de las camadas permitiría manejar los esquemas de selección,

desviándolos hacia un sexo u otro según las necesidades de cada granja. En este caso, sería imprescindible reducir costes mediante la inseminación única a tiempo fijo tras la inducción de la ovulación con agonistas de la GnRH.

La utilidad del semen congelado como reserva genética es indiscutible, pero a nivel práctico los resultados de fertilidad y prolificidad en porcino están por debajo de los obtenidos por inseminación artificial con semen refrigerado y el coste de las dosis congeladas es mucho mayor que las refrigeradas. Sin embargo, tener dosis congeladas en el CIAP es una garantía de servicio a las granjas en caso de entrada de enfermedad en el centro y sacrificio de todos los verracos. Además, permite transportar dosis seminales a todo el mundo de forma segura (Rodríguez-Gil y Estrada, 2013).



Bibliografía

- Araújo, É.B., Paulino, E., Helena, A., Lopes, G., Macedo, G.G., Antônio, T., Paula, R. De, 2009. Reproductive performance of sows submitted to intrauterine insemination. *Rev. Bras. Zootec.* 3598, 1460–1467.
- Ausejo, R., Mendoza, N., Dahmani, Y., Mitjana, O., Falceto, M. V, 2017. Effect of incidents associated to post-cervical artificial insemination on reproductive. *Bulg. J. Vet. Med.* 21, 1311–1477. <https://doi.org/10.15547/bjvm.1031>
- Bennemann, P.E., Milbradt, E., Diehl, G.N., Weber, D., Schmidt, A.C.T., Bernardi, M.L., 2004. Reproductive performance of sows submitted to intrauterine insemination at different pre-ovulatory intervals 3, 106–110.
- Bolarin A. (2016) Impacto económico de la inseminación post cervical en una granja. www.3tres3
- Bortolozzo, F.P., Maria, A., Goldberg, G., Wentz, I., 2008. How far is it possible to reduce the number of spermatozoa after intra- cervical insemination in swine without compromising fertility? *Acta Sci. Vet.* 36, 17–26.
- Bortolozzo, F.P., Menegat, M.B., Mellagi, A.P.G., Bernardi, M.L., Wentz, I., 2015. New Artificial Insemination Technologies for Swine. *Reprod. Domest. Anim.* 50, 80–84. <https://doi.org/10.1111/rda.12544>
- Dallanora, D., Mezalira, A., Katzer, L.H., Bernardi, M.L., 2004. Reproductive performance of swine females inseminated by intrauterine or traditional technique. *Pesq. agropec. bras* 39, 815–819.
- Dominiek, M., Alfonso, L.R., Tom, R., 2011. Artificial Insemination in Pigs. *In-Tech* 79–94.
- Falceto, M.V., Ubeda, JI., Calavia, M., Gomez, A.B., Collell, M., Jimenez, M., Menjon, R (2014) Single fixed time insemination in multiparous sows with an injection of Gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal) 6th European Symposium of Porcine Health Management. Sorrento, Italy 7-9 Mayo
- Falceto, M.V. (2015) Guías prácticas en producción porcina. Fisiopatología ovárica en la cerda. Editorial Servet. ISBN: 978-84-16315-44-4. DL: Z 1531-2015
- Falceto, M.V. (2018) Guías prácticas en producción porcina. Inseminación artificial y manejo hormonal de la cerda. Editorial Servet. ISBN: 978-84-17225-77-3. DL: Z 1113-2018
- Flowers, W.L., Deller, F., Stewart, K.R. Use of heterospermic inseminations and paternity testing to evaluate the relative contributions of common sperm traits and seminal plasma proteins in boar fertility. *Animal Reproduction Science.* Volume 174, November 2016, Pages 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.09.016>
- Fitzgerald, R.F., Jones, G.F., Stalder, K.J., 2008. Effects of intrauterine and cervical artificial-insemination catheters on farrowing rate and litter size. *J. Swine Heal. Prod.* 16, 10–15.
- García-Vázquez FA, Mellagi APG, Ulguim RR, Hernández-Caravaca I, Llamas-López PJ, Bortolozzo FP, 2019. Post-cervical artificial insemination in porcine: The technique that came to stay, *Theriogenology*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.004>.
- García-Vázquez FA, Llamas-López PJ, Jacome MA, Sarrias-Gil L, López Albors O. Morphological changes in the porcine cervix: A comparison between nulliparous and multiparous sows with regard to post-cervical artificial insemination. *Theriogenology.* 2019 Mar 15;127:120-129. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.01.004.
- Hernández-Caravaca, I., 2015. Productive output of post-cervical insemination in porcine. Study of sperm selection in the female genital tract through backflow analysis. Dr. Diss. Universidad de Murcia.
- Hernández-Caravaca, I., Izquierdo-Rico, M.J., Matás, C., Carvajal, J.A., Vieira, L., Abril, D., Soriano-Úbeda, C., García-Vázquez, F.A., 2012. Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Anim. Reprod. Sci.* 136, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.007>
- Hernández-Caravaca, I., Llamas-López, P.J., Izquierdo-Rico, M.J., Soriano-Úbeda, C., Matás, C., Gardón, J.C., García-Vázquez, F.A., 2017. Optimization of post-cervical artificial insemination in gilts: Effect of cervical relaxation procedures and catheter type. *Theriogenology* 90, 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.027>
- Kirkwood, R.N., Kauffold, J., 2015. Advances in Breeding Management and Use of Ovulation Induction for Fixed-time AI. *Reprod. Domest. Anim.* 50, 85–89. <https://doi.org/10.1111/rda.12524>
- Knox, R. V., 2016. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology* 85, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.07.009>
- Levis, D.G., Burroughs, S., Williams, S., 2001. Use of intra-uterine insemination of pigs: Pros, cons & economics. *Fac. Pap. Publ. Anim. Sci.* 618, 1–20.

- Llamas-López, P.J., López-Úbeda, R., López, G., Antinoja, E., García-Vázquez, F.A., 2019. A new device for deep cervical artificial insemination in gilts reduces the number of sperm per dose without impairing final reproductive performance. *J Anim Sci Biotechnol* 1, 1–9.
- Martínez, E.A., Vazquez, J.M., Roca, J., Cuello, C., Gil, M.A., Parrilla, I., Vazquez, J.L., 2005. An update on reproductive technologies with potential short-term application in pig production. *Reprod. Domest. Anim.* 40, 300–309. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2005.00593.x>
- Myromslien, FD, Tremoen, NH, Andersen-Ranberg, I, et al. Sperm ADN integrity in Landrace and Duroc boar semen and its relationship to litter size. *Reprod Dom Anim.* 2019; 54: 160– 166. <https://doi.org/10.1111/rda.13322>
- Nogueira, G., Wald, D., Filha, A., Kummer, R., Koller, F., Lourdes, M., Wentz, I., Pandolfo, F., 2006. Nova pipeta para inseminação intra-uterina em suínos New pipette for intrauterine insemination in pigs 179–185.
- Roca J, Vázquez JM, Gil MA, Cuello C, Parrilla I, Martínez EA (2006) Challenges in pig artificial insemination. *Reprod Domest Anim* 41:43–53.
- Roca J, Parrilla, I, Bolarin, A, Martínez, EA, Rodríguez-Martínez, H. (2016) Will AI in pigs become more efficient? *Theriogenology* 86 (1): 187-93.
- Roca, J., Parrilla, I., Rodríguez-Martínez, H., Gil, M.A., Cuello, C., Vazquez, J.M., Martínez, E.A., 2011. Approaches towards efficient use of boar semen in the pig industry. *Reprod. Domest. Anim.* 46, 79–83. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01828.x>
- Rodríguez-Gil, J.E y Estrada, E. (2013) Artificial Insemination in Boar Reproduction. En: Bonet, S., Casas, I., Holt, WV, Yeste, M. *Boar Reproduction*. Springer. pp: 589-607.
- Rozeboom, K.J., Troedsson, M.H.T., Molitor, T.W., Crabo, B.G., 2014. The effect of spermatozoa and seminal plasma on leukocyte migration into the uterus of gilts. *J. Anim. Sci.* 77, 2201–2206. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/1999.7782201x>
- Sánchez-Sánchez R, Morell J, Llamas, Torres Rovira L, Astiz S, Pérez Garnelo S, González A, de la Cruz P, Martín Lluch M, Carrascosa C y Gómez Fidalgo E. Encapsulación de semen de verraco, una nueva técnica de gran utilidad para la inseminación artificial (I). *Avances en Tecnología Porcina* 2013. n.º102, pp 55-60.
- Sánchez-Sánchez R, Morell J, Llamas, González A, de la Cruz P, Martín Lluch M, Carrascosa C y Gómez Fidalgo E. Encapsulación seminal de semen de verraco.(II) Resultados obtenidos en conservación seminal, transporte espermático y pruebas de inseminación. *Avances en Tecnología Porcina* 2014. Vol 11 n.º108, pp 52-58.
- Sbardella, P.E., Ulguim, R.R., Fontana, D.L., Ferrari, C. V., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P., 2014. The post-cervical insemination does not impair the reproductive performance of primiparous sows. *Reprod. Domest. Anim.* 49, 59–64. <https://doi.org/10.1111/rda.12224>
- Serret, C.G., Alvarenga, M.V.F., Cória, A.L.P., Dias, C.P., Corcini, C.D., Corrêa, M.N., Deschamps, J.C., 2005. Intrauterine artificial insemination of swine with different sperm concentrations, parities, and methods for prediction of ovulation. *Anim. Reprod. Sci.* 9, 250–256.
- Suárez-Usbeck, A., Mitjana, O., Tejedor, M. T., Bonastre, C., Moll, D., Coll, J... & Falceto, M. (2019). Post-cervical compared with cervical insemination in gilts: reproductive variable assessments. *Animal Reproduction Science*, 106207.
- Suárez, A.; Mitjana,O; Falceto, V. (2019) Inseminación artificial poscervical en cerdas Anaporc 168 Diciembre pp: 32-37.
- Suárez, A.; Mitjana,O; Tejedor, T.; Bonastre, C; Moll, D; Coll,J; Ballester, C; Falceto, V. (2020) Evaluación de la inseminación artificial poscervical vs cervical en los parámetros reproductivos Anaporc 169 Enero pp: 18-22.
- Ternus, E.M., Vanz, A.R., Lesskiu, P.E., Preis, G.M., Serafini, L., Consoni, W., Traverso, S.D., Cristani, J., 2017. Reproductive performance of gilts submitted to post-cervical artificial insemination. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 69, 777–784. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9285>
- Ulguim, R., Vier, C.M., Betiolo, F.B., Sbardella, P.E., Bernardi, M.L., Wentz, I., Mellagi, A.P., Bortolozzo, F.P., 2018. Insertion of an intrauterine catheter for post-cervical artificial insemination in gilts. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(6), 2833-2888. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2883>
- Watson, P.F., Behan, J.R., 2002. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers : results of a commercially based field trial. *Theriogenology* 57, 1683–1693.
- Wilson, M.E., 2012. Differences in Mating Between a Boar, Traditional Artificial Insemination, and Post Cervical Insemination, in: *London Swine Conference*. pp. 45–53.