



Mejoramiento del porcentaje de parición mediante el uso de inseminación artificial en cerdas



Fernando Cane^a

Norma Pereyra^a

Valentina Cane^a

Patricia, Marini^{b-c}

Juan Manuel Teijeiro^{b-d*}

^a MEDAX. Sacco Scarafía 365. Chañar Ladeado. Santa Fe. Argentina

^b Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Laboratorio de Medicina Reproductiva UNR. Argentina.

^c Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario-CONICET. Consejo de Investigaciones de la UNR, CIUNR. Argentina.

^d Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. Argentina

* Autor de correspondencia: jteijeiro@fbioyf.unr.edu.ar

Resumen:

La inseminación intrauterina (IIU), una técnica que utiliza un número menor de espermatozoides que la inseminación artificial convencional (IAC), podría contribuir a mejorar la eficiencia reproductiva de los verracos. Sin embargo, dado que algunos informes de pruebas de campo muestran un rendimiento subóptimo para la IIU, es necesario continuar evaluando y estandarizando esta técnica. En este trabajo se evaluó el uso de cantidades reducidas fijas de espermatozoides y volúmenes por dosis para IIU en comparación con la IAC, utilizando las mismas muestras de semen. Los resultados muestran un incremento del índice de partos con IIU comparada con la IAC (84.80 ± 0.36 vs 71.44 ± 2.63 , $P < 0.05$). También se analizaron parámetros tales como el tamaño de la camada, el número de lechones vivos por camada y el número de lechones mortinatos o de fetos momificados, y las diferencias encontradas entre estas técnicas no fueron significativas. Los análisis estadísticos de correlación positiva demuestran que únicamente en el caso de la IAC existe una correlación positiva entre el número de

lechones vivos por camada y el número de lechones mortinatos, así como entre el número de lechones mortinatos y el número total de lechones. En conclusión, la inseminación intrauterina tuvo un impacto positivo en el rendimiento reproductivo y en los parámetros económicos de la producción porcina.

Palabras clave: Producción porcina, Inseminación intrauterina, Inseminación artificial.

Recibido: 19/02/2018

Aceptado: 25/10/2018

Introducción

A comienzos del siglo XX, Ivanow reportó el uso de la técnica de inseminación artificial (IA) en los cerdos^(1,2). Sin embargo, la aplicación comercial de la IA se inició en los años 1980⁽³⁾. Su éxito puede atribuirse al mejoramiento de la proporción entre verracos y cerdas, al incremento del impacto de los verracos individuales en el avance genético y la eficiencia reproductiva, y a la propagación limitada de las enfermedades venéreas. El mejoramiento del manejo de los animales y de los controles de calidad de las dosis de semen y su uso comercial han aumentado el rendimiento reproductivo⁽⁴⁾. La inseminación artificial convencional (IAC) suele emplear entre 2.5 y 4 mil millones de espermatozoides por cada inseminación en un volumen de entre 70 y 100 ml de diluyente, los cuales se depositan en el útero a través del cérvix dos o tres veces durante el estro⁽⁵⁾. Los verracos utilizados para la IA pueden producir entre 20 y 40 dosis de IAC con 2.5 a 3.0 mil millones de espermatozoides móviles en 70 a 100 ml de diluyente. Una reducción del número de espermatozoides por dosis daría como resultado un mayor número de dosis producidas por cada verraco, con considerables ahorros económicos; por este motivo, constantemente se estudian nuevas estrategias encaminadas a reducir el número de espermatozoides por dosis en la IA⁽⁶⁾. La inseminación intrauterina (IIU) es una técnica que utiliza un número menor de espermatozoides por dosis que la IAC⁽⁷⁾. Sin embargo, los datos reportados en relación con la aplicación de esta técnica muestran cierta discrepancia en el número de espermatozoides por dosis (el cual aún no ha sido estandarizado). Es más, en la mayor parte de la literatura que compara tratamientos no se incluyen grupos con un número similar de espermatozoides por dosis, lo que dificulta señalar si los resultados se deben al número de espermatozoides por dosis o a la técnica misma⁽⁴⁾.

Se considera que la exposición de las cerdas a verracos antes de la inseminación induce contracciones miométrales que contribuyen al transporte de los espermatozoides; sin embargo, hay incertidumbre sobre si exponer a las cerdas a verracos antes de insertar el catéter de IIU es perjudicial para la inserción, y si la exposición a los verracos tiene

efectos benéficos para la IAC. Hasta la fecha no se cuenta con suficiente información para sugerir los efectos nocivos o benéficos de ninguno de estos enfoques⁽⁸⁾. Surgen aún otros temas de discusión cuando se consideran las ventajas y las desventajas de la aplicación de la IIU en comparación con la IAC. Estos incluyen el tiempo que se consume en insertar los catéteres para la IIU, que es menor para la IAC; el reflujo seminal debido al mayor volumen utilizado en la IAC; el sangrado en el momento de insertar los catéteres de IIU, y el uso de inducción de la ovulación e inseminación a tiempo fijo.

Existe información sobre el uso de tecnología de IIU que muestra variaciones no sólo entre países sino también al interior de cada país⁽⁹⁾. Pese a la considerable variación entre países y granjas, es posible monitorear el éxito de la IA utilizando medidas clave para el control de calidad y el rendimiento reproductivo⁽⁸⁾. De modo que se llevó a cabo un estudio para comparar los parámetros reproductivos —el índice de partos, el tamaño de las camadas, el número de lechones vivos por camada, el número de lechones mortinatos y de fetos momificados— entre la IAC y la IIU. Además, analizar el impacto económico en la granja estudiada y el posible impacto en la región.

Material y métodos

Recolección de semen

Se recolectaron muestras de semen de verracos fértiles adultos mediante el método de la mano enguantada en Medax (Chañar Ladeado, Santa Fe, Argentina). La fracción rica en espermatozoides se diluyó en Vitasem (Magapor®, Zaragoza, España) y se conservó a una temperatura de 16 °C hasta su uso, durante no más de dos días. Se midió su viabilidad mediante el ensayo de exclusión de eosina, y el promedio para los tres verracos fue de 92.6 %. Se midió la motilidad subjetivamente, y el promedio fue de un 91.26 % de espermatozoides móviles. Se evaluó la morfología según se informó antes⁽¹⁰⁾, y el porcentaje normal de espermatozoides de las muestras fue de 89 % para el verraco B, 91 % para el verraco C y 93 % para el verraco A.

Diseño experimental

El estudio se realizó en una granja comercial ubicada en Monte Maíz, Córdoba, Argentina (coordenadas GPS: -33.206561, -62.600330). Se utilizaron tres verracos maduros —dos PIC®415 (Pig Improvement Company, Ciudad Municipal de Pásig, Filipinas) (A y B) y

uno Landrance (C) de Topigs (Topigs Norsvin, Burnsville, EEUU)— como donadores de semen. En el semen del verraco A se encontraron 91.9 ± 2.13 espermatozoides móviles; el verraco B produjo 91.4 ± 3.2 espermatozoides móviles, y el verraco C, 90.5 ± 4.0 . Las inseminaciones se llevaron a cabo entre febrero y diciembre de 2015. Quinientas sesenta (560) cerdas multíparas alojadas fueron separadas en dos grupos de 280 cerdas cada uno. Los criterios de selección para el diseño experimental fueron: cerdas producidas mediante la cruce de hembras Largewhite y verracos Landrance, de entre 190 y 200 días de edad, con un peso mínimo de 130 kg y cuatro ciclos detectados, con una paridad de 3.9. Se realizaron un total de 560 inseminaciones. Un grupo fue inseminado con inseminación artificial convencional (IAC) (280 inseminaciones), y el otro grupo, con inseminación intrauterina (IIU) (280 inseminaciones) utilizando los mismos verracos como donadores para cada técnica. A fin de evitar variaciones en la calidad del semen debido a diversos factores (la individualidad de los verracos, la estacionalidad, las condiciones físicas y sanitarias, etc.), se distribuyó la misma eyaculación para practicar las inseminaciones de los dos grupos. Trabajadores expertos realizaron una detección del estro dos veces al día. Se capacitó cuidadosamente al personal para los procedimientos de inseminación y se evaluó el retorno al estro antes de proceder a realizar nuevas inseminaciones. Las cerdas se inseminaron simultáneamente con las dos técnicas. Fueron expuestas al mismo ambiente, alimentadas con la misma dieta comercial, y se les proporcionó agua a voluntad.

Inseminación artificial convencional

La IAC se realizó utilizando un catéter espiral (Magapor®, Zaragoza, España) y 3×10^9 espermatozoides en 100 ml/dosis. Todas las cerdas fueron inseminadas dos veces estando en celo con reflejo de inmovilidad en presencia de un verraco.

Inseminación intrauterina

La IIU se llevó a cabo de acuerdo con Hancock⁽¹¹⁾, utilizando 1.5×10^9 espermatozoides en 50 ml/dosis y en ausencia de verracos, como se recomienda para una mejor introducción de la cánula de IIU (catéter espuma M. Magapor®, Zaragoza, España). No se detectó sangrado ni reflujo seminal.

Análisis del impacto económico

Se analizó una comparación entre los parámetros económicos obtenidos con cada técnica utilizando el software “Análisis productivo y económico de granjas porcinas”⁽¹²⁾ (APEC). En este análisis con modelado computacional, el costo estándar de los catéteres, el costo de la mano de obra, el tiempo de trabajo, el precio del kilogramo de carne y los días no productivos (DNP) fueron los parámetros utilizados. Los DNP se calcularon con base en un ciclo productivo de las cerdas de 136 días (115 días gestacionales + 21 días de lactancia). Las técnicas y los procesos fueron aprobados en cuanto a la ética por el Servicio de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA, Argentina), Resolución No. 63/2011.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa InfoStat (Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina). Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, y se aplicó la prueba estadística no paramétrica de rangos con signos de Wilcoxon.

Resultados

Análisis de los parámetros reproductivos

En una comparación entre la IIU y la IAC, en las cuales se utilizaron las mismas muestras de semen de verraco, los datos estadísticos mostraron un incremento del índice de partos con la IIU en relación con la IAC. El índice de partos de la IAC era 71.44 ± 2.63 , mientras que el de la IIU 84.80 ± 0.36 (Cuadro 1). Los otros parámetros analizados —el número de lechones vivos por camada, el número de lechones mortinatos o el número de fetos momificados— no mostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, cabe señalar que se observó un leve aumento no significativo en el tamaño de la camada en la IIU comparada con la IAC (14.61 ± 0.06 vs 13.72 ± 0.52). Dado que se utilizaron los mismos verracos para realizar las inseminaciones y que las cerdas fueron inseminadas simultáneamente con las dos técnicas, se podría utilizar el coeficiente de correlación de Pearson para facilitar una mejor comprensión de las diferencias observadas. Se encontró una correlación estadísticamente positiva entre el número de lechones vivos por camada y el

número de lechones mortinatos ($r= 1$; $P=0.0074$), y entre el número de lechones mortinatos y el número total de lechones ($r= 1$; $P= 0.0569$) solamente para la IAC (Cuadro 2). El análisis de la IIU no mostró correlación entre los parámetros estudiados.

Cuadro 1: Datos del índice de partos, número de lechones nacidos vivos, número de lechones mortinatos, número de fetos momificados y tamaño de la camada con IAC y con IIU

Verraco	Número de Inseminaciones	Índice de partos %	Lechones vivos/camada	Lechones mortinatos	Fetos momificados	Número total de lechones/camada
Inseminación artificial convencional						
A	74	72.72	13.13	1.22	0.41	14.75
B	79	75.5	12.25	0.93	0.15	13.33
C	127	66.6	11.96	0.84	0.29	13.08
Media		71.44 ± 2.63 ^a	12.45 ± 0.61	1.00 ± 0.11	0.28 ± 0.08	13.72 ± 0.52
Inseminación intrauterina						
A	84	84.62	12.96	0.88	0.88	14.71
B	70	84.28	12.97	1.15	0.47	14.60
C	126	85.5	12.81	1.27	0.42	14.51
Media		84.80 ± 0.36 ^b	12.21 ± 0.05	1.10 ± 0.12	0.59 ± 0.15	14.61 ± 0.06

^{a,b} Superíndices diferentes indican diferencias significativas ($P<0.05$). Medias ± errores estándar.

Cuadro 2: Estimaciones del coeficiente de correlación de Pearson para el estudio de las variables reproductivas con IIU y con IAC

Variable	Variable	Pearson	Valor de P
Inseminación artificial convencional			
Índice de partos	Lechones vivos/camada	0.44	0.7112
Índice de partos	Lechones mortinatos	0.43	0.7186
Índice de partos	Fetos momificados	-0.35	0.7742
Índice de partos	Número total de lechones	0.35	0.7755
Lechones vivos/camada	Lechones mortinatos	1.00	0.0074 ^a
Lechones vivos/camada	Fetos momificados	0.69	0.5146
Lechones vivos/camada	Número total de lechones	0.99	0.0643
Lechones mortinatos	Fetos momificados	0.70	0.5071
Lechones mortinatos	Número total de lechones	1.00	0.0569 ^a
Fetos momificados	Número total de lechones	0.76	0.4502

		Inseminación intrauterina	
Índice de partos	Lechones vivos/camada	-0.98	0.1385
Índice de partos	Lechones mortinatos	0.53	0.6465
Índice de partos	Fetos momificados	-0.34	0.7776
Índice de partos	Número total de lechones	-0.66	0.5441
Lechones vivos/camada	Lechones mortinatos	-0.70	0.5080
Lechones vivos/camada	Fetos momificados	0.54	0.6390
Lechones vivos/camada	Número total de lechones	0.80	0.4056
Lechones mortinatos	Fetos momificados	-0.98	0.1311
Lechones mortinatos	Número total de lechones	-0.99	0.1024
Fetos momificados	Número total de lechones	0.93	0.2335

^a Los superíndices indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Análisis del impacto económico

Se analizó el impacto económico de cada técnica de inseminación, y se encontró un incremento de las ganancias utilizando la IIU en comparación con la IAC en un periodo de un año, para una granja con 560 cerdas (Cuadro 3). Con base en estos datos, el rendimiento reproductivo potencial por cada cerda sería de 2.59 partos/cerda/año, considerando 5 días entre el destete y la siguiente inseminación intrauterina. Este valor se encuentra por encima del promedio en esta región de Argentina, el cual oscila entre 2.21 y 2.35 partos/cerda/año. Estos resultados también mostraron un incremento de 2.32 a 2.36 concepciones/cerda/año a favor de la IIU. Considerando el incremento del tamaño de la camada en 0.89 (14.61 a 13.72) y un porcentaje de mortalidad de la granja del 6 %, la ganancia puede calcularse como 0.89×2.36 (concepciones/cerda/año) \times 280 (cerdas) = 573.16 – 6% (mortalidad) = 538.77. Por lo tanto, 538.77×112 kg (peso de venta de cada cerdo) = 60,342 kg. Si se contempla un precio de 1.09 USD por kilo de cerdo, hay un beneficio calculado de 65,773 USD si se utiliza la IIU en lugar de la IAC en la granja estudiada. Tomando en cuenta el precio del catéter para IIU, que es más costoso que el que se usa en la IAC, en el estudio económico con modelado computacional hay un ingreso neto de 3,428 USD a favor de la IIU. Es decir, la diferencia entre el ingreso neto proveniente de la IIU y el obtenido mediante la IAC es de 37,008 USD – 33,580 USD. Si contemplamos un promedio de 3,000 cerdos por granja de tamaño similar en la región, la ganancia será de gran beneficio para la economía local.

Cuadro 3: Impacto económico de la implementación de la IIU y la IAC en una granja de la región central de Argentina

Variable	IAC	IIU
Número de cerdas	280	280
Índice de partos, %	71.44	84.08
DNP/fracaso/ciclo	10	7,38
Parto/cerda/año	2.32	2.36
Peso de cerdos, kg/cerda/año	2,784	2,832
Ingreso neto anual en dólares	33,580	37,008

Los valores en dólares se calcularon según los precios del cerdo por kilo en Argentina en 2015.

Discusión

La inseminación artificial es ampliamente utilizada y constantemente se buscan nuevas estrategias para lograr una mayor eficiencia. La IA a tiempo fijo, el uso de verracos con un alto mérito genético o el cambio de sitio de depósito del semen son ejemplos de estos intentos de mejorar la eficiencia. Watson y Behan⁽⁷⁾ reportaron índices de partos de 91.1, 91.8 y 65.8 % para la IAC, mientras que la técnica de la IIU mostró índices de 90.5, 90.5 y 86.9, utilizando 3, 2 y 1 mil millones de espermatozoides en 80 ml, respectivamente. La media de los tamaños de camada con IAC fue de 12.5, 12.6 y 10.6, y con IIU, 12.3, 12.3 y 12.1, respectivamente. Demostraron que solamente con la dosis de 1 mil millones de espermatozoides con la técnica de IAC el índice de parto y el tamaño de la camada fueron significativamente menores. Rozeboom *et al*⁽¹³⁾ demostraron que la inseminación al inicio del cuerno uterino con volúmenes y números de espermatozoides convencionales (1 mil millones de espermatozoides) produjo resultados similares a los de la inseminación en la cavidad cervical (con 4 mil millones de espermatozoides). Sin embargo, el tamaño de la camada y el número de lechones vivos por camada fueron más bajos con la IIU que con la IAC con esas cantidades de espermatozoides por dosis. Es más, cuando se utilizaron 500 millones de espermatozoides para la IIU, el índice de partos se redujo aproximadamente en 10 % en comparación con el grupo de IAC (78 vs 88.2 %, respectivamente); también en el tamaño de la camada la diferencia entre ambas técnicas favoreció a la IAC (9.4 vs 11.6, respectivamente). Levis⁽¹⁴⁾ reportó resultados similares. Otros trabajos⁽¹⁵⁾ establecieron que el índice de partos no difirió entre la IAC con 3.5×10^9 espermatozoides en 100 ml y la IIU con 2, 1 o 0.5×10^9 espermatozoides en 50 ml. Peltoniemi *et al*⁽¹⁶⁾ concluyeron que la inseminación uterina no tuvo un efecto significativo en el número de lechones vivos por camada ni en el índice de partos. Los resultados de esos estudios no necesariamente reflejan los datos resultantes de procedimientos similares en otras granjas. En conjunto, la información resumida sobre

las tecnologías reproductivas de los cerdos con énfasis en la aplicación en campo, sugiere que los altos índices de partos y los tamaños de camada grandes se están volviendo comunes cuando se utiliza la IA estándar con solamente 1.5 mil millones de espermatozoides por inseminación⁽¹⁷⁾.

En el diseño experimental de este trabajo, todas las cerdas se encontraban en la misma granja y fueron inseminadas con los mismos lotes de dosis seminales; se distribuyeron la IAC y la IIU en proporciones iguales en el mismo día, y las inseminaciones se llevaron a cabo con semen de los tres verracos. Estos parámetros controlados permiten una mejor comparación entre las dos técnicas. Se encontraron diferencias en los índices de partos entre el uso de 3×10^9 espermatozoides en 100 ml para la IAC y el de 1.5×10^9 espermatozoides en 50 ml para la IIU, que apoyan el cambio de la IAC a la IIU en la granja estudiada. Además, si bien el incremento del 0.89 en el tamaño de las camadas no es estadísticamente significativo, hace que la aplicación de la IIU resulte más conveniente que la de la IAC. Para obtener una mayor eficiencia, se debe lograr la IA reduciendo el número de espermatozoides; en este trabajo, el número de espermatozoides y el volumen del diluyente utilizados en cada dosis se redujeron a la mitad.

Ya se ha analizado la IIU con una reducción del número de espermatozoides en un volumen fijo⁽¹⁸⁾, aunque en ese trabajo no se contrastó la IIU con la IAC; los autores del mismo sugirieron que 0.5×10^9 espermatozoides en 20 ml son suficientes para obtener una IIU exitosa. Al probar ese volumen, en nuestro trabajo, la dificultad de manejar una dosis de 20 ml contrarrestó la posible mejora. La reducción del número de espermatozoides y del volumen de la dosis es sumamente rentable para los centros de inseminación artificial, puesto que el uso de verracos superiores produce el doble de dosis para la IIU que para la IAC, de modo que es necesario incluir esta característica en los futuros análisis del impacto económico.

Además, en los experimentos presentados, un verraco se hallaba presente cuando se desarrolló la IAC y ausente cuando se llevó a cabo la IIU. No se recomienda la presencia de un verraco cuando se practica la IIU debido a la dificultad para introducir la cánula. Pero sí se recomienda para la IAC, a fin de contribuir al celo con reflejo de inmovilidad y para inducir las contracciones miométriales que favorecen el transporte de los espermatozoides; pero se requiere mano de obra adicional para mover al verraco⁽⁸⁾. Pese a la ayuda adicional para el tránsito de los espermatozoides como resultado de la presencia del verraco, no se mejoró el índice de partos con la IAC. Este trabajo coincide con la idea del beneficio adicional de la IIU en cuanto a la menor necesidad de manejo de los verracos para su aplicación. Dado que Steverink *et al*⁽¹⁹⁾ reportaron que el reflujo seminal excesivo en el caso de la IAC tiene un efecto negativo en los resultados de la fertilización cuando se utilizan 1×10^9 espermatozoides en 80 ml, se planteó la hipótesis de que una reducción del volumen mejoraría la eficiencia de la técnica al reducir el reflujo. En este trabajo no se observó reflujo seminal con el uso de dosis de 50 ml, volumen que parece ser adecuado y fácil de manejar durante el procedimiento. El principal obstáculo para la aplicación de la IIU es la compleja anatomía del tracto genital de la cerda, compuesto por pliegues

cervicales, así como la longitud y la naturaleza rizada de los cuernos uterinos. Este obstáculo fue salvado mediante la utilización de personal bien entrenado, el cual fue evaluado sistemáticamente a lo largo del experimento. Este puede ser uno de los motivos del éxito de la IIU en este trabajo. El hecho de que la IIU requiere de tiempo y de capacitadores profesionales debe tomarse en cuenta en los futuros estudios económicos.

Hasta donde se sabe, en los trabajos anteriores no se hizo un análisis de correlación estadística. Un dato interesante es que se determinó una correlación estadísticamente positiva entre el número de lechones vivos por camada y el número de lechones mortinatos en la IAC, pero no se observó esta correlación en la IIU (Cuadro 2). El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de correlación lineal entre dos variables cuantitativas, de modo que los resultados que se presentan aquí se pueden interpretar como que se requieren más servicios para obtener más lechones vivos por camada cuando se utiliza la IAC. Cabe señalar que se podría atribuir esta correlación al verraco, a la cerda o a los efectos del entorno, pero los resultados de la IIU realizada en las mismas condiciones nos llevan a descartar esta posibilidad. Puesto que se tienen datos recientes que demuestran la posibilidad de llevar a cabo la IIU en cerdas primíparas⁽²⁰⁾, parece ser que el uso de un menor número de verracos en los centros de IA y la producción de más dosis de IA con un número menor de espermatozoides por verraco es una opción interesante que vale la pena considerar para mejorar la eficiencia en la producción porcina.

Si se considera que un solo verraco podría generar 30 dosis mínimas, y tomando en cuenta la salud, el pienso, las instalaciones y los costos de manejo, sería posible reducir los costos totales utilizando la IIU en lugar de la IAC. Como se demostró, resultaría más rentable cambiar de la IAC a la IIU empleando 1.5×10^9 espermatozoides en dosis de 50 ml.

Conclusiones e implicaciones

El uso de la IIU con 1.5×10^9 espermatozoides en 50 ml, sin la presencia de un verraco y con personal bien capacitado para realizar la inseminación en cerdas en celo con reflejo de inmovilidad tuvo un impacto positivo en el rendimiento reproductivo y en los parámetros económicos de la producción porcina.

Literatura citada:

1. Ivanow E. De la fécondation artificielle chez les mammifères. *Arch Sci Biol* 1907;(12):377-511.
2. Ivanow E. On the use of artificial insemination for zootechnical purpose in Rusia. *J Agric Sci* 1922;(12):244-256.
3. Reed HCB. Artificial insemination. In: Cole DJA, Foxcroft GR, editors. *Control of pig reproduction*. London: Butterworth Scientific; 1982:65–90.
4. Bortolozzo F, Menegat M, Mellagi A, Bernardi M, Wentz I. New artificial insemination technologies for swine. *Reprod Domest Anim* 2015;(50):80–84.
5. Roca J, Parrilla I, Bolarin A, Martinez EA, Rodriguez-Martinez H. Will AI in pigs become more efficient? *Theriogenology* 2016;(86):187-913.
6. Hernández-Caravaca I, Izquierdo-Rico MJ, Matás C, Carvajal JL, Vieira L, Abril D, Soriano-úbeda C, García-Vázquez FA. Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Anim Reprod Sci* 2012;(136):14–22.
7. Watson P, Behan J. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: Results of a commercially based field trial. *Theriogenology* 2002;(57):1683–1693.
8. Knox RV. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology* 2016;(85):83–93.
9. Vázquez JM, Roca J, Gil MA, Cuello C, Parrilla I, Vazquez JL, Martínez EA. New developments in low-dose insemination technology. *Theriogenology* 2008;(70):1216-1224.
10. Teijeiro JM, Cabada M, Marini PE. Sperm binding glycoprotein (SBG) produces calcium and bicarbonate dependent alteration of acrosome morphology and protein tyrosine phosphorylation on boar sperm. *J Cell Biochem* 2008;(103):1413–1423.
11. Hancock J. Pig insemination technique. *Vet Rec* 1959;(71):527.
12. Drab S. APEC. Software para análisis productivo-económico en granjas porcinas. Cátedra Producción Porcina. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. 2012.
13. Rozeboom K, Reicks D, Wilson M. The reproductive performance and factors affecting on-farm application of low-dose intrauterine deposit of semen in sows. *J Anim Sci* 2004;(82):2164-2168.
14. Levis D. Liquid boar semen production: current extender technology and where do we go from here. In: Johnson LA, Guthrie HD editors. *Boar semen preservation IV*. Lawrence, KS, USA: Allen Press Inc; 2000:121–128.

15. Serret C, Alvarenga M, Cória A, Dias C, Corcini C, Corrêa M, Deschamps J, Bianchi I, Lucia Jr. T. Intrauterine artificial insemination of swine with different sperm concentrations, parities, and methods for prediction of ovulation. *Anim Reprod* 2005;(2):250-256.
16. Peltoniemi OA, Alm K, Andersson M. Uterine insemination with a standard AI dose in a sow pool system. *Reprod Domest Anim* 2009;(44):414-841.
17. Martinez EA, Vazquez JM, Roca J, Cuello C, Gil MA, Parrilla I, Vazquez JL. An update on reproductive technologies with potential short-term application in pig production. *Reprod Domest Anim* 2005;(40):300-309.
18. Mezalira A, Dallanora D, Bernardi MI, Wentz I, Bortolozzo FP. Influence of sperm cell dose and post-insemination backflow on reproductive performance of intrauterine inseminated sows. *Reprod Domest Anim* 2005;(40):1-5.
19. Steverink D, Soede N, Bouwman E, Kemp B. Semen backflow after insemination and its effect on fertilisation results in sows. *Anim Reprod Sci* 1998;(54):109-119.
20. Sbardella P, Ulguim R, Fontana D, Ferrari C, Bernardi M, Wentz I, Bortolozzo F. The post-cervical insemination does not impair the reproductive performance of primiparous sows. *Reprod Domest Anim* 2014;(49):59-64.