

Efecto del catéter de inseminación y el orden de parto sobre parámetros de producción en ganado porcino¹ y ²

Effect of insemination catheter type and calving order on swine production parameters

Mariela Quirós-Rojas³, Mónica Madrigal-Valverde⁴, Marlen Camacho-Calvo⁵, Anthony Valverde⁶

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2017

Fecha de aprobación: 18 de noviembre de 2017

Quirós-Rojas, M; Madrigal-Valverde, M; Camacho-Calvo, M; Valverde, A. Efecto del catéter de inseminación y el orden de parto sobre parámetros de producción en ganado porcino. *Tecnología en Marcha*. Vol. 31-3. Julio-Setiembre 2018. Pág 86-97.

DOI: 10.18845/tm.v31i3.3905

1 Este trabajo formó parte del proyecto de investigación 2151037, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR, Sede de San Carlos, Costa Rica.

2 También formó parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía de la primera autora, realizada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

3 Ingeniera Agrónoma, Piñas Cultivadas de Costa Rica, S. A., Los Chiles, Costa Rica. Correo electrónico: mariela_quiros@hotmail.com

4 Ingeniera Agrónoma Zootecnista, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo (CIDASTH), Campus San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: mmadrigal@itcr.ac.cr

5 Ingeniera Forestal, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo (CIDASTH), Campus San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: mcamacho@itcr.ac.cr

6 Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo (CIDASTH), Campus San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: anvalverde@itcr.ac.cr. Autor para correspondencia.



Palabras clave

Semen; cerda; tamaño de camada; inseminación artificial.

Resumen

Se evaluó el efecto de dos tipos de sonda (IC, intracervical, e IU, intrauterina) sobre variables de producción y reproducción en cerdas de primer parto y multíparas. Hubo un efecto ($P < 0,05$) del tipo de sonda (IU o IC) sobre los lechones destetados ($11,61 \pm 0,29$ y $10,85 \pm 0,33$, respectivamente) y el peso de la camada al destete ($78,28 \pm 2,47$ y $68,80 \pm 2,85$, respectivamente). Las hembras inseminadas con la sonda intrauterina presentaron valores mayores que las inseminadas con la sonda intracervical. Además, se encontró un efecto ($P < 0,05$) del orden de parto (multípara o de primer parto) sobre los lechones nacidos vivos, los lechones nacidos muertos ($2,26 \pm 0,32$ y $1,45 \pm 0,52$, respectivamente), los lechones nacidos en total ($14,34 \pm 0,43$ y $12,54 \pm 0,68$, respectivamente), el peso de la camada al nacer ($16,11 \pm 0,39$ y $13,95 \pm 0,62$, respectivamente) y al destete ($76,40 \pm 2,01$ y $70,68 \pm 3,20$, respectivamente). Las hembras multíparas presentaron valores mayores con respecto a las de primer parto. No hubo efecto ($P > 0,05$) de interacción tipo catéter-orden de parto sobre las variables analizadas.

Keywords

Semen; sows; litter size; artificial insemination.

Abstract

The present study was to evaluate the effect of catheter types, cervical artificial insemination (CAI) or intracervical (IC) and post-CAI or intrauterine (IU), on first calving and multiparous sows on production and reproduction variables. There was an effect ($P < 0,05$) of catheter type (IU or CI) over the weaned piglets ($11,61 \pm 0,29$ and $10,85 \pm 0,33$, respectively) and the weaning litter weight ($78, 28 \pm 2.47$ and $68,80 \pm 2,85$, respectively), in both the sows inseminated with intrauterine catheter presented higher values than the ones inseminated with intracervical catheter. In addition, an effect ($P < 0,05$) of calving order (multiparous or first calving) was found on piglets born alive, stillborn piglets ($2,26 \pm 0,32$ and $1,45 \pm 0,52$, respectively), total of born piglets ($14,34 \pm 0,43$ and $12,54 \pm 0,68$, respectively), litter weight at birth ($16,11 \pm 0,39$ and $13,95 \pm 0,62$, respectively), and weaning weight ($76,40 \pm 2,01$ and $70,68 \pm 3,20$, respectively). The multiparous sows showed higher values than first calving ones. There was no effect ($P > 0,05$) of interaction catheter type-calving order on the variables analyzed.

Introducción

La inseminación artificial se ha convertido en una de las prácticas de manejo de ganado porcino más productivas en los últimos años, pues su aceptación ha crecido exponencialmente en diversos países y ha acelerado el progreso genético en las poblaciones comerciales. La inseminación artificial representa ventajas, tales como la reducción del número de verracos en la granja, el incremento en el progreso genético de la piara por selección, porcentajes de fertilidad iguales o superiores a los obtenidos por la monta natural, un mejor control de la calidad del semen y un mayor control sanitario [1]. La inseminación artificial es un proceso que ocasiona muy pocos contratiempos si se realiza de una manera adecuada. Es necesario contar con personal entrenado e instalaciones óptimas, para facilitar la detección del *estro*⁴ y la realización de la inseminación *per se* [2].

4 *Estro*: periodo cíclico de la fase reproductiva de las cerdas que presenta una duración de 2-3 días cuyo comportamiento está inducido por los estrógenos y al final del cual tendrá lugar la ovulación.

Existen diversas técnicas de inseminación artificial que utilizan diferentes tipos de sonda, intracervical, intrauterina, intrauterina profunda y laparoscópica (procedimiento quirúrgico). En la inseminación intracervical se utiliza un catéter que se acopla a los pliegues del cuello uterino y por gravedad se deposita el líquido seminal [3]. La inseminación intrauterina es una técnica que se basa en la deposición de líquido seminal en el cuello uterino craneal o en el extremo proximal de los cuernos uterinos, a través del catéter transcervical; en este tipo de inseminación el catéter se introduce a través de los pliegues de la mucosa del cuello uterino, y podría eventualmente ocasionar laceraciones a la cerda mientras se realiza el procedimiento [4]. Al utilizar este tipo de inseminación se logra reducir el número de espermatozoides por dosis, sin llegar a afectar la tasa de parición o el tamaño de la camada, pero debido a que este procedimiento es más invasivo para la cerda, puede traer como consecuencia un aumento de la probabilidad de producir una lesión cervical o uterina, como también puede ocasionar casos de *piómetras*, por lo que el uso de este tipo de sonda en cerdas de primer parto está restringido [5].

El objetivo de la investigación realizada fue evaluar los efectos del tipo de catéter de inseminación artificial y el orden de parto sobre los parámetros de producción en ganado porcino.

Materiales y métodos

Localización

El estudio se llevó a cabo en la finca La Esmeralda, localizada en el distrito de Florencia, cantón San Carlos, provincia Alajuela, Costa Rica ($10^{\circ} 22' 42''$ N y $84^{\circ} 30' 36''$ O), a una altitud de 160 msnm, con predominancia del clima tropical húmedo, con precipitaciones promedio de 3200 mm anuales, con temperaturas medias mínimas y máximas de 22°C y 31°C respectivamente, y una humedad relativa entre 78% y 95% (Estación Meteorológica 069476, Santa Clara, 2015).

Selección de los animales

Se utilizaron 31 hembras de línea genética comercial, seleccionadas por habilidades maternas y tamaño de la camada, de las cuales 10 eran nulíparas y 21 multíparas. En todas las hembras se aplicó un cruzamiento terminal. El verraco reproductor procedía de una línea genética comercial seleccionada para crecimiento y eficiencia alimenticia, y estaba previamente entrenado para realizarle las extracciones seminales.

Recolección de semen

Cada eyaculado se recolectó mediante el método manual, utilizando la técnica del doble guante. Se colocó el guante espermático o de vinil seguido del guante higienizador. El verraco montó el potro de extracción y el pene del animal fue sujetado con suficiente fuerza, simulando la presión que ejerce el cérvix de la cerda. Se recolectaron las tres fracciones del eyaculado (rica y pobre en[espermatozoides, y el tapón cervical o “tapioca”) mediante un termo colector de semen, el cual contenía una bolsa especial con filtro para recolección (US BAG® Minitube, figura 1).



Figura 1. Verraco montado sobre potro de extracción seminal para recolección del eyaculado.

Al concluir la recolección del eyaculado se realizó un análisis macroscópico del semen para determinar el volumen (figura 2), el aspecto y la potencial presencia de algún contaminante como orina, pus o sangre. Posteriormente, se realizó la determinación de la concentración espermática, mediante un equipo Spermacue® (Minitube) y la evaluación de la calidad de movimiento de los espermatozoides, mediante un sistema computadorizado de análisis seminal (CASA; ISAS®v1, Proiser).

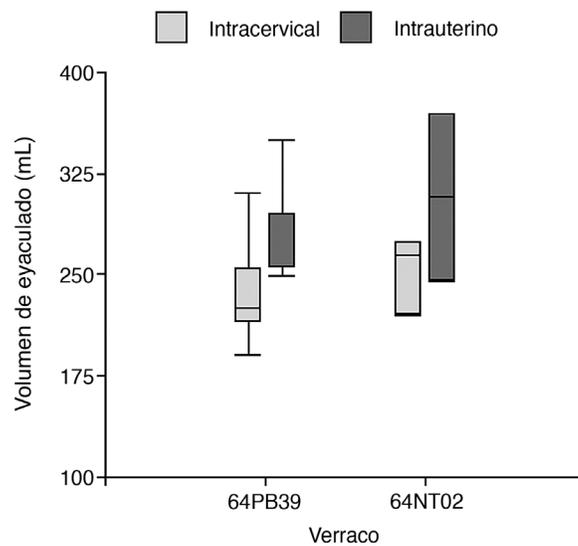


Figura 2. Volumen de eyaculado (mL) por verraco, según catéter de inseminación. El área dentro de las cajas del Boxplot indica el 50% de las observaciones.

Preparación del diluyente

Para la preparación del medio de dilución se utilizó un diluyente comercial BTS (*Beltville Thawing Solution*); se colocaron 1×10^3 mL de agua destilada dentro de un erlenmeyer debidamente lavado y se dispusieron en un baño maría a una temperatura de 37 °C. El BTS se añadió al agua destilada; la mezcla se homogenizó y se mantuvo a la misma temperatura.

Determinación del número de dosis seminales

Se fijó un umbral mínimo de movilidad y uno máximo de morfoanomalías, para su utilización como posibles dosis seminales del 90% y el 6%, respectivamente. El número de dosis por eyaculado se determinó de acuerdo con el tipo de catéter de inseminación que emplear: para realizar la inseminación con el catéter intracervical se requirieron $7,0 \times 10^9$ espermatozoides totales, y para el catéter intrauterino, $4,0 \times 10^9$ espermatozoides totales (figura 3). Mediante la siguiente fórmula se determinó el número de dosis seminales por eyaculado:

$$N = \frac{(V)(C)MOT}{NTE}$$

Donde

- N = Número de dosis seminales
- V = Volumen del eyaculado (mL)
- C = Concentración espermática ($\times 10^6$ espermatozoides / mL)
- MOT = Motilidad total (%)
- NTE = Número total de espermatozoides ($\times 10^6$ espermatozoides)

Habiendo determinado el número de dosis, se procedió a mezclar el diluyente con el semen. Una vez obtenida la dilución requerida, se colocó en ampollas de 100 mL y se refrigeró a 17 °C.

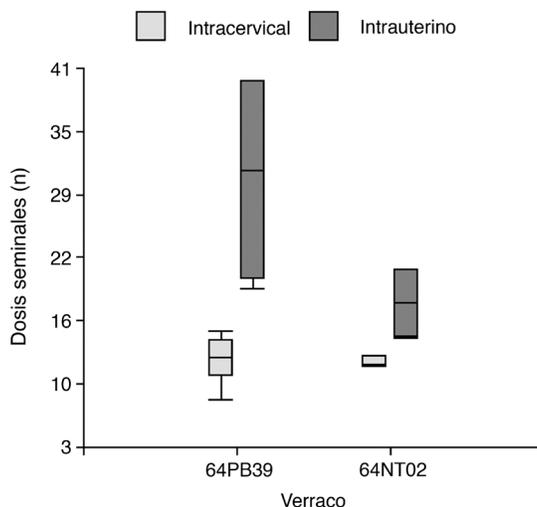


Figura 3. Número de dosis seminales por verraco, según catéter de inseminación. El área dentro de las cajas del Boxplot indica el 50% de las observaciones.

Sincronización hormonal de cerdas

La sincronización hormonal de las cerdas nulíparas se realizó con el producto Regumate® (ingrediente activo Altrenogest, que es un progestágeno sintético, programador y sincronizador del ciclo *estral*, para el ganado porcino). El protocolo de aplicación consistió en suministrar 5 mL del progestágeno durante 18 días a la misma hora (13:20) en el alimento balanceado de las cerdas nulíparas. Posteriormente al primer parto, se proporcionó una nueva dosis de sincronizador, post-destete, durante 5 días.

Proceso de inseminación artificial (IA)

Tanto las cerdas nulíparas como múltiparas fueron inseminadas después de presentar una confirmación positiva de celo (reflejo de *lordosis*, secreciones notorias de flujo procedentes de la vulva, inflamación y enrojecimiento de esta). El proceso de IA se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la granja (figura 4).

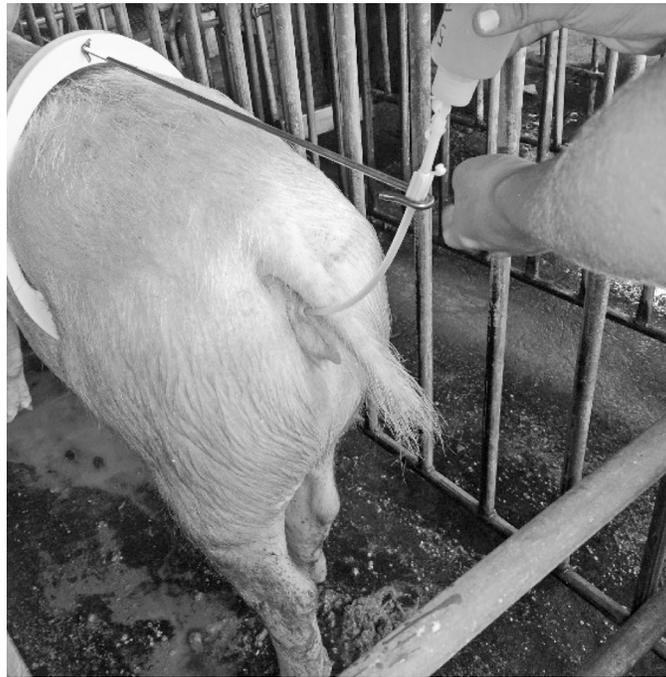


Figura 4. Protocolo de inseminación artificial de acuerdo con los lineamientos de la granja

Se realizaron tres inseminaciones por cerda, la primera a las 0 horas, la segunda a 12 horas de la primera inseminación y la tercera 24 horas después de haberse confirmado el *estro* positivo. El fundamento de realizar tres inseminaciones por hembra radica en el hecho de que la ovulación de las cerdas ocurre al final del segundo tercio del *estro* y se debe asegurar que haya espermatozoides viables en el tracto reproductivo de la hembra. Los ovocitos tienen una supervivencia de 6-8 horas para la fertilización, y si no hay fecundación, se generarán repeticiones estrales cíclicas o nuevamente un *estro* fértil 21 días después.

Detección de preñez por medio de ecografía

Según los registros reproductivos, se realizó la detección de la preñez a los 21 días post-inseminación con un ecógrafo (Ref. 23500/1000 Minitube). Este dispositivo está provisto con una sonda, que se colocó en la zona ventral hasta detectar la matriz. Una vez localizada, se realizó un barrido general para encontrar las vesículas embrionarias, que se pueden detectar en el día 21, y confirmar la preñez (figura 5).

Parto de cerdas

Después del parto se tomaron los datos de peso de los lechones de manera colectiva (PCN) y se contabilizó el número de lechones nacidos en total (LNT), vivos (LNV), muertos (LNM) y lechones en condición de momia (LMM).

Destete de lechones

El destete se realizó según los estándares de la granja hacia el día 30 postparto. Las variables que se cuantificaron en esta etapa fueron el peso de la camada (PCD) y, determinado este, el promedio de peso por animal y de lechones destetados.



Figura 5. Visor ecográfico y vesículas embrionarias. Gestación en cerdas a los 21 días.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos generalizados, con arreglo factorial (2x2), con los términos de *catéter* y *orden de parto* en el factor tratamiento, y la interacción *catéter- orden de parto*. El espacio muestral (Ω) total fue de treinta y una unidades experimentales. Se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos para evaluar diferencias entre los efectos y se ejecutaron las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni, considerando un nivel de significancia de 0,05 y los días al destete como covariable. Los resultados se presentan como medias \pm desviación estándar (DE). Para los análisis se utilizó el *software* estadístico Infostat/P [6].

El modelo estadístico propuesto según el diseño experimental que se desarrolló fue del tipo:

$$Y_{ij} = \mu + TC_i + OP_j + (TC*OP)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ij} = k-ésima observación correspondiente al i-ésimo catéter y al j-ésimo orden de parto ($k = 1, \dots, 31$)

μ = media general

TC_i = efecto del i-ésimo tipo de catéter de inseminación ($i = 1, 2$)

OP_j = efecto del j-ésimo orden de parto ($j = 1, 2$)

$(TC*OP)_{ij}$ = efecto de interacción del i-ésimo tipo de catéter de inseminación con el j-ésimo orden de parto

ε_{ijk} = efecto del k-ésimo error experimental correspondiente al i-ésimo tipo de catéter de inseminación y al j-ésimo orden de parto.

Resultados y discusión

Efecto del tipo de catéter y el orden de parto sobre variables de producción

Se encontró un efecto ($P < 0,05$) del orden de parto sobre todas las variables de producción excepto en el número de lechones momificados y lechones destetados. Hubo un efecto ($P < 0,05$) del tipo de catéter de inseminación en el número de lechones destetados y el peso de la camada al destete. No hubo efecto ($P > 0,05$) de la interacción de tipo catéterorden de parto sobre los parámetros productivos (cuadro 1).

Cuadro 1. Medias \pm DE de variables de producción según el tipo de catéter de inseminación utilizado y el orden de parto de la hembra

Parámetros productivos	Tipo de catéter		Orden de parto		Significancia ^a		
	Intracervical	Intrauterino	Primípara	Múltipara	TC	OP	TC-OP
LNV	11,57 \pm 0,40	11,64 \pm 0,34	11,09 \pm 0,45 ^y	12,13 \pm 0,28 ^y	ns	*	ns
LNМ	1,35 \pm 0,40	2,36 \pm 0,46	1,45 \pm 0,52 ^y	2,26 \pm 0,3 ^{2z}	ns	*	ns
LNT	12,99 \pm 0,53	13,93 \pm 0,61	12,54 \pm 0,68 ^y	14,38 \pm 0,43 ^z	ns	*	ns
LMM	0,04 \pm 0,08	0,15 \pm 0,09	0,01 \pm 0,011	0,18 \pm 0,07	ns	ns	ns
PCN	14,77 \pm 0,56	15,29 \pm 0,48	13,95 \pm 0,62 ^y	16,11 \pm 0,39 ^z	ns	*	ns
LD	10,85 \pm 0,33 ^a	11,61 \pm 0,29 ^a	11,09 \pm 0,37	11,37 \pm 0,23	*	ns	ns
PCD	68,80 \pm 2,85 ^a	78,28 \pm 2,47 ^b	70,68 \pm 3,20 ^y	76,40 \pm 2,01 ^z	*	*	ns

^aP-valor de tipo de catéter (TC), orden de parto (OP) e interacción tipo de catéterorden de parto (TC-OP). Valores con distinto superíndice dentro de fila indican diferencias entre tipo de catéter^{a,b} y orden de parto^{y,z}, ns: no significativo; DE: desviación estándar; LNV: lechones nacidos vivos; LNМ: lechones nacidos muertos; LNT: lechones nacidos en total; LMM: lechones momificados; PCN: peso camada al nacimiento (kg); LD: lechones destetados; PCD: peso de camada al destete (kg). *P < 0,05.

Los resultados del efecto del tipo de catéter sobre lechones nacidos vivos en este trabajo coinciden con los obtenidos por otros autores [7, 8], pues no hubo efectos según el tipo de catéter; intracervical o intrauterino, utilizado en la inseminación artificial, sobre esta variable. El número de lechones nacidos vivos es similar al reportado por [9, 10]. Se observa una tendencia, aunque no significativa, en las hembras que fueron inseminadas con el catéter intrauterino, que sugiere que hay mayor cantidad de lechones nacidos en total y muertos. Respecto de los lechones nacidos muertos, Llanes et al. [7] tampoco reportaron diferencias significativas según el tipo de catéter de inseminación utilizado.

En el presente trabajo se encontró que las hembras múltiparas tienen mayor cantidad de lechones nacidos muertos en relación con las hembras de primer parto. Estos resultados no coinciden con los reportados por [11, 7], quienes encontraron un mayor número de lechones nacidos muertos en cerdas primíparas; no obstante, este resultado probablemente se podría asociar con mayor edad de las hembras múltiparas y duración del parto, lo que podría ocasionar

una mayor mortalidad [12]. El orden de parto medio en el presente trabajo fue de $2,90 \pm 1,87$, con un coeficiente de variación de 64,35%. Esta alta variabilidad presentada en el orden de parto podría fundamentar la idea del porqué de las cerdas multíparas de este estudio nacieron un mayor número de lechones muertos, y fue debido a que en las hembras evaluadas se trataba del primero y cuarto parto, cuartil 1 y 3, respectivamente.

Las hembras multíparas presentaron un mayor número de lechones nacidos en total en comparación con las hembras de primer parto (cuadro 1). Similares resultados han sido reportados por [13, 14, 7, 11, 15, 10]. Además, se ha descrito un pico máximo hacia el tercer parto (mediana = 15), sin embargo, hay mayor variabilidad en este grupo, con un coeficiente de variación de 20,2%, (cuadro 2). Este resultado se encuentra asociado directamente con el número de partos de cerdas multíparas en el estudio, ya que la distribución de las hembras es mayor del tercer parto en adelante, y existen en el grupo cerdas hasta de sexto parto.

Cuadro 2. Medias \pm DE del número de lechones nacidos totales según el orden de parto

Orden de parto	n	Media \pm DE	mediana	CV (%)	Q1	Q3
1	10	13,60 \pm 1,96	13,0	14,4	12,0	14,0
2	6	13,50 \pm 2,35	14,0	17,4	12,0	14,0
3	4	14,75 \pm 2,99	15,0	20,2	11,0	16,0
4	4	14,50 \pm 1,29	14,5	8,9	13,0	15,0
5	3	12,33 \pm 2,08	13,0	16,8	10,0	14,0
6	4	13,67 \pm 1,15	13,0	8,4	13,0	15,0

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; Q1: primer cuartil; Q3: tercer cuartil.

No hubo un efecto ($P > 0,05$) relacionado con el tipo de catéter utilizado o el orden de parto sobre las variables de producción. Las tendencias encontradas pueden considerarse irrelevantes. Sin embargo, en otros trabajos se ha indicado que de las cerdas inseminadas con el catéter intrauterino se ha observado mayor número de momias por parto que de aquellas inseminadas con la sonda intracervical [8, 7]. La literatura no es concluyente puesto que otros autores reportan que el número de lechones momificados se incrementa con el uso del catéter intracervical [15].

El peso de la camada al nacimiento está correlacionado positivamente con su tamaño y el orden de parto de la cerda [16,17, 18], por lo que camadas con un mayor número de lechones son camadas más pesadas. En un estudio realizado por [11], se evaluó el número de lechones destetados en hembras de primer parto y multíparas, y los resultados coinciden con los obtenidos en el presente trabajo. No hubo efecto ($P > 0,05$) del orden de parto sobre el número de lechones destetados. Esto podría asociarse a que conforme mayor sea el orden del parto, mayor será el número de lechones nacidos vivos, por lo que la camada tenderá a ser menos homogénea en peso y tamaño de los lechones, lo que ocasionará un aumento en la mortalidad antes del destete [17]. Sin embargo, en el presente trabajo la correlación entre el orden de parto y el número de lechones destetados, aunque positiva fue baja, tendiéndose a la ausencia de correlación entre las variables.

El peso de camada al destete fue diferente ($P < 0,05$) según el tipo de catéter empleado en el momento de la inseminación y el orden de parto en que se encontraba la hembra. Se observó que las camadas de las hembras multíparas presentaron pesos mayores al destete, así como las de las hembras inseminadas con el catéter intrauterino (cuadro 1). Es probable que este resultado esté relacionado con la fisiología del crecimiento en las hembras multíparas en relación con las de primer parto. A pesar de que, en la sincronización de las hembras nulíparas, el Altrenogest funciona como un coadyuvante de la condición corporal de las cerdas [19], estas últimas aún deben terminar de crecer, por lo que destinan parte de sus reservas corporales a ello en detrimento de la producción láctea, fenómeno que no se presenta en las hembras de orden de parto superior, para las que únicamente se debe adecuar una dieta de hembra lactante para poder lograr una camada más pesada al destete. La variable *peso de camada al destete* está directamente relacionada con la habilidad materna y no tanto con el tipo de catéter utilizado, ya que el crecimiento de los lechones va a depender de la habilidad de la madre para la producción de leche y de la habilidad de los lechones para alimentarse y utilizar los nutrimentos contenidos en el fluido lácteo [20]. Aunque no hubo efecto de la interacción catéter-orden de parto ($P > 0,05$) sobre el peso de la camada al destete, se nota una tendencia relevante de incidencia del tipo de catéter de inseminación utilizado según el orden de parto de la cerda (figura 6). En las hembras nulíparas pareciera que es mejor utilizar el catéter intracervical.; la reducción del peso de su camada al destete podría explicarse más por la fisiología de crecimiento de las primerizas y la habilidad materna como hembras reproductoras.

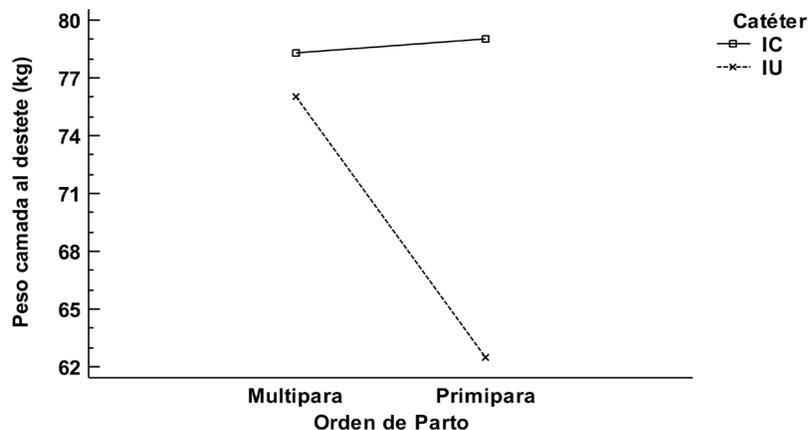


Figura 6. Peso de camada al destete (kg) según el catéter de inseminación artificial utilizado y el orden de parto de la hembra

Conclusiones

De las hembras multíparas nacieron mayor número de lechones muertos, lechones nacidos en total, así como peso de camada al nacimiento y al destete. La utilización del catéter de inseminación artificial intrauterino está asociada a camadas más pesadas al destete, pero esta asociación debe ser estudiada más detalladamente. El uso de la sonda intrauterina en cerdas nulíparas ocasiona sangrado en el momento de la inseminación, y puede ocasionar lesiones en el aparato reproductor de la hembra.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por la Fundación para el Fomento y la Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (FITTACORI) y el Programa de Innovación y Transferencia de Tecnología (PITTA), Cerdos, del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Los autores agradecen por su colaboración al dipl. José Rodrigo Solís y al Sr. Juan Orozco, del Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Referencias

- [1] E. Hafez, *Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos*, 6.ª ed. México D.F.: McGraw-Hill, 1996, 542 pp.
- [2] R. V. Knox, "Artificial insemination in pigs today," *Theriogenology*, vol. 85, no. 1, pp. 83-93, 2016.
- [3] D. C. Levis, S. Burroughs, and S. Williams, "Use of intra-uterine insemination of pigs: pros, cons., and economics," in *Proceedings of the American Association of Swine Veterinarians*, pp. 39-62, 2001.
- [4] P. F. Watson and J. R. Behan, "Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: Results of a commercially based field trial," *Theriogenology*, vol. 57, no. 6, pp. 1683-1693, 2002.
- [5] B. A. Belstra, "Intrauterine (transcervical) and fixed-time artificial insemination in swine." North Carolina State University. 2002. Obtenido de: https://www.ncsu.edu/project/swine_extension/swinereports/2002/belstra3.htm
- [6] J. A. Di Rienzo, F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo, "InfoStat versión 2017", Grupo InfoStat, F.C.A., Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2017.
- [7] Ch. J. E. Llanes, L. A. Alzina, C. J. C. Segura, F. M. J. Álvarez y C. G. Góngora, "Porcentaje de gestación y prolificidad de cerdas en el trópico utilizando las técnicas de inseminación artificial convencional e intrauterina", *Livestock Research for Rural Development*, vol. 19, no. 10, 2007.
- [8] A. K. W. Sánchez, "Evaluación de la inseminación artificial intra cervical y pos cervical con semen fresco en cerdas de la empresa GRANPORSA S.A., Bucay, Ecuador", tesis de licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano), Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria, Honduras, 2007.
- [9] E. F. Knol, B. J. Ducro, J. A. M. Van Arendonk, and T. Van der Lande, "Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing, pre-weaning and total piglet survival," *Livestock Production Science*, vol. 73, no. 2-3, pp. 153-164, 2002.
- [10] K. L. Gatford, R. J. Smits, C. L. Collins, M. J. De Blasio, C. T. Roberts, M. Nottle, W. H. E. J. van Wettere, K. L. Kind, and J. A. Owens, "Maternal low-dose porcine somatotropin treatment in late gestation increases progeny weight at birth and weaning in sows, but not in gilts," *Journal of Animal Science*, vol. 90, no.5, pp. 1428-1435, 2015.
- [11] G. J. García, L. M. A. Herradora y M. R. G. Martínez, "Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones", *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 2, n.º 4, pp. 403-414, 2011.
- [12] R. D. Mota, H. Orozco, M. Alonso-Spilsbury, D. Villanueva-G, J. Martínez-Burnes, A. López, L.M. González, O.M.E. Trujillo y N. R. Ramírez-Necoechea, "Asfisia perinatal en el bebé y neonato porcino", en *Perinatología animal. Enfoques clínicos y experimentales*, R. D. Mota, O. A. Nava, G. D. Villanueva y S. M. Alonso (Eds) México: BM Editores. 2008, pp. 287-304.
- [13] D. J. Mellor and K. J. Stafford, "Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals," *The Veterinary Journal*, vol. 168, no. 2, pp. 118-133, 2004.
- [14] H. M. Miller, S. M. Carroll, F. H. Reynolds, and R. D. Slade, "Effect of rearing environment and age on gut development of piglets at weaning," *Livestock Production Science*, vol. 108, no. 1-3, pp. 124-127, 2007.
- [15] C.A.F. Miranda, "Inseminación artificial con sonda postcervical en cerdos: implementación, evaluación e incidencias", Corporación Universitaria Lasallista Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Antioquia, Colombia, 35 pp., 2012.
- [16] B. N. Milligan, D. Fraser, and D. L. Kramer, "Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights," *Livestock Production Science*, vol. 76, no.1-2, pp. 181-191, 2002.

- [17] J. G. M. Wientjes, N. M. Soede, C. M. C. van der Peet-Schwering, H. van den Brand, and B. Kemp, "Piglet uniformity and mortality in large organic litters: Effects of parity and pre-mating diet composition," *Livestock Production Science*, vol. 144, no. 3, pp. 218-229, 2012.
- [18] J. G. Wientjes, N. M. Soede, E. F. Knol, H. van den Brand, and B. Kemp, "Piglet birth weight and litter uniformity: Effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines," *Journal of Animal Science*, vol. 91, no. 1, pp. 2099-2107, 2015.
- [19] N. Everaert, C. van der Haeghe, B. Mateusen, A. Dewulf, A. van Soom, A. Kruif, and D. Maes, "Effects of post-weaning altrenogest treatment in primiparous sows," *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, vol. 76, no. 4, pp. 293-299, 2007.
- [20] A. Chang, O. Verde y L. Soler, "Efectos genéticos y ambientales sobre los pesos de camadas a diferentes edades predestete en cerdos", *Zootecnia Tropical*, vol. 17, n.º 2, pp. 155-174, 1999.