

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):22-33. Recibido: 15/02/2016 Aceptado: 07/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.2>

Efecto de la adición de oxitocina al semen en la infertilidad estacional de las cerdas

Effect of the supplementation of oxytocin to the semen on the seasonal infertility of the SOWS

Romo-Valdez J romo_14@hotmail.com Romo-Rubio J* romo60@uas.edu.mx Barajas-Cruz R rubar@uas.edu.mx Güémez-Gaxiola H¹ hectorguem@gmail.com Rodríguez-Gaxiola M m_angel2412@hotmail.com Urías-Castro C el_magnum1@hotmail.com

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México.

*Autor responsable y de correspondencia: Romo-Rubio Javier. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; Boulevard San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80246.

Resumen

Para determinar el efecto de la adición de oxitocina al semen en el desempeño reproductivo de las cerdas servidas durante la época de verano-otoño, se utilizaron 223 cerdas multíparas híbridas, asignadas a uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (n = 111), cerdas inseminadas con dosis seminales reducidas (1.5×10^9 espermatozoides en 40 mL de diluyente), y 2) Grupo de prueba (n = 112), testigo más la adición de 4 UI de oxitocina antes del servicio. Las cerdas fueron inseminadas entre junio y octubre de 2012, usando la técnica de inseminación post-cervical. El número de lechones nacidos totales (LNT) y nacidos vivos (LNV) fueron registrados al parto, a los que se le aplicó un ANDEVA ($P < 0.05$). La tasa de parto fue comparada por análisis de X^2 , utilizando tablas de contingencia 2 x 2. La adición de oxitocina al semen no modificó ($P > 0.05$) el tamaño de camada (11.03 vs. 10.78 LNT; 9.83 vs. 9.62 LNV). La adición de 4 UI de oxitocina al semen antes de la inseminación mejoró ($P = 0.03$) en 9.07 % la tasa de parto (84.68 vs. 93.75%). Se concluye que la adición de 4 UI de oxitocina a dosis seminales reducidas mejora la tasa de parto en hembras inseminadas durante la época cálida.

Palabras clave: tasa de parto, tamaño de camada, oxitocina, cerda.

Abstract

To determine the effect of oxytocin addition to semen on the performance of sows served, during summer-autumn, 223 multi parturient hybrid sows were utilized, assigned to one of two treatments in a completely randomized design. Treatments were: 1) Control (n = 111), sows inseminated with a reduced semen dosage (1.5×10^9 viable sperms cells in 40 mL of diluent), and 2) Test group (n = 112) Control plus the addition of 4 IU oxytocin to semen before service. Sows were inseminated from June to October 2012, using the technique of post cervical artificial insemination. The total number born piglet (TBP) and total number alive born (TAB) were registered at calving, those who were compared by ANOVA ($P < 0.05$). The farrowing rate was compared by X^2 analyses, using 2 x 2 contingency tables. The addition of oxytocin to semen doses did not change ($P > 0.05$) litter size (11.03 vs. 10.78 TBP; 9.83 vs. 9.62 TAB). The 4 UI oxytocin addition to semen before service improved ($P = 0.03$) by 9.07 % the farrowing rate (84.68 vs. 93.75%). It is concluded that the addition of 4 IU of oxytocin to the reduced seminal doses, improves farrowing rate in sows inseminated during the warm season.

Keywords: Farrowing rate, litter size, oxytocin, sow.

INTRODUCCIÓN

El uso de la inseminación artificial (IA) es una práctica que se ha generalizado en las granjas porcinas comerciales; actualmente a nivel de campo, se usan tres técnicas: la IA intra cervical (IAIC), la IA post-cervical o IA intrauterina (IAPC o IAIU) y la IA intra uterina profunda (IAIUP). La diferencia entre las dos últimas es el lugar en donde es depositado el semen. En la IAPC el esperma se deposita en el cuerpo del útero, en tanto que en la IAIUP el semen es depositado en el segmento proximal de un cuerno uterino; ambas técnicas permiten reducir el número de espermatozoides, así como el volumen de las dosis seminales, respecto de la técnica de IAIC (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012). En este último caso, la cantidad de células viables por dosis va de $2.5 - 4 \times 10^9$ espermatozoides por inseminación, en un volumen de 70 – 100 ml de conservador (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012). La técnica de IAIUP permite reducir las dosis seminales a 0.15×10^9 espermatozoides viables por 5 ml de diluyente (Dimitrow *et al.*, 2007), sin modificar la tasa de parto en comparación con la IAIC; aunque disminuye el número de lechones por camada. En tanto que en la IAPC se pueden utilizar de $1 - 1.5 \times 10^9$ células espermáticas viables en un volumen de 26 – 40 ml de diluyente, con resultados de comportamiento reproductivo de las cerdas similares a los obtenidos con el uso de la IAIC (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012).

Además, el uso de las técnicas de IAPC y IAIUP disminuye el reflujo de semen (Vázquez *et al.*, 2008), lo que pudiera afectar los parámetros reproductivos de las cerdas.

Independientemente de la técnica de IA que se utilice, el objetivo final del protocolo de cruzamiento, es tener un número suficiente de células espermáticas viables en el oviducto, antes de la ovulación (Brüssow *et al.*, 2014). Cualquier acción que reduzca este reservorio puede comprometer la fertilidad (Brüssow *et al.*, 2008). Al respecto, cuando se utiliza la IA, se ha observado una menor cantidad de células espermáticas en el reservorio (en la unión útero-tubárica), debido a una inadecuada estimulación de la cerda durante y después de la inseminación, lo que resulta en una disminución de la cantidad de contracciones miométriales, ocasionando un pobre transporte de células espermáticas hacia el oviducto (Langendijk *et al.*, 2005).

La oxitocina se ha relacionado con el reflejo de monta, fertilización y contracción del músculo blanco del miometrio durante la cópula, sugerido que esta hormona peptídica está involucrada en el transporte del esperma en los animales domésticos (Clough *et al.*, 2006). También se ha informado que la cerda muestra una estacionalidad reproductiva que se manifiesta en una reducción de la fertilidad durante los periodos de verano y otoño (van Rensburg y Spencer, 2014; Knecht y Duziński, 2014; Lida y Koketsu, 2016). Se ha sugerido que el comportamiento reproductivo de la especie porcina depende en gran medida del fotoperiodo (Knecht *et al.*, 2013), la temperatura (Nardone *et al.*, 2010) y la combinación de temperatura, así como la humedad ambiental (Suriyasomboon *et al.*,

2006; Auvigne *et al.*, 2010). En este sentido, se ha observado que durante el verano disminuye la tasa de parto, se alarga el periodo de destete a estro, un mayor porcentaje de cerdas repite estro, disminuye el tamaño de camada (Suriyasomboon *et al.*, 2006) y hay más abortos (Bertoldo *et al.*, 2009). Todas estas manifestaciones son observadas de junio a noviembre en el hemisferio norte (Auvigne *et al.*, 2010).

Para mejorar el desempeño reproductivo de la cerda durante la época de infertilidad, se ha utilizado la adición de oxitocina a las dosis seminales (Peña *et al.*, 1998); al respecto se ha publicado que la adición de 5 UI de oxitocina a las dosis seminales, mejora la tasa de parto y tamaño de la camada de las cerdas inseminadas, durante la época de verano y otoño (Duzinski *et al.*, 2014); sin embargo, algunos estudios han mostrado resultados contradictorios sobre la tasa de parto, tamaño de camada y calidad espermática de especies animales, al tratarlas con oxitocina (Duzinski *et al.*, 2013; Cigdem y Ergun, 2015).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la adición 4 UI de oxitocina a dosis seminales reducidas al momento de la inseminación, en el desempeño reproductivo de las cerdas durante la época de verano-otoño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del área: el estudio se realizó bajo condiciones de campo, en la granja porcina “La Huerta” localizada en el municipio de Culiacán, Sinaloa; durante los meses de junio a octubre de 2012. La temperatura promedio registrada durante este periodo, en la estación meteorológica más cercana (Aguaruto, Culiacán), fue de 28.8 °C y humedad relativa de 69.8 % (CIAD, 2012).

Diseño experimental: se utilizaron 223 cerdas multíparas híbridas, las cuales fueron asignadas a uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar; los tratamientos consistieron en: 1) Testigo (n = 111), cerdas inseminadas, utilizando la técnica de inseminación artificial post-cervical, con una dosis reducida de semen sin adición de oxitocina (1.5×10^9 células espermáticas viables en 40 ml de conservador); 2) Grupo de prueba (n = 112), tratamiento similar al testigo más la adición de 4 UI de oxitocina.

Manejo de las cerdas postdestete: las cerdas multíparas usadas fueron destetadas a los 21 días después del parto y alojadas en corrales colectivos totalmente sombreados, en grupos no mayores de 20 hembras, con un espacio de 3.5 m²/animal, en donde tuvieron acceso libre al alimento (dieta a base de sorgo-pasta de soya, con 14% PC, 3.2 Mcal de EM) y agua de bebida. La detección de celo se realizó diariamente, por la mañana y por la tarde, permitiendo que la cerda tuviera contacto nariz con nariz con un semental maduro y aplicando presión sobre el lomo.

Se consideró a la cerda en estro cuando manifestó el reflejo de aceptación del macho y por el enrojecimiento y turgencia de la vulva. Una vez detectadas en celo, las cerdas se alojaron en jaulas de gestación individuales en donde fueron inseminadas. Durante su estancia en el área de gestación las cerdas recibieron alimentación restringida a 1.8 kg de alimento/día, servido por la mañana entre las 07:00 y 08:00 h.

Inseminación artificial post-cervical: la inseminación fue realizada con un kit comercial de catéter y cánula para inseminación post-cervical, que consiste de 72 cm de cánula flexible insertada dentro de un catéter cervical convencional. Las cerdas fueron inseminadas a las 12, 24 y 36 horas después de detectado el celo (tres inseminaciones por cerda). Las dosis seminales fueron de 1.5×10^9 células espermáticas viables en 40 ml de conservador, adicionadas o no con 4 UI de oxitocina inmediatamente antes de la inseminación.

El semen utilizado fue adquirido en la empresa PIC®; el estándar de calidad del semen utilizado fue: motilidad total mayor o igual al 80 %, espermatozoides normales mayor o igual al 70 %, gotas citoplasmáticas menos de 15 % y aglutinación menos de 30 %. Las dosis seminales fueron utilizadas dentro de las 12 y 72 horas después de su elaboración. El retorno al estro fue evaluado usando la estimulación sexual de un semental sexualmente activo, a partir de los 18 a los 24 días después de la inseminación. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonido a los 35 días post inseminación.

Mediciones: a los 110 días de gestación las cerdas fueron trasladadas a salas de maternidad cerradas con ventilación forzada, y alojadas en jaulas individuales. Al momento del parto se registró el total de lechones nacidos y lechones nacidos vivos por camada. La tasa de parto se determinó con base en la proporción de cerdas paridas en relación con el número de cerdas inseminadas en cada tratamiento.

Análisis estadístico: a los resultados de tamaño de camada se les aplicó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1985), utilizando el módulo de análisis de Varianza/covarianza del procedimiento para Modelos Lineales Generales de la Versión 8, del Paquete Estadístico Statistix®, fijándose un alfa máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística y se consideró a cada cerda como la unidad experimental. A la tasa de parto se le aplicó un análisis de X^2 , utilizando tablas de contingencia 2 x 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales reducidas (1.5×10^9 células espermáticas viables en 40 ml de diluyente), justo antes de la inseminación artificial post cervical (IAPC), de las cerdas durante la estación de verano-otoño en el desempeño reproductivo; se muestran en los Cuadros 1 y 2.

La tasa de parto (ver Cuadro 1) durante la época de verano-otoño fue mejorada ($P = 0.03$) por la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales. Estudios previos han mostrado que la adición de oxitocina a las dosis seminales mejora particularmente la tasa de parto.

En el presente estudio, la tasa de parto del grupo de prueba fue de 93.75 % vs. 84.68 % del grupo testigo; mejorando en 9.07 % este parámetro reproductivo. Estos resultados coinciden con lo observado por Peña *et al.* (1998), quienes observaron un aumento en la tasa de parto (73.02 vs. 54.39 %), al adicionar oxitocina a las dosis seminales durante la estación de verano. En ese estudio la IA se realizó de manera intra cervical, utilizando una dosis seminal de 100 ml y 3×10^9 espermatozoides viables. En estudio similar, Pandur *et al.* (2012a), observaron una mejora ($P < 0.05$) del 7.25 % (76.19 % vs. 68.95 %), en la tasa de parto en cerdas Large White, que fueron inseminadas con dosis seminales conteniendo 4 UI de oxitocina.

La diferencia tan marcada en la tasa de fertilidad observada en esos estudios con respecto a los resultados de nuestro trabajo, pudo deberse a la baja tasa de fertilidad de las cerdas utilizadas en los experimentos, o la técnica de inseminación utilizada y número de células espermáticas viables utilizadas por dosis; dado que con la IA intra cervical se tiene un mayor reflujo de semen (Vázquez *et al.*, 2008), lo que pudo haber limitado el transporte de un mayor número de espermatozoides a la región útero-tubárica.

En estudios posteriores, en donde se utilizó la técnica de IAIC con una mayor cantidad de espermatozoides viables por dosis adicionadas con oxitocina, la tasa de parto observada en las cerdas fue mayor. Duzinski *et al.* (2013), informaron que la adición de 5 UI de oxitocina a las dosis seminales (3.5×10^9 espermatozoides en 100 ml de diluyente), mejoró en 30.5 % (94.5 vs. 63.9 %) la tasa de parto en cerdas después de la IA durante la temporada de verano; la aplicación intramuscular de 5 UI de oxitocina no modificó este parámetro reproductivo (71.43 % vs. 69.3 %), sugiriendo que la estimulación de la contracción muscular del útero es más mayor cuando la oxitocina se adiciona al semen inmediatamente antes de la inseminación.

En un trabajo posterior, Duzinski *et al.* (2014), informaron que la adición de 5 UI de oxitocina al semen justo antes de la IA intra cervical (dosis con 3.5×10^9 espermatozoides en 100 ml de diluyente), mejoró en 6.35 % (92 % vs. 85.65 %) la tasa de parto en las cerdas durante las estaciones de verano y otoño. También Okazaki *et al.* (2014) comunicaron una mayor tasa de parto ($P < 0.05$; 87.5 % vs. 70.5 %) en cerdas que fueron inseminadas con dosis seminales (5×10^9 espermatozoides en 50 ml de diluyente) adicionadas con 5 UI de oxitocina. Sin embargo, Pandur *et al.* (2012b), no observaron mejoras ($P > 0.05$) en la tasa de parto en cerdas Duroc, inseminadas con dosis seminales (2.5×10^9 espermatozoides en 80 ml de diluyente) adicionadas con 4 UI de oxitocina; en dicho estudio el grupo experimental tuvo una tasa de parto del 72.33 % vs. 65.77 % del grupo testigo.

También se han demostrado los efectos positivos de la adición de oxitocina al semen en el momento de la IA en ratas (Nakata *et al.*, 2012). Okazaki *et al.* (2014), concluyeron que

la adición de oxitocina a dosis seminales líquidas ayudan en el transporte del esperma desde el útero al oviducto, lo que resulta en un mejor desempeño reproductivo. Además, se ha sugerido que la oxitocina está involucrada en el transporte del esperma en los animales domésticos (Clough *et al.*, 2006); fundamentalmente por la estimulación de la contracción del músculo liso del aparato reproductor de la hembra, ya que no se ha observado que mejore la movilidad de las células espermáticas (Okazaki *et al.*, 2014; Cebi y Akcay, 2015).

La mejora observada en la tasa de parto en el presente estudio, sugiere que la adición de oxitocina a las dosis seminales, previo a la IA, induce la contracción uterina inmediatamente después de la IA, favoreciendo el transporte de los espermatozoides en el tracto reproductor de la cerda, lo que asegura una mayor cantidad de espermatozoides viables en la unión útero-tubárica para la fertilización de los óvulos.

Las cerdas utilizadas en el presente estudio estuvieron expuestas a un THI = 79.5, lo que de acuerdo con Mader *et al.* (2006), estuvieron expuestas a estrés calórico. Al respecto se sabe que los animales homeotérmicos tienen una zona termoneutral, donde mantienen la temperatura corporal normal, con un gasto energético mínimo. La temperatura ambiente elevada, la radiación solar y la velocidad del viento elevan la temperatura efectiva del ambiente por encima de la zona termoneutral de los animales domésticos. Por lo tanto, la temperatura corporal del animal excede la zona termoneutral, y la carga térmica total rebasa la capacidad del animal para la disipación del calor (Bernabucci *et al.*, 2010), provocando en el animal estrés calórico. La temperatura ambiental elevada disminuye el consumo de alimento, la producción de leche y el desempeño reproductivo de las cerdas (Lewis y Bunter, 2011). Cuando la temperatura ambiental es acompañada de humedad relativa alta, el efecto de la temperatura ambiental es más pronunciado, debido a la menor disipación de calor por evapotranspiración (Marai *et al.*, 2007). El estrés por calor afecta la mayoría de los aspectos de la función reproductiva del macho y de la hembra, tales como: la tasa de gestación, ciclo estral, mortalidad embrionaria, motilidad espermática, así como la mortalidad y anomalías de los espermatozoides. Al respecto varias revisiones detallan los rasgos reproductivos afectados por el estrés calórico (Marai *et al.*, 2007; Hansen, 2009). Además, los animales seleccionados por su alto potencial productivo son menos tolerantes al calor que los animales con bajo potencial productivo (Najar *et al.*, 2010). Asimismo se ha informado que en las cerdas disminuye la fertilidad durante las estaciones de verano y otoño (Bertoldo *et al.*, 2012; Bloemhof *et al.*, 2013; Van Rensburg y Spencer, 2014; Knecht y Duziński, 2014; Iida y Koketsu, 2016); observándose que el comportamiento reproductivo depende en gran medida del fotoperiodo (Knecht *et al.*, 2013), la temperatura (Nardone *et al.*, 2010), y la combinación de temperatura y humedad ambiental (Suriyasomboon *et al.*, 2006; Auvigne *et al.*, 2010).

Durante el verano disminuye la tasa de parto, se alarga el periodo de destete a estro, un mayor porcentaje de cerdas repite estro, disminuye el tamaño de la camada (Suriyasomboon *et al.*, 2006), y hay más abortos (Bertoldo *et al.*, 2009); todas estas manifestaciones son observadas de junio a noviembre en el hemisferio norte (Auvigne *et al.*, 2010). La adición de oxitocina a las dosis seminales ha mejorado la respuesta productiva de la cerda durante el verano y otoño (Peña *et al.*, 1998; Duzinski *et al.*, 2013; Duzinski *et al.*, 2014).

La oxitocina es un neurotransmisor que se libera del hipotálamo por estimulación mecánica de la glándula mamaria, presión del feto en el extremo final del cérvix, o por estímulo de los mecanorreceptores de la vagina durante la cópula (Duzinski *et al.*, 2013), provocando la contracción del músculo liso; sin embargo, la liberación de oxitocina desde el hipotálamo puede ser bloqueada por el estrés calórico (Langendijk *et al.*, 2003); por lo que la mejora en la tasa de parto observada en este estudio, en las cerdas inseminadas con semen adicionado con 4 UI de oxitocina inmediatamente antes de su aplicación, es atribuible a la acción de la oxitocina sobre la contracción del músculo liso del útero y cuernos uterinos, asegurando con ello una mayor cantidad de espermatozoides en el reservorio espermático y la posibilidad de fertilización de los óvulos en cantidad suficiente para mantener el proceso de gestación.

El tamaño de la camada no fue modificado ($P > 0.05$; 11.03 vs. 10.78 LNT; 9.83 vs. 9.62 LNV) por la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los observados por Okazaki *et al.* (2014) y Duzinski *et al.* (2013), quienes comunicaron que la adición de oxitocina a las dosis de semen, fresco y congelado, no mejora el tamaño de camada al nacimiento; en tanto que Gibson *et al.* (2004), sugirieron que la adición de oxitocina a las dosis seminales puede mejorar la fertilidad, cuando el manejo de la IA no garantiza un adecuado reservorio de células espermáticas en el oviducto; sin embargo, Peña *et al.* (1998), al aplicar dosis seminales adicionadas con oxitocina tuvieron un incremento en el tamaño de camada (10.77 vs. 8.53). La diferencia en los resultados obtenidos por Peña *et al.* (1998), respecto al presente estudio, pueden deberse al pobre desempeño de las hembras utilizadas en ese estudio. Sin embargo, Duzinski *et al.* (2014), sugirieron que la IA de cerdas con dosis seminales adicionadas con 5 UI de oxitocina justo antes de la IA, mejoran el promedio del tamaño de la camada, independientemente de la estación del año, siendo más evidentes las diferencias a favor en invierno y primavera con respecto de verano y otoño. Por su parte, Pandur *et al.* (2012a; 2012b), obtuvieron más de 1.10 lechones por camada al utilizar dosis seminales con oxitocina.

Se ha sugerido que hay diferencias en la tolerancia al estrés calórico entre líneas de cerdas, que se ve reflejado principalmente en el tamaño de camada (Bloemhof *et al.*, 2008); esto pudiera explicar la variación e inconsistencia en los resultados obtenidos en

el tamaño de camada, en las cerdas que fueron inseminadas con dosis seminales adicionadas con oxitocina, en los diferentes estudios realizados. Otra variable que pudo haber modificado la respuesta productiva en este parámetro, es la cantidad de células espermáticas viables por dosis de inseminación, dado que en los estudios donde el número de espermatozoides por dosis (adicionada con oxitocina) fue mayor a 3×10^9 , el tamaño de camada observado también fue mayor.

	Tratamientos	
	Testigo	4 UI de Oxitocina
Cerdas, n	111	112
Cerdas paridas, n	94	105
Cerdas vacías, n	17	7
Tasa de parto (%)	84.68 ^a	93.75 ^b

^{a, b} Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística ($P = 0.03$)

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina en la tasa de parto de cerdas inseminadas mediante la técnica de inseminación post cervical durante la época de verano-otoño.

	Tratamientos			
	Testigo	4 UI Oxitocina	EEM ¹	P
Cerdas, n	111	112		
LNT ²	11.03	10.78	0.2239	0.5771
LNV ³	9.83	9.62	0.2132	0.6228

¹Error estándar de la media; ²LNT, Lechones nacidos totales; ³LNV, Lechones nacidos vivos

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina en el tamaño de camada en cerdas inseminadas mediante la técnica post cervical durante la época de verano-otoño.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que la inseminación con dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina, inmediatamente antes de la inseminación artificial, mejora la tasa de parto en hembras servidas durante la época de verano-otoño en el Noroeste de México; sin embargo, no incrementa el tamaño de la camada al nacimiento.

Agradecimientos. Los autores del presente trabajo hacen patente su agradecimiento al MC. Héctor Raúl Güémez Gaxiola, propietario de la granja porcina “La Huerta” y al PROFAPI-UAS en su edición 2012, por el apoyo económico recibido para el desarrollo del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- AUVIGNE V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi O, Sallé E. 2010. Seasonal infertility in sows: A five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. *Theriogenology*. 74:60–66. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019>
- BERNABUCCI U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 4(7):1167–1183. ISSN: 1751-732X, <https://dx.doi.org/10.1017/S175173111000090X>
- BERTOLDO M, Grupen CG, Thomson PC, Evans G, Holyoake PK. 2009. Identification of sow-specific risk factors for late pregnancy loss during the seasonal infertility period in pigs. *Theriogenology*. 72:393–400. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.03.008>
- BERTOLDO MJ, Holyoake PK, Evans G, Grupen CG. 2012. Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reproduction, Fertility and Development*. 24:822-834. ISSN: 1031-3613, <http://dx.doi.org/10.1071/RD11249>
- BLOEMHOF S, Mathur PK, Knol EF, van der Waaij EH. 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of Animal Science*. 91:2667-2679. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas2012-5902>
- BLOEMHOF S, van der Waaij EH, Merks JWM, Knol EF. 2008. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. *Journal of Animal Science*. 86:3330–3337. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-0862>
- BRÜSSOW K-P, Egerszegi I, Rátky J. Is the Function of the Porcine Sperm Reservoir Restricted to the Ovulatory Period? 2014. *Journal of Reproduction and Development*. 60 (5):395-398. ISSN, 0916-8818, <http://dx.doi.org/10.1262/jrd.2014-044>
- BRÜSSOW K-P, Rátky J, Rodriguez-Martinez H. 2008. Fertilization and Early Embryonic Development in the Porcine Fallopian Tube. *Reproduction in Domestic Animals*. 43 (Suppl. 2): 245–251. ISSN: 0936-6768, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01169.x>
- CEBÍ SC, Akcay E. 2015. The effect of oxytocin and prostaglandin hormones added to semen on stallion sperm quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39:705-708. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1412-69>

CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Culiacán). 2012. Sistema Estadístico del Clima Automatizado de Sinaloa. <http://187.141.135.166/CIAD/DatosPorMes.aspx>

CIGDEM CS, Ergun AC. 2015. The effect of oxytocin and prostaglandin hormones added to semen on stallion sperm quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39: 705-708. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1412-69>

CLOUGH CJ, Campbell MLH, Matson T. 2006. The effect of inclusion of oxytocin in semen extender on spermatozoa motility. *Animal of Reproduction Science*. 94:132–134. ISSN: 0378-4320, <https://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.035>

DIMITROW S, Jeliaskov E, Levis D. 2007. Deep intrauterine and transcervical insemination of sows and gilts. *Trakia Journal of Sciences*. 5 (1):40-46. ISSN: 1313-7050, http://tru.uni-sz.bg/tsj/Vol5N1_2007/Dimitrov%20et%20al.pdf

DUZINSKI K, Knecht D, Gajewczyk P. 2013. Effect of oxytocin treatment on the reproductive performance of sows after artificial insemination with liquid semen. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 37: 575–581. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1211-35>

DUZINSKI K, Knecht D, Srodon S. 2014. The use of oxytocin in liquid semen doses to reduce seasonal fluctuations in the reproductive performance of sows and improve litter parametersda 2-year study. *Theriogenology*. 81:780-786. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.003>

GIBSON S, Tempelman RJ, Kirkwood RN. 2004. Effect of oxytocin supplemented semen on fertility of sows bred by intrauterine insemination. *Journal of Swine Health and Production*. 12:182–185. ISSN 1537-209x, <https://www.aasv.org/shap/issues/v12n4/v12n4p182.pdf>

HANSEN PJ. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 364(1534):3341–3350. ISSN: 0080–4614, <https://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>

HERNÁNDEZ-CARAVACA IVÁN, Izquierdo-Rico MJ, Matás C, Carvajal JA, Vieira L, Abril D, Soriano-Úbeda C, García-Vázquez FA. 2012. Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Animal Reproduction Science*. 136:14 – 22. ISSN: 0378-4320, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.007>

IIDA R, Koketsu Y. 2016. Lower farrowing rate in female pigs associated with higher outdoor temperatures in humid subtropical and continental climate zones in Japan. *Animal*

Reproduction, Belo Horizonte. 13 (2):63-68. ISSN: 1984-3143, <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR728>

KNECHT D, Duziński K. 2014. The effect of parity and date of service on the reproductive performance of Polish Large White × Polish Landrace (PLW × PL) crossbred sows. *Annals of Animal Science.* 14 (1):69–79. ISSN: 2300-8733, <https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0077>

KNECHT D, Srodon S, Szulc K, Duzinski K. 2013. The effect of photoperiod on selected parameters of boar semen. *Livestock Science.* ISSN: 1871-1413, 157:364-371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.027>

LANGENDIJK P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B. 2003. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. *Theriogenology.* 59 (3-4): 849–861. ISSN: 1879-3231, [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01157-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01157-3)

LANGENDIJK P, Soede NM, Kemp B. Uterine activity, sperm transport, and the role of boar stimuli around insemination in sows. 2005. *Theriogenology.* 63:500-513. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.09.027>

LEWIS CRG, Bunter KL. 2011. Effects of seasonality and ambient temperature on genetic parameters for production and reproductive traits in pigs. *Animal Production Science.* 51:615–626. ISSN: 0378-4320, <http://dx.doi.org/10.1071/AN10265>

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science.* 84:712-719. ISSN: 1525- 3163, <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/608>

MARAI IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. *Small Ruminant Research.* 71:1–12. ISSN: 0921-4488, <http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

NAJAR T, Rejeb M, Ben M'Rad M. 2010. Modeling the effects of heat stress on some behavior and physiological parameters in cows. In: D. Sauvant, J. Van Milgen, P. Faverdin, N. Friggens (eds), *Modelling Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals.* Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp.130–136. ISBN:978-90-8686-156-9; <http://dx.doi.org/10.3920/978-90-8686-712-7>

NAKATA M, Okuda Y, Yamashita Y, Nakauchi C, Ito J, Kashiwazaki N. 2012. Successful production of offspring using cryopreserved sperm via nonsurgical artificial insemination in rats. *Journal of Reproduction and Development.* 58(4):501–504. ISSN, 0916-8818, <http://doi.org/10.1262/jrd.2012-014>

NARDONE A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*. 130(1-2):57-69. ISSN: 1871-1413, <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

OKAZAKI T, Ikoma E, Tinen T, Akiyoshi T, MORI M, TESHIMA H. 2014. Addition of oxytocin to semen extender improves both sperm transport to the oviduct and conception rates in pigs following AI. *Animal Science Journal*. 85:8–14. ISSN: 1740-0929, <https://dx.doi.org/10.1111/asj.12089>

PANDUR I, Pacala N, Iezan V. 2012b. The influence of oxytocin added to diluted boar semen on the main reproduction parameters calculated for Duroc sows that were artificially inseminated. *Porcine Research*. 2 (1):11 – 15. ISSN: 2248-311X, http://www.porc.bioflux.com.ro/docs/Porc_Res_2012.11-15.pdf

PANDUR ID, Pacala N, Iezan V. 2012a. The Influence of Oxytocin Added to Diluted Boar Semen on the Main Reproduction Parameters Calculated for Large White Sows that were Artificially Inseminated. *Animal Sciences and Biotechnologies*. 45 (1):226-229. ISSN, 1841-9364, www.usab-tm.ro/utilizatori/ZOOTEHNIE/file/.../Pandur2.pdf

PEÑA FJ, Dominguez JC, Carbajo M, Anel L, Alegre B. 1998. Treatment of swine summer infertility syndrome by means of oxytocin under field conditions. *Theriogenology*. 49, 829–36. ISSN: 1879-3231, [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00032-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00032-6)

STEEL GD, Torrie JH. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. (2da. Ed.). McGraw- Hill, México, D. F. 132-162. ISBN: 0-07-060926-8

SURIYASOMBOON A, Lundeheim N, Kunavongkrit A, Einarsson S. 2006. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*. 65:606–28. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005>

VAN RENSBURG LJ, Spencer BT. 2014. The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. *Journal of Veterinary Research*. 81(1):1-7. ISSN: 2219-0635, <http://www.ojvr.org/index.php/ojvr/article/view/824/html>

VÁZQUEZ JM, Roca J, Gil MA, Cuello C, Parrilla I, Vázquez JL, Martínez EA. 2008. New developments in low-dose insemination technology. *Theriogenology*. 70:1216–1224. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.013>