



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, el que suscribe Juan Manuel Romo Valdez, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 98187211, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Javier Alonso Romo Rubio y del Dr. Rubén Barajas Cruz y cede los derechos del trabajo titulado “Efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

---

Juan Manuel Romo Valdez

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**TESIS**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN INTRAUTERINA DE SEMEN  
ADICIONADO CON OXITOCINA EN LA RESPUESTA  
REPRODUCTIVA DE CERDAS SERVIDAS DURANTE EL  
VERANO Y OTOÑO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA  
JUAN MANUEL ROMO VALDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO**

**CO-DIRECTOR  
DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ**

**ASESORES:  
MC HÉCTOR RAÚL GÜÉMEZ GAXIOLA  
MC JUAN MANUEL URIARTE LÓPEZ**

**CULIACÁN, SINALOA; ENERO DE 2014**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **JUAN MANUEL ROMO VALDEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA; Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CONSEJO PARTICULAR**

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO**

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

---

**DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ**

**ASESOR**

---

**MC HÉCTOR RAÚL GÜÉMEZ GAXIOLA**

**ASESOR**

---

**MC JUAN MANUEL URIARTE LÓPEZ**

**CULIACÁN, SINALOA; ENERO DE 2014**

**MC JAIME ELEAZAR BORBOLLA IBARRA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEL COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
PRESENTE.-**

Los abajo firmantes, miembros del Jurado de Grado, hacemos constar que la Tesis:

**“Efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño”**

Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias por el:

**C. JUAN MANUEL ROMO VALDEZ**

Ha sido revisada y considerando que cumple con los requisitos necesarios, se otorga el VOTO APROBATORIO, para ser impresa y defendida en el Examen de Grado en la fecha que la Universidad asigne para ello.

A t e n t a m e n t e

Culiacán, Sinaloa; a 20 de enero de 2014.

MC Héctor Raúl Güémez Gaxiola  
Presidente

MC Juan Manuel Uriarte López  
Secretario

Dr. Javier Alonso Romo Rubio  
Vocal A

Dr. Rubén Barajas Cruz  
Vocal B

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

**A MI ESPOSA:** Idania y a mis hijos Mar Itzel y Javier Alonso, por ser mi inspiración y motivación en todo momento de mi vida y por su valioso apoyo para la realización este trabajo.

**A MIS PADRES:** Por haberme inculcado los valores necesarios para ser un hombre de bien, por sus consejos y el apoyo incondicional, que en todo momento he recibido de su parte.

**A MIS HERMANAS:** Alma Gisela y Ana Mireya, por estar conmigo en todo momento y ser parte importante de mi vida.

**A MIS ASESORES:** Dr. Javier Alonso Romo Rubio, Dr. Rubén Barajas Cruz, MC Héctor Raúl Güémez Gaxiola y MC Juan Manuel Uriarte, por su gran ayuda para la realización de este trabajo.

**A LA GRANJA: “LA HUERTA”:** A su propietario, Sr. Héctor Raúl Güémez Gaxiola, por la oportunidad de ser parte de esta empresa, además de la responsabilidad y la confianza que me ha brindado durante esta etapa de mi vida.

**A MIS MAESTROS:** Dr. Javier Alonso Romo Rubio, Dr. J. José Portillo Loera, Dr. Rubén Barajas Cruz, por orientarme y estar siempre dispuestos a compartir su tiempo y conocimientos.

**AL PERSONAL DOCENTE:** A la Dra. Soila M. Gaxiola Camacho y MC Jaime E. Borbolla Ibarra, por ver en mi a una persona capaz de realizar este tipo de proyectos, y a todos mis maestros de Licenciatura y Posgrado por el apoyo brindado.

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:** A todos mis amigos, en especial a los del Postgrado en Ciencias Agropecuarias y Granja “La Huerta”, por los buenos momentos que pasamos juntos.

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

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Estacionalidad Reproductiva en los Cerdos .....	2
2.2. Estrés y Comportamiento Reproductivo.....	2
2.3. Efectos Fisiopatológicos del Estrés.....	4
2.4. Generalidades Sobre la Hormona Oxitocina.....	6
2.5. La Oxitocina y su Función Reproductiva.....	7
2.6. La Oxitocina y el Transporte Espermático.....	8
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. OBJETIVO.....	11
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
5.1. Localización del Área de Trabajo.....	12
5.2. Manejo de las Cerdas.....	12
5.3. Procedimiento Experimental.....	12
5.4. Análisis Estadístico.....	13
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
VII. CONCLUSIONES.....	17
VIII. LITERATURA CITADA.....	18

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Efecto de la oxitocina adicionada (4 UI) a dosis seminales en el tamaño de camada en cerdas inseminadas mediante la técnica post cervical durante la época de verano-otoño.....	14
2	Efecto de la oxitocina adicionada (4 UI) a dosis seminales en la tasa de parto de cerdas inseminadas mediante la técnica de inseminación post cervical durante la época de verano-otoño.....	16

## RESUMEN

### **Efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño**

**Juan Manuel Romo Valdez**

Doscientas veintitrés cerdas multíparas fueron utilizadas para evaluar el efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño en el noroeste de México. Las cerdas fueron asignadas al azar para ser inseminadas tres veces, con intervalos de 12 h después de detectadas en celo, con el semen del mismo semental(s) en uno de dos tratamientos: 1) Aplicación de tres dosis seminales ( $1.5 \times 10^9$  de células espermáticas viables contenidas en 40 mL de diluyente), a intervalos de 12 h (DSSOT,  $n = 111$ ), y 2) tratamiento similar al testigo pero con la adición de 4 UI de oxitocina al momento de la inseminación (DSCOT,  $n = 112$ ). Las cerdas fueron servidas de junio a octubre de 2012. El total de lechones nacidos (TLN), y los lechones nacidos vivos (LNV) fueron registrados al parto. Los resultados fueron analizados por ANDEVA para un diseño completamente al azar; la tasa de parto (TP) fue comparada usando análisis de  $X^2$ . Los tratamientos no modificaron ( $P > 0.05$ ) el TLN (11.0 vs. 10.8), ni el número de LNV (9.8 vs. 9.6). La adición de oxitocina mejoró ( $P < 0.03$ ) en 9.6% la TP, con valores promedios de 84.68 vs. 93.75%, respectivamente. Los resultados sugieren que la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales al momento del servicio, ( $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables), mejora la TP de cerdas multíparas servidas durante el verano y otoño en el noroeste de México, sin afectar otras variables de desempeño reproductivo.

**Palabras clave: Tasa de Parto, Tamaño de Camada, Inseminación Artificial, Oxitocina, Cerda.**



## ABSTRACT

### Effect of intrauterine application semen supplemented with oxytocin on the reproductive performance of sows served during the summer and autumn

**Juan Manuel Romo Valdez**

Two hundred and twenty three multi parturient sows were utilized to evaluate the effect of the applying of semen doses spiked with oxytocin, using the technique intra uterine artificial insemination, on reproductive performance of sows serviced during summer-autumn season in the North-West of Mexico. Sows were assigned randomly to be serviced twice with the semen from same boar(s) in one of two treatments: 1) Served with a reduced semen dosage equivalent to  $1.5 \times 10^9$  viable spermatozoa cell diluted in 40 mL of semen dose (CTRL, n = 111); or 2) Control plus addition of 4 IU oxytocin to semen at service time (OX, n = 112). Sows were serviced from June to October, 2012, using an intrauterine semen delivery device. The total number born (including mummified fetuses) and total number born alive were counted at farrowing. Results were compared by ANOVA for a completely randomized design; farrowing date was compared using  $X^2$  analyses. Treatments have no effect ( $P > 0.05$ ) on litter size (11.0 vs. 10.8), neither number born live piglets (9.8 vs. 9.6). OX enhances ( $P = 0.03$ ) 9.6% the farrowing rate, with mean values of 84.68 vs. 93.75% for CTRL and OX, respectively. Results suggest that the addition of 4 IU oxytocin to semen at service time ( $1.5 \times 10^9$  viable spermatozoa cell), improves farrowing rate of multi parturient sows serviced during summer and autumn in the North-West of Mexico, without effect on other reproductive performance variables.

**Key words: Farrowing Rate, Litter Size, Oxytocin, Artificial Insemination, Sow**

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de la inseminación artificial (IA) es una práctica que se ha generalizado en las granjas porcinas comerciales. El objetivo final del protocolo de cruzamiento es tener un número suficiente de células espermáticas en el oviducto 24 horas antes de la ovulación (Soede *et al.*, 1995), y cualquier acción que reduzca este reservorio puede comprometer la fertilidad. Cuando se utiliza la IA, una reducción del reservorio de células espermáticas puede ser el resultado de una inadecuada estimulación de la cerda durante y después de la IA, ocasionando una baja cantidad de contracciones miométriales y un pobre transporte de células espermáticas hacia el oviducto (Langendijk *et al.*, 2003). Se sabe que la oxitocina endógena es liberada por la cerda al momento de la monta en respuesta a la estimulación provocada por el semental, que puede, al menos parcialmente, explicar la importancia del cortejo del semental en el desempeño reproductivo posterior de la cerda (Soede, 1993); aumenta las contracciones en el útero y los oviductos (Reeves, 1987), y la infusión intrauterina de oxitocina incrementa el transporte del esperma (Backer *et al.*, 1968). También es conocido, que la cerda muestra una estacionalidad reproductiva que se hace patente por una reducción de la fertilidad durante los periodos de verano y otoño (Love, 1978, 1981; Hancock, 1988). La estacionalidad se caracteriza por una reducción en el número de cerdas paridas respecto de las montadas (Love *et al.*, 1993) y una reducción en el tamaño de la camada (Domínguez *et al.*, 1996). Las sustancias útero-tónicas mejoran la tasa de concepción y el tamaño de camada, al menos bajo ciertas condiciones, especialmente en hatos con baja fertilidad (Domínguez *et al.*, 1989). La adición de oxitocina al semen ha incrementado la tasa de parto en algunos casos, pero su efecto ha sido inconsistente (Flowers y Esbenshade, 1993). Sin embargo, Peña *et al.* (1998) informaron que el tamaño de camada y la tasa de parto fueron mejoradas por la oxitocina durante el periodo de infertilidad estacional en los meses de verano. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la oxitocina adicionada a dosis seminales en el desempeño reproductivo de la cerda durante la época de verano-otoño.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Estacionalidad reproductiva en los cerdos

Las cerdas de los hatos comerciales se reproducen exitosamente a través del año bajo un amplio rango de condiciones de manejo. Sin embargo, una disminución del 10-25% en su eficiencia reproductiva durante los meses de verano permanece como un problema en la industria porcina mundial, tanto bajo condiciones intensivas (Love *et al.*, 1993) como extensivas (Bray *et al.*, 1994); muchas de las cerdas servidas conciben y los embriones se desarrollan normalmente por 20-25 días antes de que la gestación sea interrumpida y la cerda retorne a estro 25 a 35 días después de la monta o servicio. Se ha sugerido que la falla de la cerda para mantener la gestación en verano y otoño es resultado de la interrupción del reconocimiento de la gestación provocando la regresión del cuerpo lúteo, pérdida de la gestación y retorno de la cerda al estro (Love *et al.*, 1993). También, la tasa de ovulación puede disminuir en verano y la duración del estro se prolonga, comparada con la parte final del otoño y durante el invierno. En consecuencia el intervalo celo posdestete se prolonga en verano y el apareamiento durante esta estación conduce a una baja tasa de concepción y camadas pequeñas (Claus y Weiler, 1985).

El manejo y factores relacionados con la nutrición, determinan el grado de los efectos estacionales sobre la reproducción en las explotaciones porcinas. Mejoras importantes en la fertilidad, de los hatos que sufren infertilidad estacional, son alcanzables proveyendo abundante alimentación antes de la monta a las cerdas jóvenes y adultas. Los tratamientos hormonales pueden ser un tanto efectivos, pero no son una solución sostenible para la infertilidad estacional (Peltoniemi y Virolainen, 2006).

### 2.2. Estrés y comportamiento reproductivo

El estrés puede ser definido de muchas maneras, pero una de las definiciones más aceptadas es una respuesta biológica a un evento que el individuo percibe como una amenaza a su homeostasis (von Borell *et al.*, 2007; Tilbrook *et al.*, 2000). Otra definición de estrés es la inhabilidad del animal de luchar contra el

medio ambiente o la incapacidad de adaptarse a éste y mantener la efectividad reproductiva (von Borell *et al.*, 2007). Existen muchos factores estresantes, los cuales tienen diferentes efectos y por lo tanto, diferencias en las respuestas al estrés de corto y largo tiempo (Tilbrook *et al.*, 2000). La respuesta al estrés es mediada por los factores estresantes (medio ambiente, físico o fisiológico) que pueden incrementar o disminuir la probabilidad del animal de reproducirse dependiendo de la situación específica (von Borell *et al.*, 2007), siendo las altas temperaturas y humedad relativa del medio ambiente atmosférico de las más perjudiciales para la productividad de una empresa de producción animal (St-Pierre *et al.*, 2003).

Los impactos del estrés calórico en la eficiencia reproductiva ha sido bien documentada y revisada (Jordan, 2003; Rivier *et al.*, 1986). Cada vez más, la exposición al estrés ha sido documentada como la causa más importante que conduce a fallas en la preñez (Nakamura *et al.*, 2008), así mismo, las altas temperaturas durante el verano pueden estar implicadas en la reducción de la fertilidad (Oseni *et al.*, 2004; Ozawa *et al.*, 2005).

El estrés materno es la causa más frecuente de infertilidad, aborto, complicaciones en la preñez tardía o efectos adversos en el desarrollo fetal (Nakamura *et al.*, 2008). El sistema reproductivo de la cerda es sensible al estrés calórico pre y post monta (St-Pierre *et al.* 2003), teniendo efectos en la reducción de la implantación y afectando el desarrollo del embrión en las cerdas (Einarsson *et al.*, 2008). Cuando el ganado lechero esta sujeto al estrés calórico, la eficiencia reproductiva también disminuye (Jordan, 2003). Otro efecto se da en el comportamiento sexual y maternal, mismos que son fuertemente restringidos en cerdos de granjas comerciales (von Borell *et al.*, 2007). A esta disminución en la fertilidad se le llama síndrome de infertilidad del verano y se caracteriza por una reducción en el número de hembras paridas. Estos efectos estacionales adversos en la eficiencia reproductiva son de significancia económica considerable para la industria porcina (Peña *et al.*, 1998).

### 2.3. Efectos fisiopatológicos del estrés

Las neuronas sensibles a la temperatura se localizan alrededor del cuerpo del animal y mandan la información al hipotálamo, que involucra numerosos cambios fisiológicos, anatómicos y de comportamiento, intentando mantener el balance de calor (West, 2003). Los estímulos que desafían la homeostasis son comúnmente llamados estresores, usualmente un estresor activa el eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (Turner *et al.*, 2002) y el sistema simpático-adrenal (Tilbrook *et al.*, 2000); pero el número y las vías fisiológicas que son activadas por el estrés dependen del tipo de estresor (Turner *et al.*, 2002).

La percepción de los estímulos estresantes lleva a la activación del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA), que a su vez da como resultado la liberación de una variedad de péptidos, principalmente la hormona liberadora de corticotropina (CRH) y vasopresina del hipotálamo (Buckingham *et al.*, 1997). La CRH estimula la liberación de hormona adrenocorticotropa (ACTH) y otras pro-opiomelanocortinas (POMC) derivados de péptidos, como la  $\beta$ -endorfinas, desde el lóbulo anterior de la hipófisis. La ACTH actúa sobre la glándula adrenal y provoca la secreción de hormonas corticoides como el cortisol, progesterona, y posiblemente metabolitos de prostaglandina  $F2\alpha$  (Madej *et al.*, 2005). El estrés también involucra la activación del sistema nervioso simpático y la médula adrenal. Esto provoca la liberación de catecolaminas, como la adrenalina y noradrenalina, a la corriente sanguínea, induciendo un incremento en el suministro de glucosa por la aceleración en la degradación del glucógeno hepático (Vellucci, 1997). Los glucocorticoides también estimulan la lipólisis y la gluconeogénesis (la conversión aminoácidos a glucosa), lo cual conduce a un aumento del metabolismo para mejorar la capacidad para afrontar el estrés (Razdan, 2003). La respuesta al estrés está influenciada por varios factores tales como el estado metabólico, estado de salud, la edad y la madurez sexual. La respuesta al estrés es igualmente dependiente a la naturaleza, intensidad y la duración del evento estresante (Einarsson *et al.*, 2008); además, hay una gran variación individual entre los cerdos en su capacidad para hacer frente al estrés y cada factor de

estrés tiene un efecto inespecífico (estimulación del eje HPA) así como específico (activación de órgano blanco).

Desde hace varias décadas se sabe que el estrés por calor reduce la implantación y pone en peligro el desarrollo del embrión en el cerdo. Edwards *et al.* (1968) encontraron que las cerdas jóvenes son más sensibles al estrés por calor antes del día 15 de la gestación que durante los 15-30 días post cruzamiento. Omtvedt *et al.* (1971) ilustraron una mayor reducción en el número de embriones viables entre las hembras expuestas a temperaturas elevadas durante los días 8-16 después del cruzamiento que entre los 0-8 días, lo que indica que el momento de la implantación es la etapa más sensible al estrés durante la gestación.

La temperatura ambiente alta que conduce a estrés térmico se ha asociado con la infertilidad estacional. Esto es especialmente cierto no sólo en las zonas tropicales. Varios estudios se han llevado a cabo usando dos o más niveles constantes de temperatura durante todo el día con una humedad relativa baja o moderada. En estos estudios, las altas temperaturas provocaron un intervalo destete-servicio prolongado, lo que se asoció, en parte, con una disminución del apetito (Prunier *et al.*, 1997; Koketsu *et al.*, 1996). Suriyasomboon *et al.* (2006) encontraron una variación estacional en el comportamiento reproductivo de las cerdas, pero no observaron efecto negativo de las altas temperaturas y humedad relativa antes del destete/apareamiento o al momento del parto sobre el tamaño de la camada. Sin embargo, se ha indicado que la concentración plasmática de cortisol se encuentra elevada de manera significativa en cerdas anovulatorias en comparación con cerdas ovulando (Kunavongkrit *et al.*, 1984), indicando que el cortisol elevado puede ser un factor que inhibe la elevación de LH. Las cerdas en buen estado nutricional, que no pueden reanudar el ciclo estral después del destete tienen concentraciones plasmáticas elevadas de cortisol y  $\beta$ -endorfina, y menores concentraciones de LH alrededor del destete que las cerdas que reanudan el ciclo estral (Tsuma *et al.*, 1995).

Los efectos del estrés sobre la reproducción dependen del tiempo crítico del estrés, la predisposición genética y el tipo de estrés. El efecto crítico del estrés sobre la reproducción también está determinado por la duración de la respuesta

inducida por varios factores estresantes. El estrés prolongado o crónico usualmente provoca una inhibición de la reproducción, mientras que los efectos del estrés transitorio o agudo en ciertos casos es estimulante (por ejemplo la manifestación de estro), pero en la mayoría de los casos es dañino para la reproducción. Los procesos reproductivos más sensibles son la ovulación, expresión del comportamiento sexual, implantación del embrión, así como aquellos que están controlados por el sistema neuroendocrino (Einarsson *et al.*, 2008).

Las hormonas relacionadas con el estrés pueden afectar las funciones sexuales en los tres niveles del eje hipotálamo-hipófisis-gónada: en el cerebro, inhibiendo la secreción de GnRH; en la pituitaria, al interferir con la inducción de GnRH para la liberación de LH; y en las gónadas, al alterar los efectos estimulatorios de las gonadotropinas en la secreción de esteroides sexuales (Rivier *et al.*, 1991; Tilbrook *et al.*, 2000). El estrés también puede afectar la secreción de las gonadotropinas a través de mecanismos que modifican la síntesis o secreción de GnRH, la respuesta de las gonadotropinas a la acción de GnRH o sobre las acciones de retroalimentación de las hormonas gonadales (Tilbrook *et al.*, 2000).

#### **2.4. Generalidades sobre la hormona oxitocina**

La oxitocina es una hormona sintetizada en el hipotálamo y almacenada en la pituitaria posterior o neurohipófisis, desde donde se secreta hacia el torrente sanguíneo para actuar como una neurohormona; químicamente está clasificada como un nonapéptido cuyo peso molecular es de 1,007 Da (Malven, 1993). La oxitocina actúa a nivel central y periférica como neurohormona, neurotransmisor o neuromodulador (Kiss y Mikkelsen, 2005). Los receptores de oxitocina están presentes en el endometrio de cerdas ciclando (Whiteaker *et al.*, 1994; Okano *et al.*, 1996). La concentración de los receptores de oxitocina es mayor durante el estro que en la fase lútea y al inicio de la preñez (Okano *et al.*, 1996). Solamente hay un gen para el receptor de oxitocina, por lo tanto la misma proteína del receptor se expresa en el cerebro y en los órganos periféricos (Kiss y Mikkelsen, 2005).

La oxitocina es bien conocida en la reproducción femenina, en la cual está relacionada con el proceso del parto y en la iniciación de la lactación (Blanks y Thornton, 2003). En el músculo liso del endometrio actúa durante el parto para aumentar las contracciones uterinas y en las células mioepiteliales de las glándulas mamarias para provocar la salida de la leche en respuesta a la succión del pezón (Trout *et al.*, 1995).

En los machos la eyaculación está acompañada por elevaciones de oxitocina circulante y esta hormona facilita el transporte de los espermatozoides dentro del sistema reproductivo masculino y posiblemente también en el femenino, debido a su presencia en el fluido seminal (Ivell *et al.*, 1997). En los machos la administración de oxitocina estimula las contracciones del músculo liso que rodea los ductos del tracto genital.

## **2.5. La oxitocina y su función reproductiva**

La oxitocina es una hormona que está compuesta por nueve aminoácidos (Lee *et al.*, 2009), que ha sido extensamente estudiada por su función durante la lactancia y parto, y por su efecto en los comportamientos sexual, alimenticio, maternal y social (Sabatier, 2007; Lee *et al.*, 2009). La oxitocina se produce en el núcleo supraóptico y núcleo paraventricular del hipotálamo (Lee *et al.*, 2009). Es secretada dentro de la circulación sanguínea por los nervios terminales de las neuronas magnocelulares con proyección en la pituitaria posterior (Sabatier, 2007). Las dendritas de las neuronas magnocelulares son el mayor proveedor de oxitocina en el cerebro (Sabatier, 2007). La oxitocina tiene múltiples sitios de acción en el cuerpo y regula un gran número de procesos relacionados con la reproducción en todas las especies (Shmygol *et al.*, 2006). Particularmente es importante su habilidad para estimular las contracciones uterinas (Shmygol *et al.*, 2006); tiene efecto estimulante en el músculo liso ovárico (Roca *et al.*, 1976), y se considera el más potente agente útero-tónico conocido, y las contracciones uterinas son las de mayor importancia farmacológica (Shmygol *et al.*, 2006). La oxitocina estimula la contractibilidad ovárica, incrementando la amplitud y frecuencia de las contracciones (Roca *et al.*, 1976). Además, induce inhibición del



apetito y estimulación del comportamiento sexual (Sabatier, 2007). La oxitocina endógena es liberada por la cerda en el momento del apareamiento en respuesta a la estimulación ejercida por el verraco, lo cual puede explicar, al menos parcialmente, la importancia de la relación entre la actividad del cortejo del cerdo y el desempeño reproductivo de la cerda (Peña *et al.*, 1998).

## **2.6. La oxitocina y el transporte espermático**

La adición de oxitocina al semen se ha usado para mejorar la fertilidad en cerdos cuando se utiliza la inseminación artificial (Willenburg *et al.*, 2003); en borregas el tratamiento con oxitocina induce dilatación cervical y disminuye la dificultad del paso del catéter a través del cérvix al útero (Stellflug *et al.*, 2001).

La oxitocina induce contracciones uterinas y se cree que éstas juegan un papel importante en el transporte de los espermatozoides a los oviductos después de la inseminación (Langendijk *et al.*, 2005). La adición de oxitocina a las dosis seminales puede imitar el estímulo del verraco y así mejorar el transporte del esperma, bajo condiciones en que el estímulo del verraco en la inseminación es bajo (Peña *et al.*, 1998). La presencia del verraco en el acto de la monta, induce la liberación central de oxitocina en la hembra y esto incrementa la actividad uterina (Langendijk *et al.*, 2005), pero cuando se utiliza la inseminación artificial esta estimulación no alcanza el mismo nivel que en la monta natural; por otro lado, la estimulación táctil del tracto genital (cérvix) o del lomo y flancos de la hembra durante la inseminación artificial no causa liberación de oxitocina, por lo que se evidencia que el efecto de este estímulo en la actividad uterina es muy pequeño (Langendijk *et al.*, 2005). Para solucionar este problema se ha utilizado la oxitocina en algunos estudios. Peña *et al.* (1998) encontraron que la fertilidad de las hembras inseminadas durante el verano puede ser mejorada por la adición de 4 UI de oxitocina en la dosis seminal, justo antes de la inseminación artificial cervical, incrementando hasta en un 18.36% la tasa de parto. Asimismo cuando la oxitocina se inyecta intramuscularmente en hembras con baja frecuencia de contracciones uterinas, en éstas se muestra un gran incremento en la actividad uterina (Langendijk *et al.*, 2005). También, se ha informado que la adición de estrógenos,

PGF<sup>2</sup> $\alpha$  y oxitocina al semen de cerdo se ha usado para mejorar la reproducción utilizando la inseminación artificial (Willenburg *et al.*, 2003). Peña *et al.* (1998) indicaron que la infusión intrauterina de oxitocina incrementa las contracciones uterinas y del oviducto, y mejora el transporte del esperma. También se ha sugerido que mejora el pasaje cervical, dado que el semen se deposita a mayor profundidad en el aparato reproductivo femenino (2.9 cm vs. 1.9 cm; Viudes-de-Castro *et al.*, 2009). En otros estudios se ha observado que el tamaño de camada y la tasa de parto se mejoran por la aplicación de oxitocina al momento de la inseminación artificial durante el periodo de infertilidad estacional en los meses de verano (Willenburg *et al.*, 2003). Peña *et al.* (1998), reportó un incremento en el tamaño de la camada de 2.24 lechones, cuando la oxitocina fue agregada a la dosis de inseminación y 1.92 lechones cuando es inyectada a través de la vulva. La adición de oxitocina al semen puede también incrementar la tasa de partos en algunos casos, pero este efecto ha sido inconsistente (Willenburg *et al.*, 2003).

### **III. HIPÓTESIS**

La aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina mejora la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. **Objetivo General.**

Medir el efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la respuesta reproductiva de cerdas servidas durante el verano y otoño

### 4.2. **Objetivos específicos:**

1. Medir el efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en la tasa de parto de cerdas servidas durante el verano y otoño.
2. Medir el efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina en el tamaño de camada de cerdas servidas durante el verano y otoño.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. Localización del área de trabajo

El experimento se realizó durante los meses de junio a octubre de 2012, en la granja porcina “La Huerta” localizada en la sindicatura de Culiacancito, a 11 km de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, en el noroeste de México; con ubicación geográfica a 24° 49' de latitud norte y 107° 32' de longitud oeste, a una altura de 40 msnm, con una temperatura promedio anual de 25°C; con temperatura máxima 33.3°C y máxima extrema de 44.5°C durante los meses de verano; con temperaturas mínima de 16.3°C y mínima extrema de 1.5°C durante los meses de invierno, y una precipitación promedio anual de 675 mm, con la mayor precipitación durante los meses de verano (García, 1981; INEGI, 1977).

### 5.2. Manejo de las cerdas

Las cerdas recién destetadas fueron alojadas en corrales colectivos totalmente sombreados; alimentadas a libre acceso con una dieta que contuvo 14% de proteína cruda (PC) y 3.2 Mcal de Energía metabolizable (EM/kg), formulada con base a grano de sorgo molido y pasta de soya. Los animales tuvieron acceso permanente a agua limpia y fresca que se les ofreció con bebederos tipo chupón. La detección del estro se realizó diariamente, por la mañana (7 am) y por la tarde (6 pm), con la ayuda de un semental maduro que se introdujo a cada corral por un periodo de 15 minutos para estimular la manifestación de la conducta de celo y se consideró a la cerda en estro cuando manifestó el reflejo de aceptación del macho. Las cerdas detectadas en estro recibieron la aplicación de tres dosis de semen (Volumen seminal de 40 mL y  $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables) con el método de inseminación post cervical, a las 12, 24 y 36 horas después de detectado el estro.

### 5.3. Procedimiento experimental

Se utilizaron 223 cerdas híbridas (York X Landrace), las cuales fueron asignadas a uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar

(Steel y Torrie, 1985); los tratamientos consistieron en: 1) El grupo Testigo (n = 111) fueron inseminadas con una dosis de semen (Volumen seminal de 40 mL y  $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables) sin adición de oxitocina; 2) Grupo Adicionado con oxitocina, (n = 112) fueron inseminadas con una dosis de semen (Volumen seminal de 40 mL y  $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables) con adición de 4 U.I. de oxitocina.

Una vez transcurrido el tiempo de la gestación, al momento del parto se contó el número de lechones nacidos totales, incluyendo los nacidos muertos y lechones nacidos vivos y se consideró como el tamaño de la camada, y la tasa de parto fue determinada como la proporción en porcentaje de hembras paridas respecto de las que fueron inseminadas en cada tratamiento experimental.

#### **5.4. 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®; se fijó un alfa máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística y se consideró a cada cerda como la unidad experimental.

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_i = \mu + OX_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_i$  es la variable de respuesta (Tamaño de camada);

$\mu$  es la media general del experimento

$OX_j$  es el efecto del j-ésimo nivel de oxitocina

$E_{ijk}$  es el error aleatorio.

La tasa de parto se analizó mediante la prueba de  $X^2$ , utilizando tablas de contingencia de 2 x 2 (Steel y Torrie, 1985).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inseminación artificial de las cerdas durante los meses de junio a octubre, utilizando la técnica post-cervical para la aplicación de dosis seminales adicionadas con 4 UI de oxitocina se resume en el Cuadro 1, este tratamiento no modificó ( $P > 0.05$ ) el tamaño de la camada al nacimiento. El promedio de lechones nacidos totales en el grupo Testigo fue de 11.03 vs. 10.78 del grupo que recibió la aplicación de semen adicionado con oxitocina, en tanto que el promedio de lechones nacidos vivos fue de 9.83 vs. 9.62, respectivamente. Estos resultados coinciden a los obtenidos por Gibson *et al.* (2004), quienes al adicionar 5 UI de oxitocina a las dosis seminales (75 mL y  $2.5 \times 10^9$  espermatozoides viables) utilizadas para inseminar cerdas durante el mes de septiembre, no observaron mejoras en el tamaño de la camada. Sin embargo, Peña *et al.* (1998), observaron un incremento en el tamaño de camada (8.53 vs. 10.77) al inseminar las cerdas durante el verano con dosis de semen (100 mL y  $3 \times 10^9$  espermatozoides viables) adicionadas 4 UI de oxitocina; la diferencia en los resultados obtenidos por Peña *et al.* (1998), respecto al presente estudio, pueden deberse al pobre desempeño de las hembras del grupo testigo utilizadas en ese estudio, dado que las sustancias útero-tónicas mejoran el tamaño de camada en hatos con baja fertilidad (Domínguez *et al.*, 1989). En el presente estudio el promedio del tamaño de la camada de las hembras del experimento fue de 10.9 (EEM 0.224) LNT y 9.7 (EEM 0.213) LNV, superior al comportamiento de las cerdas testigos del experimento de Peña (2008).

La variable de tasa de parto fue mejorada ( $P < 0.05$ ) en las cerdas que recibieron inseminación artificial con dosis seminales (Volumen seminal de 40 mL y  $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables) adicionadas con 4 UI de oxitocina. La tasa de parto fue superior en 9.64%; el grupo Testigo tuvo una tasa de parto promedio de 84.68 vs. 93.75% del grupo de cerdas inseminadas con dosis seminales adicionadas con 4 UI de oxitocina. Los resultados de presente trabajo coinciden con lo observado por Peña *et al.* (1998), quienes observaron un aumento del 18.63% en la tasa de parto (54.39 vs 73.02) al adicionar oxitocina en las dosis seminales utilizadas

durante la estación de verano; el efecto tan marcado pudo deberse a la baja tasa de fertilidad de las cerdas utilizadas en dicho experimento. También, Gibson *et al.* (2004), observaron una mejora en la tasa de parto (93.4 vs. 67.9%) en cerdas que recibieron una sola inseminación, utilizando la técnica post cervical, con dosis seminales adicionales con 5 UI de oxitocina; sin embargo, en las cerdas que recibieron dos inseminaciones esta variable no fue mejorada.

**Cuadro 1.** Efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina (4 UI) en la tasa de parto de cerdas servidas durante el verano y otoño.

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

<sup>1</sup> Oxitocina 4 UI/dosis de semen; <sup>2</sup>Error estándar de la media; <sup>3</sup>LNT, Lechones nacidos totales; <sup>4</sup>LNV, Lechones nacidos vivos

El incremento en la tasa de parto observada en el presente estudio se puede explicar por la presencia de espermatozoides viables en el sitio de fertilización en el momento adecuado, lo que se logra elevando la velocidad de transportación de los mismos (Reeves, 1987). En tal sentido, el transporte del esperma se define como el movimiento del espermatozoide en el aparato reproductor de la hembra desde el sitio de deposición del semen (cérvix o cuerpo del útero) hasta el sitio de fertilización (ampolla del oviducto) (Reeves, 1987). Se sabe que la oxitocina incrementa las contracciones del útero y el oviducto (Reeves, 1987) y la infusión uterina de ésta incrementa el transporte del esperma (Baker *et al.*, 1968). Las cerdas inseminadas artificialmente carecen de estímulos adecuados en el momento de la IA (Claus y Schams, 1990; Hunter y Weisak, 1990; Soede, 1993), y esto puede ser especialmente marcado durante el verano (Dominguez *et al.*, 1996). La adición de oxitocina puede simular el estímulo del semental y por lo tanto mejorar el transporte de los espermatozoides en el aparato reproductivo de las cerdas inseminadas artificialmente (Soede, 1993). Los resultados del presente



estudio muestran que la fertilidad en las cerdas durante la época de verano-otoño, caracterizada por una baja en la fertilidad, puede ser mejorada con la adición de oxitocina (4 U.I.) a dosis seminales, inmediatamente antes de la inseminación.

**Cuadro 2.** Efecto de la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina (4 UI) en la tasa de parto de cerdas servidas durante el verano y otoño.

	Tratamientos	
	Testigo	Oxitocina <sup>1</sup>
Cerdas, n	111	112
Cerdas paridas, n	94	105
Cerdas vacías, n	17	7
Tasa de parto (%)	84.68 <sup>a</sup>	93.75 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística ( $P = 0.03$ )

<sup>1</sup> Oxitocina 4 UI/dosis de semen

## **VII. CONCLUSIONES**

Los resultados del presente trabajo, permiten concluir que la aplicación intrauterina de semen adicionado con oxitocina (4 UI) a cerdas servidas durante el verano y otoño, mejora la tasa de parto en hembras servidas durante la época de verano-otoño; sin embargo no incrementa el tamaño de la camada al nacimiento.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Baker, R. D., P. J. Dziuk, and H. W. Norton. 1968. Effect of volume of semen, number of sperm and drugs on transport of sperm in artificially inseminated gilts. *J. Animal Sci.*; 27:88.
- Blanks, A. M. and S. Thornton. 2003. The role of oxytocin in parturition. *An International Journal of Obstetrics y Gynaecology*; 110:46-51
- Bray, C. J., C. E. Sharpe and J. M. Bassett. 1994. Detailed analyses of individual sow records from outdoor pig units I. Seasonal variation in the incidence of barren sows. In Programme of the 45th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Edinburgh, Escocia; 304.
- Buckingham, J. C., A. M. Cowell, G. E. Gillies, A. E. Herbison and J. H. Steel. 1997. The neuroendocrine system: anatomy, physiology and responses to stress. In *Stress, stress hormones and the immune system*. Edited by: John Wiley & Sons. Chichester, Inglaterra; 9:47.
- Claus, R. and D. Schams. 1990. Influence of mating and intra - uterine oestradiol infusion on peripheral oxytocin concentrations in the sow. *J Endocrinol*; 126:361-365.
- Claus, R. and U. Weiler. 1985. Influence of light and photoperiodicity on pig prolificacy. *J Reprod Fertil*; (Suppl) 33:185-197.
- Domínguez, J. C., L. Anel, M. Carbajo y F. Peña. 1989. Efecto de la adición de oxitocina al semen sobre la fertilidad y prolificidad en la inseminación artificial porcina. *Anales Fac. Vet. León, España*; 35:113-116.
- Dominguez, J.C., F. J. Peña, L. Anel and M. Carbajo. 1996. Swine summer infertility syndrome in North West Spain. *Vet. Rec.*; 139:93-94.
- Edwards, R. L., I. T. Omtvedt, E. J. Turman, D. F. Stephens and G. W. A. Mahoney. 1968. Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. *J Reprod Fertil.*; (Suppl) 52:47-61.
- Einarsson, S., Y. Brandt, N. Lundeheim and A. Madej. 2008. Stress and its influence on reproduction in pigs: a review. *Acta Vet. Scand.*; 50:48.

- Flowers, W.L. and K. L.Esbenshade. 1993. Optimizing management of natural and artificial matings in swine. *J. Reprod. Fertil.*; (Suppl.) 48:217–228.
- Gibson S., R. J. Tempelman and R. N. Kirkwood. 2004. Effect of oxytocin-supplemented semen on fertility of sows bred by intrauterine insemination. *J Swine Health Prod.*; 12:182-185.
- Hancock R. D. 1988. Clinical observations on seasonal infertility in sows in Cornwall. *Veterinary Record*; 123:413-416.
- Hunter, M. G. and T. Weisak. 1990. Evidence for and implications of follicular heterogeneity in pigs. *J Reprod. Fertil.*; (Suppl) 40:163-177.
- Ivell, R., M. Balvers, W. Rust, R. Bathgate and A. Einspanier. 1997. Oxytocin and male reproductive function. *Adv. Exp. Med. Biol.*; 424:253-264.
- Jordan, E. R. 2003. Effects of Heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.*; (E. Suppl.) 86:E104–E114.
- Kiss, A. and J. D. Mikkelsen. 2005. Oxytocin – Anatomy and functional assignments: a minireview. *Endocrine Regulations*; 39:97-105.
- Koketsu Y., G. D. Dial, J. E. Pettigrew, W. E. Marsh and V. L. King.1996. Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. *J Anim. Sci.*; 74:1202-1210
- Kunavongkrit A., A. Madej and S. Einarsson. 1984. Plasma levels of cortisol in zero-weaned and lactating sows during the first two weeks post partum. *Domestic Animal Endocrinology*; 1:217-223.
- Langendijk P, E. G. Bouwman, D. Schams, N. M. Soede and B. Kemp. 2003. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. *Theriogenology*; 59:849–861.
- Langendijk P., N. M. Soede and B. Kemp. 2005. Uterine activity, sperm transport, and the role of boar stimuli around insemination in sows. *Theriogenology*; 63:500–513.
- Lee H. J., A. H. Macbeth, J. H. Pagani and W. S. Young. 2009. Oxytocin: the great facilitator of life. *Prog. Neurobiol.*; 88:127–151.
- Love R. J., G. Evans and C. Klupiec. 1993. Seasonal effects on fertility in gilts and sows. *Journal of Reproduction and Fertility*; 48:191–206.

- Love, R. J. 1978. Definition of a seasonal infertility problem in pigs. *Veterinary Record*; 103:443-446.
- Love, R. J. 1981. Seasonal infertility in pigs. *The Veterinary Record*; 31:407-409.
- Madej A., A. Mwanza, H. Kindahl and S. Einarsson. 2005. Effect of ACTH and CRH on plasma levels of cortisol and prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  metabolite in cycling gilts and castrated boars. *Acta Vet. Scand*; 46:249-256.
- Malven, P. V. 1993. *Mammalian Neuroendocrinology*. CRC Press. pag. 21-22. United States of America.
- Nakamura, K., S. Sheps and P. C. Arck. 2008. Stress and reproductive failure: past notions, present insights and future directions. *J Assist. Reprod. Genet.*; 25:47-62.
- Okano, A., K. Okuda, M. Takahashi and D. Schams. 1996. Oxytocin receptors in the porcine endometrium during the estrous cycle and early pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.*; 41:61-70
- Omtvedt, I. T., R. E. Nelson, R. L. Edwards, D. F. Stephens and E. J. Turman. 1971. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. *J Anim Sci.*; 32:312-317.
- Oseni, S., I. Misztal, S. Tsuruta, and R. Rekaya 2004. Genetic components of days open under heat stress. *J. Dairy Sci.*; 87:3022–3028.
- Ozawa, M., D. Tabayashi, T. A. Latief, T. Shimizu, I. Oshima and Y. Kanai 2005. Alterations in follicular dynamics and steroidogenic abilities induced by heat stress during follicular recruitment in goats. *Reproduction*; 129:621–630.
- Peltoniemi, O. A. and J. V. Virolainen. 2006. Seasonality of reproduction in gilts and sows. *Soc. Reprod. Fertil. (Suppl.)* 62:205-18.
- Peña, F. J., J. C. Dominguez, L. Carbajo, L. Anel, and B. Alegre. 1998. Treatment of swine summer infertility syndrome by means of oxytocin under field conditions. *Theriogenology*; 49:829–836.
- Prunier, A., M. Messias de Braganca and L. Le Dividich. 1997. Influence of high ambient temperature on performance of reproductive sows. *Livestock Production Science*; 52:123-133.

- Razdan, P. 2003. Stress and early pregnancy in sows. Effects on endocrinology, ova transport and embryo development. In *Doctoral thesis, Veterinaria 153, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. Suecia.
- Reeves, J. J. 1987. Reproduction of Domestic Animals. Ed. E. S. E. Hafez. Pp 85-106. EUA.
- Rivier, C., J. Rivier and W. Vale. 1986. Stress-induced inhibition of reproductive functions: role of endogenous corticotropin-releasing factor. *Science*; 231:607-609.
- Roca, R., E. Garófalo, H. Píriz, I. Martino, G. Rieppi and M. Sala. 1976. Effects of oxytocin on in vitro ovarian contractility during the estrous cycle of the rat. *Biology of Reproduction*; 15:464-466.
- Sabatier, N., I. Rowe and G. Leng. 2007. Central release of oxytocin and the ventromedial hypothalamus. *Biochemical Society Transactions*; 35:1247-1251.
- Shmygol, A., J. Gullam, A. Blanks and S. Thornton. 2006. Multiple mechanisms involved in oxytocin-induced modulation of myometrial contractility. *Acta Pharmacologica Sinica*; 27:827–832.
- Soede N. M., C. C. H. Wetzels, W. Zondag, M. A. I. de Koning and B. Kemp. 1995. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.*; 104:99–106.
- Soede, M. N. 1993. Boar stimuli around insemination affect reproductive recesses in pig. A review. *J. Reprod. Sci.*; 32:107-125.
- Steel, G. D. y J. H. Torrie. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2da. Ed.) McGraw-Hill. México, D. F.
- Stellflug J. N., M. C. Wulster-Radcliffe, E. L. Hensley, E. A. Cowardin, R. C. Seals and G. S. Lewis. 2001. Oxytocin-induced cervical dilation and cervical manipulation in sheep: effects of laparoscopic artificial insemination. *J. Anim. Sci.*; 79:568–573.

- St-Pierre N. R., B. Cobanov and G. Schnitkey. 2003. Economic Losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.*; 86:E52–E77.
- Suriyasomboon, A., N. Lundeheim, A. Kunavongkrit and S. Einarsson. 2006. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*; 65:606-628.
- Tilbrook, A. J., A. I. Turner and I. J. Clarke 2000. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *Rev. Reprod.*; 5:105-113.
- Trout, W. E., G. W. Smith, P. C. Gentry, J. M. Galvin and D. H. Keisler. 1995. Oxytocin secretion by the endometrium of the pig during maternal recognition of pregnancy. *Biol. Reprod.*; 52:189.
- Tsuma V. T., S. Einarsson, A. Madej and N. Lundeheim. 1995. Hormone profiles around weaning in cyclic and anoestrous sows. *Zentralbl Veterinarmed A.*; 42:153-163.
- Vellucci, S. V. 1997. The autonomic and behavioural response to stress. In *Stress, stress hormones and the immune System*. Edited by: John Wiley & Sons, Ltd.; 49-70. Chichester, Inglaterra.
- Viudes-de-Castro, M. P., I. Salvador, F. Marco-Jimenez, E. A. Gomez and M. A. Silvestre. 2009. Effect of oxytocin treatment on artificial insemination with frozen-thawed semen in Murciano-Granadina goats. *Reprod. Domest. Anim.*; 44:576-579.
- von Borell, E., H. Dobson and A. Prunier. 2007. Stress, behavior and reproductive performance in female cattle and pigs. *Horm. Behav.*; 52:130-138.
- Whiteaker, S.S., M.A. Mirando, W.C. Becker and C.E. Hostetler. 1994. Detection of functional oxytocin receptors on endometrium of pigs. *Biol. Reprod.*; 51:92-98.
- Willenburg K. L., G. M. Miller, S. L. Rodriguez-Sas and R. V. Knox. 2003. Influence of hormone supplementation to extended semen on artificial insemination, uterine contractions, establishment of sperm reservoir, and fertility in swine. *J. Anim. Sci.*; 81:821–829.