

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



TESIS

**EFFECTO DEL CONSUMO ADICIONAL DE CROMO EN
EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LA CERDA
NULÍPARA**

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

**PRESENTA
MARCELA COVARRUBIAS HERNÁNDEZ**

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

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

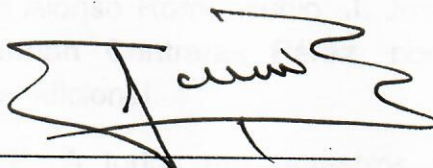
CULIACÁN, SINALOA; AGOSTO DE 2013

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

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

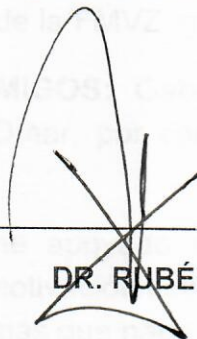
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS



DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

CO-DIRECTOR DE TESIS



DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESOR



MC HÉCTOR RAÚL GÜEMEZ GAXIOLA

ASESOR



MC JUAN MANUEL URIARTE LÓPEZ

CULIACÁN, SINALOA, AGOSTO DE 2013

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

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

A LA GRANJA: "LA HUERTA": Al propietario de la Granja, Sr. Héctor Raúl Güémez Gaxiola, al M.V.Z. Juan Manuel Romo Valdez, encargado de la granja y a todos los trabajadores de la misma por su gran ayuda.

A MIS MAESTROS: Javier Alonso Romo Rubio, J. José Portillo Loera, Rubén Barajas Cruz, Germán Contreras Pérez, por compartir sus experiencias de manera incondicional.

AL PERSONAL DOCENTE: A todos mis maestros de Licenciatura, Posgrado, gracias por todas sus enseñanzas. Al personal de la biblioteca, posgrado, dirección de la FMVZ, gracias por su gran ayuda.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS: Gabriela, Eva, Irasema, Silvia, Zinnia, Arturo, Juan Manuel, Omar, por compartir los buenos y malos momentos.

A MIS PADRES: Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A MIS HERMANOS: Paola y Santiago, por estar conmigo y apoyarme; los quiero.

CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE	
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Nutrición y manejo de la cerda de reemplazo.....	2
2.2. Condición corporal de la cerda y presentación de la pubertad.....	3
2.3. Condición corporal de la cerda de reemplazo y longevidad.....	5
2.4. Importancia del cromo en el metabolismo energético.....	7
2.4.1. Generalidades del cromo.....	7
2.4.2. Absorción y transporte de cromo.....	8
2.4.3. Función biológica del cromo trivalente.....	8
2.5. Uso del cromo para mejorar la respuesta productiva del cerdo.....	9
2.6. Uso del cromo en la función reproductiva de la cerda.....	11
III. HIPÓTESIS.....	14
IV. OBJETIVO.....	15
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
5.1. Localización del Área de Trabajo.....	16
5.2. Manejo de las Cerdas.....	16
5.3. Procedimiento Experimental.....	17
5.4. Análisis Estadístico.....	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
VII. CONCLUSIONES.....	24
VIII. LITERATURA CITADA.....	25

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Composición de las dietas ofrecidas a las cerdas durante el experimento.....	18
2	Efecto de la adición de Metionina de Cromo en las dietas alimenticias en el desempeño de la cerda de reemplazo.....	21
3	Efecto del consumo adicional de cromo orgánico desde de la etapa de crecimiento hasta el momento del servicio en la tasa de parto de la cerda joven.....	22
4	Efecto del consumo adicional de cromo orgánico desde de la etapa de crecimiento hasta el momento del servicio en la tasa de parto de la cerda joven.....	23

RESUMEN

Efecto del Consumo Adicional de Cromo en el Desempeño Reproductivo de la Cerda Nulípara

Marcela Covarrubias Hernández

Cien cerdas pre-púberes con edad de 75 ± 8 días y peso de 25.85 ± 4.74 kg, fueron utilizadas para determinar el efecto de la adición de metionina de cromo a la dieta desde los 75 días de edad hasta el primer servicio en la respuesta reproductiva de cerdas nulíparas. De acuerdo con un diseño completamente al azar, las cerdas fueron asignadas aleatoriamente a recibir los siguientes tratamientos: 1) Alimentación con dietas basadas en maíz-pasta de soya desde los 75 días hasta el parto (Testigo; $n = 50$); o 2) Testigo adicionado con 0.4 mg de cromo orgánico/kg de dieta (CR; $n = 50$). El cromo orgánico fue ofrecido como la premezcla de metionina de cromo MiCroplex® Zinpro, Co. Eden Prairie, MN). El cromo adicional retardó ($P = 0.03$) la edad al primer celo 211 vs. 202 días respecto al testigo. La presencia del segundo celo fue más tardía ($P < 0.05$) en las cerdas alimentadas con CR en relación al Testigo (135 vs. 130 días). Sin embargo, la edad al primer servicio fue similar ($P = 0.57$) entre tratamientos (248 vs. 254 días). CR incremento el peso corporal ($P = 0.03$) tanto al primer celo (126.4 vs. 120.6 kg) como al segundo celo (135.1 vs. 130.0 kg). El peso al primer servicio fue mayor ($P = 0.03$) para las cerdas suplementadas con CR (142.3 vs. 138.3 kg), y el espesor de grasa dorsal fue más grande ($P < 0.01$) con valores promedio de 12.8 y 11.2 mm para Cr y Testigo, respectivamente. La tasa de parto fue similar entre los tratamientos ($P = 0.51$) con valores promedio de 66 y 72% para el Testigo y CR, respectivamente. El número total de cerditos nacidos no fue afectado por los tratamientos ($P = 0.69$) con promedio de 11.18 y 10.89 cerditos para los tratamientos Testigo y CR, respectivamente. El número de cerditos nacidos vivos fue similar en ambos tratamientos ($P = 0.64$). Estos resultados sugieren que aunque el consumo adicional de cromo incrementa el peso corporal y el espesor de la grasa dorsal; esos cambios no son reflejados como una mejora en el desempeño durante el primer ciclo reproductivo de la cerda.

Palabras clave: Cerdas, Cromo, Desempeño reproductivo.

ABSTRACT**Effect of Additional consumption of chromium on reproductive performance of the Gilts****Marcela Covarrubias Hernández**

One hundred pre-puberty gilts 75 ± 8 days old weighting 25.85 ± 4.74 kg, were used to determine the effect of the addition to chromium methionine in the diet from 75 days-age until first service on the reproductive performance of gilts. Agreement with a completely randomized design, gilts were randomly assigned to treatments as follows: 1) Feeding corn- soybean meal-based diets from day 75 until parturition (Control; $n = 50$); or 2) Control plus 0.4 mg of organic chromium/kg of diet (CR; $n = 50$). Organic chromium was offered as chromium methionine-premix MiCroplex® (Zinpro, Co. Eden Prairie, MN). Additional chromium delayed ($P = 0.03$) age to first estrus 211 vs. 202 day-ages respect to Control. The presence of second estrus was later ($P < 0.05$) in gilts fed CR in relationship to Control (135 vs. 130 day-ages). However age to first serviced was similar ($P = 0.57$) between treatments (248 vs. 254 days). CR increased body weight ($P = 0.03$) both at first estrus (126.4 vs. 120.6 kg) as the second estrus (135.1 vs. 130.0 kg). First service body weight was higher ($P = 0.03$) for CR supplemented gilts (142.3 vs. 138.3 kg), and the back fat thickness was greater ($P < 0.01$) with mean values of 12.8 and 11.2 mm for CR and Control, respectively. The farrowing rate was similar between treatments ($P = 0.51$) with mean of 66 and 72% for Control and CR, respectively. Total born piglets number was unaffected by treatments ($P = 0.69$) with mean of 11.18 and 10.89 piglets by Control and CR treatments, respectively. Alive born piglets number was similar in both treatments ($P = 0.64$). These results suggest that despite additional chromium consumption increases body weight and back fat thickness; these changes are not reflected as improvement on performance during the first reproductive cycle of gilts.

Key words: Chromium, Gilts, Reproductive performance.

I. INTRODUCCIÓN

El manejo de las cerdas de reemplazo es un punto clave para la eficiencia productiva y económica de las explotaciones porcinas. Las cerdas jóvenes representan alrededor del 50% del hato de una granja comercial de ciclo completo, su baja eficiencia reproductiva durante el primero y segundo parto disminuyen los indicadores reproductivos de la explotación (English *et al.*, 1981). La mayoría de las cerdas son fisiológicamente inmaduras a la primera monta. Hoy en día las cerdas primerizas son extremadamente vulnerables a las deficiencias nutricionales, el entorno y el manejo. Es fundamental optimizar todos estos aspectos para garantizar que el mayor número posible de cerdas jóvenes obtengan un buen desempeño productivo (Becerril, 2001).

Un mal manejo nutricional de la cerda prepúber acorta su longevidad e incrementa los gastos por reemplazo y crea sub poblaciones de animales de baja productividad con poca resistencia a enfermedades (Deen, 2003). Mahan y Shields (1998) encontraron que la concentración de Mg, Mn, Mo y Cr se incrementan en el tejido corporal del cerdo desde el nacimiento hasta los 20 kg de peso vivo, manteniéndose una concentración estable desde los 20 hasta los 145 kg de peso vivo. Sin embargo, Mahan y Newton (1995), observaron que la concentración corporal de minerales disminuye durante los primeros tres ciclos reproductivos en comparación con las cerdas de edad similar que no han gestado, sugiriendo que la pérdida de minerales ocurre durante la fase reproductiva, siendo necesario acumular reservas minerales durante la fase temprana de crecimiento para las necesidades reproductivas futuras. Además, el desempeño reproductivo de la cerda se ve negativamente afectado bajo condiciones de estrés calórico, ya que induce un incremento en la pérdida de cromo a través de la orina (Anderson *et al.*, 1991). El Cr intracelular es un componente de la biomolécula cromodulina, necesaria para potenciar la acción de la insulina en el metabolismo de la glucosa (Mertz, 1992; Vincent, 2000). La adición de Cr a la dieta mejora la acción de la insulina (Amoikon *et al.*, 1995), provocando efectos benéficos sobre la función reproductiva (Ramirez *et al.*, 1997; Whitley *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en cerdas jóvenes en crecimiento hasta el momento del servicio, en el desempeño durante el primer ciclo reproductivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Nutrición y manejo de la cerda de reemplazo

Por mucho tiempo los nutriólogos han debatido al respecto sobre qué es lo más importante para tener un éxito reproductivo, si es la edad o el peso a la primera monta, ya que se sabe que la pubertad está más influenciada por la talla corporal que por la edad cronológica, lo que es un hecho es que ambas ejercen un efecto sobre el futuro comportamiento reproductivo. Actualmente, se sabe que los dos factores son significativos e importantes para un óptimo desarrollo de reemplazos, de su futuro rendimiento reproductivo y longevidad de la cerda dentro del hato productivo y que la combinación de la edad, peso y la cantidad de la grasa dorsal al momento de la monta es de suma importancia (Whittemore, 1996; Mahan, 2000). Por lo tanto la insuficiencia nutricional afecta el crecimiento y por ende el retraso del inicio de la pubertad (King, 1989).

Uno de los aspectos de más difícil solución en la explotación porcina es la alimentación, y no existen dudas de su íntima relación con la reproducción; la alimentación ocupa un lugar primordial en todos los procesos de la reproducción. En un estudio realizado con 150,000 reproductoras de 32 granjas comerciales entre los años 1995 y 2001, Rodríguez-Zas *et al.* (2003), observaron que entre el 40-50% de las cerdas desaparecían del hato antes de finalizar la tercera lactación, adjudicando este desecho al mal manejo nutricional de la cerda. Por lo tanto, es importante generar estrategias de alimentación que permitan garantizar un proceso reproductivo satisfactorio a largo plazo. Así, la productividad de la cerda primeriza está determinada por la edad en que se le dé el servicio reproductivo, lo que se verá reflejado en el tamaño de camada y el tiempo que tarde en volver a quedar gestante (Thacker, 1999).

Corregir o compensar deficiencias o exceso de reservas una vez que la cerda nulípara ha entrado en el proceso productivo es extremadamente difícil. Un descenso en las reservas grasas de las cerdas de reemplazo sin duda contribuye a provocar lo que se conoce como "síndrome del segundo ciclo". Lo que se ve reflejado en un intervalo destete-cubrición mayor que la múltiparas, sufren un mayor número de repeticiones y reducen significativamente la tasa de partos y los lechones nacidos vivos en el segundo ciclo productivo, muy comúnmente,

incluso, por debajo de los valores registrados al primer parto (Knox, 2005). En tal sentido, Stalder *et al.* (2005), en un estudio realizado con cerdas reproductoras encontraron un efecto tanto del espesor de grasa dorsal como de la muscularidad de las cerdas (expresada como área de lomo) sobre la longevidad y el número de lechones nacidos vivos a lo largo de su vida productiva. Básicamente, los resultados productivos disminuían significativamente con un espesor de grasa dorsal (EGD) inferior a 9 mm y área de lomo inferiores a 36 cm². Sin embargo, en un rango de EGD de 9 a 25 mm no se observaron diferencias significativas.

Utilizar estrategias correctas con las cerdas de reemplazo es de vital importancia para la rentabilidad económica de la explotación. La entrada de cerdas primerizas en el sistema productivo y la optimización de su vida productiva dependen de la combinación de un buen manejo nutricional, adaptación sanitaria y estimulación de la pubertad y de su cubrición.

2.2. Condición corporal de la cerda y presentación de la pubertad

La producción intensiva de cerdo requiere que las cerdas jóvenes lleguen a la pubertad entre los 200 a 210 días de edad y con un peso alrededor de los 100 a 110 kg (Evans y O'Doherty, 2001). Sin embargo, Eliasson *et al.* (1991) observaron que sólo alrededor del 15% de las cerdas llegan a la pubertad a los 209 días de edad, en tanto que otras lo hacen 60 día antes o después de este periodo. En el caso de que la cerda no manifieste celo después de los 8 meses de edad se considera que tiene un retraso en la presentación de la pubertad (Evans y O'Doherty, 2001).

La razón más común para el desecho de la cerda de reemplazo es un retraso en la presentación del primer celo, lo que disminuye de manera significativa la eficiencia productiva del cerdo (Ehnvall *et al.*, 1981). En tal sentido, en granjas grandes se ha observado, que entre el 25 y 40% de las cerdas son desechadas por no presentar celo a los 8 meses de edad. Sin embargo, cabe aclarar, que alrededor del 4-5% de las cerdas presentan celo silencioso (Anderson *et al.*, 1982).

De acuerdo a Hughes (1982), el inicio del primer ciclo estral es afectado por la nutrición, la heterosis y el ambiente social, observándose que las cerdas mejor alimentadas inician más pronto el ciclo estral; también, las cerdas cruzadas

presentan el ciclo estral cuatro semanas antes; el reagrupamiento, traslado y presencia del macho, también acortan la edad para la presentación del celo. Por su parte, Hughes y Varley (1983), sugieren que la edad a la que las cerdas llegan a la madurez sexual es afectado por la interacción de factores paragenéticos como la nutrición, estación del año, contacto con sementales sexualmente maduros, alojamiento, factores estresantes, tratamiento con hormonas exógenas y estado de salud. Así mismo, estudios realizados indican, que las cerdas de reemplazo, criadas bajo condiciones de clima tropical, que tienen una alta tasa de crecimiento desde el momento del nacimiento hasta los 134 kg de p.v., tienden a mostrar signos de celo a menor edad que las cerdas prepúberes con menor tasa de crecimiento (Tummaruk, 2009). Por su parte, Tummaruk *et al.* (2007), observaron que cerdas prepúberes (York-Landrace) criadas bajo condiciones tropicales expresaron el primer estro a los 196 d de edad, con 106 kg de p.v. y un espesor de grasa dorsal de 13.0 mm, pero sólo el 21% de las cerdas que expresaron estro tuvieron ovulación. También, observaron que la proporción de cerdas que mostraron estro y ovularon normalmente, fue más bajo durante la época de verano. Este estudio indicó, que la edad, el peso corporal y el espesor de grasa dorsal al primer estro observado, afectan el desempeño reproductivo. El tamaño de la camada en los primeros tres partos es mayor en las cerdas que manifiestan celo entre los 181 y 200 días con 110.1 y 120.0 kg de p.v. y con 13.1-15.0 mm de espesor de grasa dorsal (Tummaruk *et al.*, 2007). Otros estudios indican, que la exposición continua de cerdas sexualmente maduras a altas temperaturas afecta negativamente la ovulación, provoca una marcada incidencia de anestros y disminuye el porcentaje de gestación (D' Arce y Teagues, 1970; Quiles y Hevia, 2005). Por su parte, Trevis (1980) opina que las altas temperaturas pueden provocar demora en la presentación del celo, anestro, reducción del número de partos y el tamaño de la camada, siendo las cerdas una de las hembras domésticas más sensibles a estas condiciones. Guerrero (1982) afirman que la exposición de las reproductoras a temperaturas elevadas se traduce en una disminución de la incidencia en la presentación del celo y en la tasa de concepción.

2.3. Condición corporal de la cerda de reemplazo y longevidad

La longevidad de la cerda juega un papel importante en la eficiencia económica de la producción de lechones (Lacy y Stalder, 2004).

El promedio de paridad de las cerdas desechadas se ha usado como una medida de la longevidad de la cerda (Lucia *et al.*, 1999). Una longevidad corta incrementa los gastos por concepto de hembras de reemplazo y se crean subpoblaciones de animales con baja cantidad de partos y una baja resistencia a enfermedades (Deen, 2003). Tanto la longevidad y una óptima eficiencia reproductiva son fundamentales para mantener la producción y la rentabilidad de las granjas porcinas comerciales.

La mayoría de los estudios que han evaluado la longevidad de la cerda en hatos comerciales concluyeron que el tamaño de la camada está asociado positivamente con la longevidad de la cerda (Tholen *et al.*, 1996; Yazdi *et al.*, 2000; Serenius y Stalder, 2004). La asociación entre el tamaño de camada y la longevidad de la cerda puede ser, al menos en parte, explicada por el desecho de cerdas debido al nacimiento de camadas pequeñas (Serenius *et al.*, 2006). Estos mismos autores, sugieren que el espesor de grasa dorsal es un factor crítico para que la cerda joven logre un primer parto exitoso y para una mayor longevidad de la cerda adulta. Sin embargo, el consumo de alimento y la pérdida de grasa durante la lactación son factores primarios asociados con la longevidad de la cerda una vez que la cerda joven ha producido de manera exitosa su primera camada. En las hembras mamíferas, la actividad reproductiva y el balance de energía están relacionados, por lo que la fertilidad se reduce o suprime durante periodos de falta de energía. En tal sentido se ha observado, que la restricción de alimento suprime la liberación de LH y el comportamiento reproductivo en un gran número de especies, incluyendo roedores y primates (Jones y Wade, 2002).

La mayoría de las cerdas de reemplazo son inmaduras fisiológicamente al momento de la primera monta, por lo que necesitan cantidades adecuadas de nutrimentos para mantener el crecimiento de los tejidos maternos y de los fetos durante la gestación. También, una insuficiente ganancia de peso durante la gestación provoca una pérdida de peso corporal después de la lactación y retrasa el retorno al estro (Trottier y Johnston, 2001); sin embargo, una ganancia excesiva de peso durante la gestación disminuye el consumo voluntario de alimento

durante la lactación (Weldon *et al.*, 1994; Revell *et al.*, 1998), disminuyendo la longevidad de la cerda (Dourmad *et al.*, 1994).

La poca variación en el peso vivo de la cerda durante el ciclo productivo está asociada con una alta fertilidad y una mayor longevidad, lo que requiere de un alto consumo de energía durante la lactación (Peltoniemi *et al.*, 2007). En términos endocrinológicos, la secreción de gonadotropinas es afectada por el amamantamiento y por mensajeros metabólicos, que transfieren información relacionada con la lactación y el estado metabólico de la cerda. Estos mensajes son recibidos por el eje hipotálamo-hipófisis y, eventualmente, el desarrollo folicular puede ser inhibido o estimulado, dependiendo de los mensajes (Peltoniemi *et al.*, 2007).

El incremento de los requerimientos nutrimentales de las cerdas gestantes como resultado del desarrollo de los fetos y de la producción de leche requiere adaptaciones importantes de la hembra. Durante el último tercio de gestación, una disminución de la sensibilidad a la insulina, que es progresiva y reversible, ha sido observada en mujeres, ratas, cerdo de guinea, conejos y ovejas (Ryan *et al.*, 1985; Leturque *et al.*, 1987; Catalano *et al.*, 1991). Esta ocurrencia se ha observado también en las cerdas (Pérez *et al.*, 2000), pero su amplitud parece ser menor que en otras especies. Esto puede ayudar a explicar las reservas limitadas de energía en el cerdo recién nacido.

Grandes concentraciones de energía y aminoácidos son recomendados para las cerdas altamente productoras, pero las tasas de desecho continúan siendo altas en muchos hatos porcinos. El pobre desempeño reproductivo puede, sin embargo, estar ligado a otros factores nutrimentales o medioambientales. Por ejemplo, se ha observado que el contenido mineral del organismo de la cerda declina después del tercer ciclo reproductivo y las depleciones pueden ser agravadas en cerdas con alta productividad (Mahan y Newton, 1995). Un inadecuado consumo mineral puede afectar la secreción hormonal, la actividad enzimática, la función muscular, el contenido mineral del hueso y otras funciones del organismo relacionadas con los minerales.

El número de lechones criados por camada es un factor determinante de la producción de leche (Etienne *et al.*, 2000), lo que eleva los requerimientos de energía y nutrimentos de la cerda. El consumo voluntario de alimento usualmente se eleva con el tamaño de camada pero a menudo es insuficiente para satisfacer

las demandas nutrimentales durante la primer lactación (Dourmand, 1988); como consecuencia, las cerdas primíparas que amamantan camadas grandes pierden más peso corporal durante la lactación que las cerdas que criaron camadas más pequeñas (Auldist *et al.*, 1998; Kim y Easter, 2001). Por otro lado, el incremento en el tamaño de la camada probablemente intensifique el estímulo originado por los lechones, lo que inhibe la actividad del eje hipotálamo-hipófisis (Cox y Britt, 1982). La elevación de las deficiencias nutrimentales y la sobre estimulación pueden amplificar la inhibición de la secreción de GnRH y LH al final de la lactación (Foxcroft, 1992; Quesnel y Prunier, 1995). Esto puede retrasar el retorno al estro después del destete, especialmente en las cerdas primíparas propensas a problemas reproductivos o criadas en condiciones sub óptimas, como es el caso de cerdas primíparas con alimentación restringida. Un pequeño retraso en el inicio del celo después del destete se ha asociado con una reducción en el desempeño reproductivo subsecuente (tamaño de camada y tasa de parto; Leman, 1990; Vesseur *et al.*, 1994).

2.4. Importancia del cromo en el metabolismo energético

2.4.1. Generalidades del cromo. El cromo se ubica en el grupo VI b de la tabla periódica de los elementos, su número atómico es de 24 y su masa de 51.996 u.m.a. Cuando participa en la formación de compuestos, sus estados de oxidación son Cr^{+2} , Cr^{+3} , y Cr^{+6} ; de estos el más estable es el Cr^{+3} (Hutchinson, 1973).

El cromo integra el 0.02% de la corteza terrestre y es el octavo elemento en abundancia en la misma, integrando aproximadamente 1/3000 parte de ella y se encuentra principalmente en forma de cromita (FeOCr_2O_3) asociado con el hierro, sin embargo su concentración en la plantas es baja (McDowell, 1992) siendo los cereales los que tienen menor concentración, las leguminosas tienen las más altas concentraciones y la gramíneas ocupan un lugar intermedio (Underwood y Suttle, 1999). Aunque el cromo hexavalente es considerado tóxico (McDowell, 1992), el cromo trivalente es biológicamente activo en plantas y animales, y es considerado un elemento traza esencial en los humanos y animales para potenciar la acción de la insulina (Schwarz y Mertz, 1959).

2.4.2. Absorción y transporte de cromo. El cromo es absorbido principalmente en el intestino delgado (NRC, 1997). Se absorbe principalmente en el yeyuno y en menor proporción en el íleon y duodeno (Chen *et al.*, 1973). La absorción depende del estado de oxidación, de la forma en que se encuentre asociado con compuestos orgánicos y de la cantidad de cromo presente en el intestino (Jeejeebhoy, 1999). La absorción del cromo puede variar entre especie; en humanos a medida que el consumo de cromo se incrementa la absorción intestinal disminuye, en tanto que en ratas la absorción intestinal de cromo no es afectada por el nivel de consumo (Vincent, 2004). El cromo absorbido es transportado por la proteína transferrina, que es la responsable de mantener los niveles de cromo plasmático y de transportarlo a los tejidos en respuesta a la elevación de los niveles plasmáticos de insulina (Vincent, 2000).

En el suero alcanza una concentración de entre 0.01 $\mu\text{g/L}$ y 0.3 $\mu\text{g/L}$, las concentraciones son mayores en el hueso, testículo y epidídimo que en el corazón, pulmones, páncreas o cerebro (NRC, 1997). Es excretado principalmente en orina y en menor cantidad en el pelo, transpiración y bilis; la excreción puede aumentarse de 10 a 300 veces por estrés o alto contenido de carbohidratos en la dieta (Hossain *et al.*, 1998).

El cromo orgánico tiene una biodisponibilidad del 25 al 30 %, siendo los más rápidamente absorbidos lo que provienen de cepas de levaduras altas en cromo y proteinatos de cromo (Mordenti *et al.*, 1997). La disponibilidad en el tracto digestivo puede incrementarse con la adición de vitamina C, niacina (Urberg y Gemel, 1987) o algunos aminoácidos (Mertz *et al.*, 1974).

2.4.3. Función biológica del cromo trivalente. El cromo trivalente es importante en el metabolismo de carbohidratos y lípidos (NRC, 1997); su participación se da a través de la biomolécula cromodulina (Jeejeebhoy, 1999), un oligopéptido con peso molecular aproximado de 1438 Daltons, aislado del hígado y riñón de varios mamíferos (Yamamoto *et al.*, 1998). La holocromodulina (forma activa) está integrada por glicina, cisteína, glutamato y aspartato en proporción 2:2:4:2, respectivamente y cuatro átomos de cromo (Jacquament *et al.*, 2003). Actualmente, se considera que la cromodulina funciona como parte de un sistema único de auto amplificación de la señal de la insulina (Vincent, 2004). El mecanismo se desencadena al incrementarse la concentración sanguínea de

insulina, la que se une a la subunidad α de los receptores insulínicos en la membrana de las células susceptibles, provocando un cambio conformacional que resulta en la auto fosforilación de los residuos de tirosina en la subunidad β , en la parte interna del receptor, este proceso transforma al receptor en una tirosinacinasas activa, enviando la señal de la insulina al interior de la célula (Vincent, 2000); en respuesta al estímulo de insulina, el cromo es movilizado de la sangre al interior de la célula en donde se une a la apocromodulina (forma inactiva), transformándola en holocromodulina (Jacquament *et al.*, 2003). La holocromodulina se une a la subunidad β del receptor y lo mantiene en su conformación activa, amplificando la actividad de tipo cinasa del receptor (Vincent, 2004). Cuando los niveles de insulina descienden y la señal es desactivada la holocromodulina es excretada de la célula a la sangre y esta es eficientemente eliminada por orina (Vincent, 2000). Por lo que la demanda de cromo se incrementa por los niveles circulantes de glucosa sanguínea.

2.5. Uso del cromo para mejorar la respuesta productiva del cerdo

La nutrición mineral ha sido estudiada por más de 100 años por los científicos que buscan mejorar el rendimiento de los animales, la rentabilidad y la aceptación de los consumidores a través de recomendaciones nutricionales. De acuerdo con el NRC (1997), durante la última mitad del siglo XX, el cromo ha sido reconocido por muchos nutricionistas como un nutriente esencial para los seres humanos y los animales domésticos. Schwartz y Mertz (1957; 1959) fueron los primeros en explorar la relación entre Cr y el metabolismo de la glucosa en los animales.

El interés en el uso de cromo en las dietas para cerdos inicia cuando la adición de tripicolinato de cromo (CrTP) mejoró las características de la canal de cerdos en finalización (Page *et al.*, 1993). También, Evock-Clover *et al.* (1993), mostraron que el CrTP redujo la concentración de insulina en cerdos en crecimiento. Esto fue seguido por una demostración de incremento en el tamaño de camada en cerdas jóvenes suplementadas con CrPic (Lindemann *et al.*, 1995).

El modo exacto de acción detrás de estas respuestas no ha sido bien aclarado; sin embargo, otros investigadores también han reportado que la vida media de la glucosa se redujo y la sensibilidad a insulina fue mejorada cuando el CrP fue adicionado a las dietas de cerdos en crecimiento-finalización (Amoikon *et al.*, 1995; Matthews *et al.*, 2001). En estudios posteriores, se observó, que la

concentración de insulina o la relación insulina:glucosa no son afectadas 24 h después de la comida (Woodworth *et al.*, 2007), aunque de manera general la concentración media de insulina disminuyó en las cerdas que recibieron dietas adicionadas con CrTP.

En experimentos realizados con cerdos en crecimiento, Johnston *et al.* (1999) observaron que el nicotinato de cromo (CrNic) elevó los niveles plasmáticos de ácidos grasos no esterificados (AGNE) en uno de dos experimentos; sin embargo, otros experimentos realizados con cerdos en crecimiento-finalización reportaron que el CrP disminuyó los AGNE (Ward *et al.*, 1997; Matthews *et al.*, 2001). Woodworth *et al.* (2007), sugirieron que el CrP aumenta la lipólisis en las cerdas.

En otro estudio (Lemme *et al.*, 1999) utilizaron 40 machos Swiss Large White, con un peso inicial de 24.5 kg y un peso vivo final de 105.5 kg para investigar los efectos de la suplementación con cromo trivalente en las características de crecimiento, composición de la canal, ácidos grasos, perfil de la grasa en canal y parámetros de la sangre dos horas antes y 24 horas después de ofrecer el alimento. Las dietas fueron: control, 200, 400 y 800 ppb de cromo, con una alimentación restringida. Los cerdos que recibieron 200 ppb de Cr mostraron que este nivel mejora el promedio de la ganancia diaria y la conversión de alimento, comparados con el grupo control ($P < 0.06$) en el periodo de finalización.

Por su parte Wang *et al.* (2007), realizaron un estudio para evaluar los efectos de nanocompuestos de cromo (CrNano) en los metabolitos sanguíneos, en los parámetros endocrino, inmunológico y los rasgos en cerdos de finalización, observando que la adición de CrNano redujeron los niveles plasmáticos de glucosa, urea, triglicéridos, colesterol y ácidos grasos no esterificados. Por el contrario, los niveles séricos de proteína total, lipoproteínas de alta densidad y actividad de la lipasa se incrementaron. La suplementación de la dieta con CrNano también aumentó la insulina sérica y redujo los niveles de cortisol. Además, incrementó los niveles plasmáticos de inmunoglobulina M e inmunoglobulina G. Estos resultados sugieren que la suplementación dietética de Cr en forma de nanocompuestos afecta los metabolitos sanguíneos, altera los niveles de algunos parámetros endocrinos, e influye en el estado inmune en cerdos de finalización.

2.6. Uso del cromo en la función reproductiva de la cerda

A partir de 1995 se han realizado una serie de estudios para determinar el efecto de la adición de Cr a las dietas en diferentes momentos del ciclo reproductivo de la cerda sobre el desempeño reproductivo de la misma. La fuente de Cr más utilizada en las investigaciones realizadas ha sido el picolinato de Cromo (CrP) a niveles de adición de 0.2 ppm y los resultados fueron diferentes. Lindemann *et al.* (1995a), observó que las cerdas alimentadas con dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr a partir de picolinato de cromo (CrPic) durante la etapa de crecimiento y tres ciclos reproductivos continuos, tuvieron un mayor número de lechones nacidos vivos por camada; sin embargo, cuando las dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr (CrPic) se ofrecieron desde el momento de la gestación hasta completar tres ciclos reproductivos continuos, no se mejoró el tamaño de la camada durante los dos primeros partos, aunque sí en el tercer parto (Lindemann *et al.*, 1995b). Trotter y Wilson (1998), cuando ofrecieron dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr (CrPic) desde 60 días previos al cruzamiento en las cerdas jóvenes y desde el destete hasta completar tres ciclos reproductivos en las cerdas multíparas, observaron un incremento en el número de lechones nacidos vivos durante el segundo parto en ambos grupos, sin embargo, durante el primero y tercer parto no se encontró efecto de la adición de CrP. Hagen *et al.* (2000), en un estudio realizado con cerdas jóvenes y multíparas que recibieron dietas adicionadas con 0.2 ppm Cr (CrPic) observaron un incremento en el número de lechones nacidos, así como una tendencia a incrementar el número de cerdas que presentaron celo dentro de los primeros siete días posdestete, una disminución en el intervalo celo posdestete, así como una reducción en la mortalidad de las cerdas jóvenes. Por su parte, Campbell (1996) no observó mejoras en el tamaño de la camada, tanto en cerdas jóvenes como en multíparas, a las que se les ofreció dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr (CrP) durante todo el ciclo reproductivo o en diferentes etapas del mismo, respectivamente; sin embargo, se incrementó la tasa de parto en las cerdas jóvenes y se observó una tendencia a elevar el porcentaje de cerdas jóvenes y multíparas que entraron en celo dentro de los siete días posdestete. Lindemann *et al.* (2004) encontraron un efecto cuadrático sobre el número de lechones nacidos vivos por camada (9.49, 9.82, 10.94 y 10.07) cuando las cerdas recibieron dietas adicionadas con 0.0, 0.2, 0.6 y 1 ppm de Cr (CrP) a partir del cruzamiento y durante todo el ciclo reproductivo. Por su parte (Romo *et al.*, 2005),

reportaron que la suplementación con metionina de cromo es eficaz para reducir el intervalo destete a estro en cerdas jóvenes. Romo *et al.* (2007), concluyeron que la adición de cromo a la dieta, a partir de metionina de cromo, proporcionada durante la lactancia y en el periodo posdestete previo al cruzamiento, mejora el tamaño y el peso de la camada de las cerdas servidas durante el verano. Woodworth *et al.* (2002), estudio la influencia de cromo y/o carnitina en la dieta, en los parámetros sanguíneos de cerdas gestantes, encontrando que sus efectos son diferentes, pero tanto el cromo como la carnitina influyen el metabolismo energético de cerdas gestantes. Por lo tanto la mejora en el metabolismo energético puede tener un efecto aditivo sobre el comportamiento reproductivo de las cerdas.

En un estudio realizado por Lindemann *et al.* (2008), utilizando varias fuentes de cromo orgánico: Tripicolinato de cromo (CrTP), propionato de cromo (CrPrp), metionina de cromo (CrMet) y levadura enriquecida con cromo (CrY), observaron que el contenido de Cr en el hueso, riñón, hígado y ovario fue mayor en los cerdos que consumieron dietas adicionadas con CrTP y CrMet, en tanto que sólo se incremento en hueso y riñón en los cerdos que recibieron dietas adicionadas con CrY y en ninguno de los tejidos analizados se aumentó con la adición de CrPrp. La alta concentración de Cr en el ovario, puede estar relacionada con la mejora en el desempeño reproductivo, observada en cerdas alimentadas con dietas adicionadas con CrTP (Lindemann *et al.*, 1995; 2004; Hagen *et al.*, 2000) y CrMet (Romo *et al.*, 2005a; 2005b). Por su parte, Ramirez *et al.* (1997) observaron un marcado mejoramiento en la fertilidad y fecundidad de las cerdas en respuesta a la administración exógena de insulina después del destete, también obtuvieron grandes mejoras cuando esto lo hicieron en hatos con bajas tasas de fertilidad.

Los resultados de los trabajos anteriores sugieren que el Cr mejora el desempeño reproductivo de la cerda, indicando que el nivel de la respuesta está asociada a la disponibilidad de Cr en el organismo animal, ya sea por su almacenamiento en el tejido corporal, producto de un consumo prolongado del mismo o por el ofrecimiento diario en niveles elevados, a partir de fuentes orgánicas. Aunque la causa aún no se conoce con exactitud hay evidencia de que la salud de la cerda y la sensibilidad de la insulina pueden ser componentes relacionados con el

desempeño reproductivo de la cerda, ya que la baja fertilidad es mejorada con la adición de cromo (Campbell, 1996).

El cálculo de la cantidad de Cr suministrado por unidad de peso corporal en los cerdos de engorda y hembras de vientre alimentados con dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr muestran que los animales en función reproductiva reciben de 2 a 3 μg de Cr/kg de p.v., en tanto que los cerdos en crecimiento reciben entre 7 y 8 μg de Cr/kg de p.v. (Lindemann *et al.*, 2004).

III. HIPÓTESIS

El consumo adicional de cromo orgánico durante la etapa de crecimiento-desarrollo mejora el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El consumo adicional de cromo orgánico durante la etapa de crecimiento-desarrollo mejora el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

4. Objetivos específicos

El objetivo principal de este estudio es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en la etapa de crecimiento-desarrollo de la cerda de reemplazo y su efecto en el desempeño reproductivo.

El objetivo secundario es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo terciario es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo cuaternario es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo quinario es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo sextario es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo séptimo es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo octavo es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo noveno es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

El objetivo décimo es evaluar el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el desempeño reproductivo de la cerda de reemplazo.

IV. OBJETIVO

4.1. Objetivo General

Medir la respuesta reproductiva de la cerda joven al consumo adicional de cromo orgánico durante la etapa de crecimiento-desarrollo.

4.2. Objetivos Específicos

1. Medir el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en la edad y peso de la cerda al primero y segundo celo.
2. Medir el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el espesor de grasa dorsal.
3. Medir el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en la tasa de parto a primer servicio.
4. Medir el efecto del consumo adicional de cromo orgánico en el tamaño de la camada.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Localización del Área de Trabajo

El presente trabajo se realizó en la granja porcina "La Huerta" localizada en la sindicatura de Culiacancito, a 11 Km de la ciudad de Culiacán, Sinaloa; a 24° 49' de latitud norte y 107° 32' de longitud oeste, a una altura de 40 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio anual de 25 °C, y una precipitación promedio anual de 675 mm (INEGI, 1997).

5.2. Manejo de las Cerdas

Las cerdas de reemplazo fueron seleccionadas a partir de las hembras de mejor comportamiento reproductivo del hato de la explotación, mismas que fueron inseminadas con semen proveniente de sementales (PIC L-02 y L-03) con las características reproductivas deseadas. Las cerdas fueron alojadas, en grupos de cinco animales, a una edad promedio de 75 días, en corrales colectivos totalmente techados durante un periodo de 100 días, con libre acceso al alimento y agua de bebida; posteriormente, a una edad promedio de 175 días, fueron trasladadas al área de servicio, y alojadas en corrales colectivos totalmente techados, donde recibieron alimento y agua de bebida a libre acceso, de acuerdo al tratamiento asignado, hasta el momento de recibir el servicio reproductivo.

En el área de servicio las cerdas fueron revisadas a diario, por la mañana y por la tarde, con la ayuda de un semental sexualmente maduro, para determinar la edad de manifestación de celos antes y al momento del servicio, así como el peso corporal y espesor de grasa dorsal al momento de cada uno de los celos registrados hasta el momento del servicio.

La medición del espesor de grasa dorsal se realizó por ultrasonido a nivel de la última costilla a 6.5 cm debajo de la línea media dorsal, utilizando el equipo de Lean-Meater[®] (Renco Corporation[®]). Las cerdas fueron inseminadas cuando presentaron el segundo o tercer celo o tuvieron un peso \geq a los 130 kg. Las variables de espesor de grasa dorsal (EGD) expresada en mm, edad (días) y peso (kg) al primero y segundo celo o al momento del servicio, así como el total de lechones nacidos (TLN), lechones nacidos vivos (LNV) y tasa de parto (TP) al primer servicio, fueron registradas durante un ciclo reproductivo.

Para recibir el primer servicio fueron alojadas en jaulas de gestación individuales donde se inseminaron y permanecieron recibiendo 2.0 kg de una dieta de gestación (cuadro 1) durante todo este periodo. Durante la lactancia, las cerdas fueron alimentadas con una dieta de lactancia (cuadro 1) de acuerdo a su apetito, con servidas múltiples durante el día. Las cerdas tuvieron acceso directo y permanente al agua de bebida en cada una de las etapas del ciclo reproductivo. Tres días antes de la fecha probable de parto, las cerdas fueron trasladadas a salas de maternidad, alojadas en jaulas para parto individuales. Al momento del parto recibieron la atención requerida, de acuerdo al manejo establecido en la explotación para esta área. El periodo de lactancia fue de 21 días en promedio, después se realizó el destete y las cerdas pasaron al área de servicio nuevamente donde recibieron el manejo alimenticio y reproductivo ya mencionado.

5.3. Procedimiento Experimental

Se utilizaron 100 cerdas nulíparas híbridas en un diseño experimental completamente al azar. Las cerdas fueron asignadas al azar para recibir durante un ciclo reproductivo uno de dos tratamientos: 1) El grupo testigo (GT; n=50) recibieron una dieta a base de maíz-pasta de soya (cuadro1) a partir de los 75 días hasta el momento del servicio reproductivo, de acuerdo a los requerimientos nutrimentales de cada etapa fisiológica; 2) (Cr; n = 50) recibieron una dieta similar al testigo pero adicionada con .4 ppm de cromo orgánico, a partir de metionina de cromo (Microplex®; Zinpro Corporation).

Las variables analizadas fueron: Edad, Peso y Espesor de Grasa Dorsal (EGD) al primero celo; Edad, Peso y Espesor de Grasa Dorsal al primer servicio; Lechones nacidos vivos (LNV); Lechones nacidos totales (LNT); y tasa de parto al primer servicio (TP).

Cuadro 1. Composición de las dietas ofrecidas a las cerdas durante el experimento.

Ingredientes	Dietas							
	Iniciador		Crecimiento		Desarrollo		Gestantes	Lactantes
	Testigo	Cr	Testigo	Cr	Testigo	Cr		
Sorgo 9 % PC	686	685.6	735	734.6	804	803.6	686	586
Pasta de soya 47%	262	262	224	224	166	166	117	284
Aceite	22	22	16	16	10	10	5	44
Mic. Iniciador Ip tf ¹	30	30	0	0	0	0	0	0
Mic. Crecimiento Ip tf ¹	0	0	25	25	0	0	0	0
Mic. Desarrollo Ip tf ¹	0	0	0	0	20	20	0	0
Salvado de trigo	0	0	0	0	0	0	150	50
Mic. Gestación Ip tf ¹	0	0	0	0	0	0	42	0
Mic. Lactancia Ip tf ¹	0	0	0	0	0	0	0	36
Microplex ²	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
Total, kg	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

	Análisis calculado ³							
	Iniciador	Cr	Crecimiento	Cr	Desarrollo	Cr	Gestantes	Lactantes
Proteína, %	19.05	19.05	17.65	17.65	15.48	15.48	14.22	19.77
Lisina, %	1.13	1.13	1.01	1.01	0.82	0.82	0.78	1.1
FIBRA, %	2.43	2.43	2.44	2.44	2.43	2.43	3.65	2.81
Fósforo, %	0.63	0.63	0.57	0.57	0.48	0.48	0.75	0.69
Calcio, %	0.77	0.77	0.64	0.64	0.54	0.54	.99	0.88
Cromo adicional, ppm	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
E.M. kcal/kg	3,329	3,33	3,316	3,32	3,303	3,3	3,044	3,351

¹ Mic. Iniciador, Crecimiento, Desarrollo, Gestación, Lactancia LP Vimifos S.A. de C.V. ² Microplex^{MR} (Zinpro, Corporation) 1g de Cr por kg a partir de metionina de cromo, ³ calculado a partir de valores publicados (NRC, 1997)

5.4. Análisis Estadístico

A los resultados de espesor de grasa dorsal (EGD) expresada en mm, edad (días) y peso (kg) al primero y segundo celo, total de lechones nacidos (TLN) y lechones nacidos vivos (LNV)), 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:

$$Y_{ij} = \mu + Cr_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es la variable de respuesta

μ es la media general del experimento;

Cr_i es el efecto del i -ésimo nivel de Cr ;

E_{ij} es el error aleatorio.

La tasa de parto al primer servicio se analizó mediante la prueba de χ^2 utilizando tablas de contingencia 2 x 2 (Steel y Torrie, 1985).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de dietas adicionadas con 0.4 ppm de cromo orgánico durante la etapa de crecimiento y desarrollo hasta el momento del servicio reproductivo retrasó ($P < 0.05$) la edad de presentación del primero y segundo celo, sin embargo, la edad a la que fueron servidas las cerdas fue similar ($P > 0.05$); indicando, que una mayor proporción de cerdas que consumieron dietas adicionadas con cromo orgánico lograron un mayor ($P < 0.05$) peso y espesor de grasa dorsal, para ser servidas, antes del tercer celo (ver cuadro 2). Estos resultados son consistentes con los observados por Lindemann *et al.* (2008), quienes observaron una mejor ganancia de peso en los cerdos que recibieron cromo adicional a partir de levadura enriquecida con cromo a nivel de 5000 ppb; También, Lien *et al.* (1996), utilizando niveles de 200 ppb de fuentes orgánicas de cromo observaron mejoras en el desempeño productivo de los cerdos. Sin embargo, diversos estudios han sugerido que la adición de cromo no modifica el desempeño productivo de los cerdos (Amoikon *et al.*, 1995; Matthews *et al.*, 2001; Matthews *et al.*, 2003). Los resultados en el comportamiento productivo de los cerdos en crecimiento-desarrollo del presente estudio, sugiere que las cerdas criadas bajo condiciones de estrés calórico utilizan de manera más eficiente la energía para los procesos anabólicos a nivel celular. En tal sentido, se ha observado que el Cr puede potenciar la acción de la insulina para el consumo celular de la glucosa (Amoikon *et al.*, 1995; Mowat, 1997). También, se ha observado que las condiciones estresantes inducen un incremento en la pérdida de cromo a través de la orina (Anderson *et al.* 1991), y su deficiencia puede dañar el buen funcionamiento de las rutas metabólicas para el uso eficiente de la energía (Anderson, 1981), esto puede explicar la mejora ($P < 0.05$) en el peso corporal y el espesor de grasa dorsal al primero y segundo celo, así como al momento del servicio (ver cuadro 2), en las cerdas que recibieron dietas adicionadas con cromo.

Cuadro 2. Efecto de la adición de Metionina de Cromo en las dietas alimenticias en el desempeño de la cerda de reemplazo.

Variables	Tratamientos		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Cromo		
Cerdas, n	50	50		
Inicio				
Edad, días, n	73.72	75.82	0.816	0.19
Peso, kg	25.72	25.98	0.474	0.78
Primer celo				
Edad, días, n	202.00	210.68	1.971	0.03
Peso, kg	120.62	126.36	1.305	0.03
Grasa dorsal, mm	9.72	11.44	0.157	< 0.01
Segundo celo				
Edad, días, n	223.00	231.54	1.998	0.05
Peso, kg	129.97	135.13	1.192	0.03
Grasa dorsal, mm	10.48	12.38	0.149	< 0.01
Primer servicio				
Edad, días, n	247.70	250.98	2.827	0.57
Peso, kg	138.33	142.25	0.864	0.03
Grasa dorsal, mm	11.18	12.80	0.134	< 0.01

¹ Error estándar de la media de los tratamientos

La adición de Cr (CrMet) en la dieta no tuvo efecto ($P > 0.05$) sobre el número de LNT y LNV en el primer parto (cuadro 3). Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Lindemann *et al.* (1995a), quienes observaron que las cerdas alimentadas con dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr a partir de picolinato de cromo (CrPic) durante la etapa de crecimiento y tres ciclos reproductivos

continuos, tuvieron un mayor número de lechones nacidos vivos por camada, sin embargo, cuando las dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr (CrPic) se ofrecieron desde el momento de la gestación hasta completar tres ciclos reproductivos continuos, no se mejoró el tamaño de la camada durante los dos primeros partos, aunque sí en el tercer parto. Por su parte, Hagen *et al.* (2000), en un estudio realizado con cerdas jóvenes y multíparas que recibieron dietas adicionadas con 0.2 ppm Cr (CrPic) se observó un incremento en el número de lechones nacidos. Mientras que Romo *et al.* (2007), concluyeron que la adición de cromo a la dieta, a partir de metionina de cromo, proporcionada durante la lactancia y en el periodo posdestete previo al cruzamiento, mejora el tamaño de la camada de las cerdas servidas durante el verano.

En un estudio realizado por Stalder *et al.* (2005), analizaron los datos reproductivos de 2979 cerdas Landrace de toda su vida reproductiva, encontrando que no hay diferencia significativa en el número de lechones nacidos vivos, con un EGD de 9 a 25 mm. Pero sí se observó una tendencia a mejorar los lechones nacidos vivos conforme aumenta el EGD.

Cuadro 3. Efecto del consumo adicional de cromo orgánico desde de la etapa de crecimiento hasta el momento del servicio en la tasa de parto de la cerda joven.

Variables	Tratamientos		EEM ¹	P
	Testigo	0.4 ppm de Cr		
Cerdas, n	33	36		
LNT ²	11.18	10.89	0.3716	0.69
LNV ³	10.39	10.05	0.3652	0.64

¹ Error estándar de la media de los tratamientos, ² Lechones nacidos totales, ³ Lechones nacidos vivos

La adición de Cr (CrMet) en la dieta no modificó ($P > 0.05$) la tasa de parto al primer servicio en el primer ciclo reproductivo de la cerda primeriza (cuadro 4); estos resultados son diferentes a los observados por Campbell (1996), quién observó una mejora en la tasa de parto en las cerdas jóvenes, al ofrecer una dieta adicionada con 0.2 ppm de Cr (CrPic) a las cerdas durante todo el ciclo reproductivo.

Cuadro 4. Efecto del consumo adicional de cromo orgánico desde de la etapa de crecimiento hasta el momento del servicio en la tasa de parto de la cerda joven.

Variables	Tratamientos		Valor de <i>P</i>
	Testigo	0.4 ppm Cr	
Cerdas, n	50	50	
Cerdas paridas, n	33	36	
Cerdas vacías, n	17	14	
Tasa de parto (%)	66	72	0.51

VII. CONCLUSIONES

El consumo adicional de cromo orgánico durante la etapa de crecimiento-desarrollo, previo al servicio reproductivo de la cerda, mejora el peso corporal y espesor de grasa dorsal de la cerda de reemplazo; sin embargo, esto no se refleja en una mejora de la tasa de parto y tamaño de la camada en el primer ciclo reproductivo.

- A. 1967. Nutritional use of chromium. *So. Afr. J. Anim. Ind.* 1: 11-26
- Bryden, R.A., Polansky, M.M., Bryden, N.A., Rogers, E.R., Patterson, K.Y., and Burns, D.C. (1982). Effect of exogenous chromium on tissue chromium concentration and chromium excretion. *Diabetes* 31: 212-219.
- Bryden, R.A., N.A. Bryden, M.M. Polansky, and J.W. Thompson. 1991. Effects of carbohydrate loading and urine-water excretion on chromium content, chromium urinary losses of chromium and zinc. *Proc. 2. Appl. Physiol.* 63: 146-151.
- Chapman, E. R., L. Morrison, P. Lottus, and R. H. King. 1958. The influence of feed concentration on milk production of sows. *Anim. Sci.* 47: 235-247.
- Chapman, E. 2001. Nuevas estrategias en el manejo reproductivo del porcino. <http://www.veterinarios.com/usuarios/usuarios/Chapman%20E.pdf> [Accessed 12 de junio del 2012].
- Chapman, R. D. 1976. The effects of chromium polychrome on the fertility and fecundity of sows under various management. *Proc. of the 17th Annual Swiss Feed. - Ingredient. - Conference. - Conveg. - 3L. - Basoville.* <http://www.procechp.com/news.html> [Accessed 12 de junio del 2012].
- Chapman, R. D., F. M. H-T, Tyrby, H. W. Taylor, G. H. Jester, and C. A. Smith. 1991. Longitudinal effects of chromium polychrome on weight retention in nulliparous pregnant women. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 1097-1099.
- Chapman, R. D., A. Tasa, and J. A. S. 1977. Effect of oxidizing agents on chromium absorption in rats. *J. Nutr.* 107: 142-143.
- Chapman, R. D., M. M. and J. H. 1987. 50% reduction in chromium polychrome between endogenous and exogenous chromium polychrome in the skeletal development after weaning in sows. *Proc. 4th Int. Conf. - Nutr. - 1987.*
- Chapman, R. D., S. T. Teague. 1973. Effect of chromium polychrome and zinc polychrome on temperature in the cycle. *Proc. 1st Int. Conf. - Nutr. - 1973.*

VIII. LITERATURA CITADA

- Amoikon, E. K., J. M. Fernandez, L. L. Southern, D. L. Thompson, Jr., T. L. Ward, and B. M. Olcott. 1995. Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. *J. Anim. Sci.* 73:1123-1130.
- Anderson, R.A. 1981. Nutritional role of chromium. *Sci. Total Environ.* 17:13-29 (Abstract)
- Anderson, R.A., Polansky M.M., Bryden N.A., Roginski E.E., Patterson K.Y., Reamer D.C. (1982): Effects of exercise (running) on serum glucose, insulin, glucagon and chromium excretion. *Diabetes*, 32, 212-216.
- Anderson, R.A., N.A Bryden, M.M. Polansky, and J.W. Thorp 1991. Effects of carbohydrate loading and under water exercise on circulating cortisol, insulin, and urinary losses of chromium and zinc. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63:146-150.
- Auldist, D. E., L. Morrish, P, Eason, and R. H. King. 1998. The influence of litter size on milk production of sows. *Anim. Sci.* 67:333-337.
- Becerril, J.2001. Nuevas estrategias en el manejo reproductivo del pie de cría. Publicaciones profesionales CA Venezuela Porcina. <http://www.vetefarm.com/nota.asp?not=465&sec=8&i=es> (consultado el 12 de junio del 2012)
- Campbell, R. G. 1996. The effects of chromium picolinate on the fertility and fecundity of sows under commercial conditions. Proc. of the 16th Annual Prince Feed Ingredient Conference, Quincy, IL. Disponible en: www.princeagri.com/sows.html. Accesada abril 12 de 2012.
- Catalano, P. M., E. D. Tyzbir, N. M. Roman, S. B. Amini, and E. A. Sims. 1991. Longitudinal changes in insulin release and insulin resistance in non obese pregnant women. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 165:1667-1672.
- Chen, N. S., A. Tasai, and I. A. Dyer. 1973. Effect of chelating agents on chromium absorption in rats. *J. Nutr.* 103: 1182-1186.
- Cox, N. M. and J. H. Britt. 1982. Relationships between endogenous gonadotropin-releasing hormone, gonadotropins, and follicular development after weaning in sows. *Biol. Reprod.*, 27:70-78.
- D'Arce, R.D., S.T. Teagues. 1970. Effect of shortterm elevated deyebeld and duc point temperature in the cychingg. 85 pág.

- Deen, J. 2003. Sow longevity measurement. Proc. Allen D. Lemay Swine Conf. 30:192-193.
- Dourmad, J. Y. 1988. Ingestion spontanée d'aliment chez la truie en lactation: de nombreux facteurs de variation. INRA Prod. Anim. 1:141-146.
- Dourmad, J. Y., M. Etienne, A. Prunier, and J. Noblet. 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: A review. Livest. Prod. Sci. 40:87-97.
- Eliasson, L., Rydhmer, L., Einarsson, S., Anderson, K. 1991. Relationships between puberty and production traits in the gilts. 1. Age at puberty, *Anim Prod Sci*, 25, 143-51.
- English, P. R., W. J. Smith and A. Maclean. 1981. La Cerda: Cómo Mejorar su Productividad. Editorial El Manual Moderno S.A. México.
- Ehnvall, R., Blomquis, A., Einarsson, S., Karlberg, K. 1981. Culling of gilts with special references to reproductive failure, *Nord Vet Med*, 33, 4-5, 167-71.
- Etienne, M., C. Legault, J.Y. Dourmad, and J. Noblet. 2000. Production laitière de la truie: Estimation, composition, facteurs de variation et évolution. J. Rech. Porcine Fr. 32:253-264.
- Evans, O.C.A., O'Doherty, V.J. 2001. Endocrine changes and management factors affecting puberty in gilts, *Livestock Prod Sci*, 68, 1, 1-12.
- Evock-Clover, C. M., M. M. Polansky, R. A. Anderson, and N. C. Steele. 1993. Dietary supplementation with or without somatotropin treatment alters serum hormones and metabolites in growing pigs without affecting growth performance. J. Nutr. 123:1504-1512.
- Foxcroft, G. R. 1992. Nutritional and lactational regulation of fertility in sows. J. Reprod. Fertil. (Suppl. 45):113-125.
- Guerrero, N. 1982. Aparición de la actividad estral después del parto en hembras bovinas Pardo Suizo en la cuenca lechera del pacifico de Nicaragua. Tesis, Lic. En Zootecnia. Managua, Nicaragua. Universidad Centroamericana (UCA). 72p.
- Hagen, C. D., M. D. Lindemann, and K. W. Purser. 2000. Effect of dietary chromium tripicolinate on productivity of sows under commercial conditions. Swine Health Prod. 8:59-63.

- Hossain, S.M., S. L. Barreto and C. G. Silva. 1998. Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71:217-228.
- Hughes, P.E. 1982. Factors affecting the natural attainment of puberty in the gilt. In: D.I.A. Cole and G.R. Foxcroft (Ed.). *Control of pig reproduction*. Butterworth Scientific, London. 138 pág.
- Hughes, P.E., Varley, M. A., *Reproducción del cerdo*. 1983. España: Editorial Acribia. 253 p. ISBN 84-200-0524-X.
- Hutchinson, R.W., 1973, Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance: *Economic Geology*, v. 68, p. 1223–1246.
- INEGI. 1997. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. Ed. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. México.
- Jacquament, L., Y. Sun, J. Hatfield, W. Gu, S. P. Cramer, M. W. Crowder, G. A. Lorigan, J. B. Vincent, and J. Latour. 2003. Characterization of chromodulin by X- ray absorption and electron paramagnetic resonance spectroscopies and magnetic susceptibility measurements. *J. Am. Chem. Soc.* 125:774-780.
- Jeejeebhoy, K. N. 1999. The role of chromium in nutrition and therapeutics and as a potential toxin. *Nutrition Reviews*. 5:329-335.
- Jones, J.E., Wade, G.N. 2002. Acute fasting decreases sexual receptivity and neural estrogen receptor-alpha in female rats. *Physiol Behav*; 77:19–25.
- Johnston, S. L., I. M. J. Mevissen, L. L. Southern, J. O. Matthews, J. M. Fernandez, and K. Q. Owen. 1999. Effect of L-carnitine and (or) chromium nicotinate on glucose tolerance and insulin sensitivity in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):59 (Abstr.)
- Kim, S. W., and R. A. Easter. 2001. Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactating sows. *J. Anim.*
- King, R. H. 1989. Effect of live weight and body composition of gilts at 24 weeks of age on subsequent reproductive efficiency. *Anim. Prod.* 49:109.
- Knox, R. 2005. En: *London Swine Conference 2005*. pp 47-59.
- Lacy, R. C., and K. J. Stalder. 2004. *Sow Longevity Calculator Ver. 2.0: Farrow-to-Finish. Metric and English unit measures*. Available: <http://www.extension.iastate.edu/ipic/information/FFSLv2.html> Accessed marzo. 8, 2011.

- Leman, A. D. 1990. Manage for short wean-service interval: Mate sows once 3-5 days after weaning. *Pig Letter* 10:29-32.
- Lemme, A., C. Wenk, M. Lindemann, G. Bee. 1999. Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass and information. *Annales of Zootechnie*. 48:457-468.
- Leturque, A., S. Hauguel, P. Ferre', and J. Girard. 1987. Glucose metabolism in pregnancy. *Biol. Neonate* 51:64-69.
- Lien, T.F., S.Y. Chen, C.P. Wu, C.L. Chen, and C.Y. Hu. 1996. Effects of chromium picolinate and chromium chloridre on growth performance and serum traits of growing-finishing swine. *J. anim. Sci. (Suppl. 1)*:185 (abstr.).
- Lindemann, M. D., C. M. Wood, A.F. Harper, E. T. Kornegay, and R. A. Anderson. 1995a. Dietary chromium picolinate aditions improve gain: Feed and carcass characteristics in growing finish pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 73:457-465.
- Lindemann, M. D., C.M. Wood, A. F. Harper and E. T. Kornegay. 1995b. Further assesements of the effects of supplementation of chromium from chromium picolinate on fecundity in swine. *J. Anim. Sci.* Vol. 73 (suppl. 1):185 (Abstract).
- Lindemann, M. D., S. D. Carter, L. I. Chiba, C. R. Dove, F. M. Lemieux, and L. L. Southern. 2004. A regional evaluation of chromium tripicolinate supplementation of diets fed to reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 82:2972-2977.
- Lindemann M. D., G. L. Cromwell, H. J. Monegue and K. W. Purser. 2008. Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs^{1,2}, *J. Anim Sci.* 86:2971-2978.
- Lucia, T., G.D. Dial, and W.E. Marsh. 1999. Estimation of lifetime productivity of female swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 214: 1056-1059.
- Mahan, D. C., and E. A. Newton. 1995. Effects of initial breeding weight on macro- and micromineral composition over a three parity period using a high-producing sow genotype. *J. Anim. Sci.* 73:151-158.
- Mahan, D. C., and R. G. Shields. 1998. Macro- and micromineral composition of pigs from birth to 145 kilogramos of body weight. *J. Anim. Sci.* 77:724-735.
- Mahan, D. 2000. Practical feending practices for gilts replacement and the sow breeding herd. *Proc. Swine. LANCE course*. San José, Costa Rica. Pag. 1-18.

- Matthews, J. O., L. L. Southern, J. M. Fernandez, J. E. Pontif, T. D. Bidner, and R. L. Odgaard. 2001. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 79:2172-2178.
- Matthews, J. O., A. D. Higbie, L. L. Southern, D. F. Coombs, T. D. Bidner, and R. L. Odgaard. 2003. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs *J Anim Sci* 81: 191-196.
- McDowell, L. R. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Academic Press, New York.
- Mertz, W., E. W. Topfer, E. E. Roginski and M. M. Polansky. 1974. Present knowledge of the role of Cr. *Fed. Proc.* 33:2275-2280.
- Mertz, W. 1992. Chromium. History and nutritional importance. *Biol. Trace. Elem. Res.* 32:3-8.
- Mordenti, A., Piva, A., Piva, G., 1997. The European perspective on organic chromium in animal nutrition. In: Lyons, T.P., Jacques, K.A. (Eds.), *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alltech's 13th Annual Symposium*, Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 227±240.
- Mowat, D.N. 1997. *Organic Chromium in Animal Nutrition*. Chromium Books, Guelph, ON, Canada.
- NRC. *Requirements of Swine*, National Research Council. 1997. The Role of chromium in animal nutrition. *Natl. Acad. Press*, Washington, DC.
- Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward, and D. L. Thompson Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:656-662.
- Père, M.-C., and M. Etienne. 2000. Uterine blood flow in sows: Effects of pregnancy stage and litter size. *Reprod. Nutr. Dev.* 40:369-382.
- Peltoniemi, O. A. T., C. Oliviero, O. Hälli and M. Heinonen. 2007. Feeding affects reproductive performance and reproductive endocrinology in the gilt and sow. *from Perinatal Death In Domestic Animals: The 20th Symposium of the Nordic Committee for Veterinary Scientific Cooperation (NKVet) Reykjavik, Iceland.* 26-27 April 2007.
- Quesnel, H., and A. Prunier. 1995. Endocrine bases of lactational anestrus in the sows. *Reprod Nutr Dev.* 35:395-414.

- Quiles, A., M. Hevia. 2005. La pubertad de la cerda: factores que la influncian. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. Disponible en: <http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?.htm> Consulta: Noviembre 16 2012].
- Ramirez J. L., N. M. Cox, and A. B. Moore. 1997. Influence of exogenous insulin before breeding on conception rate and litter size of sows. *J. Anim.Sci.*75:1893-1898.
- Revell, D. K., I. H. Williams, B. P. Mullan, J. L. Ranford, and R. J. Smits. 1998. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites. *J. Anim. Sci.* 76:1729–1737.
- Rodriguez-Zas, S.L., Southey, B.R., Knox, R.J., Connor, J.F., Lowe, J.F., y Roscamp, B.J. (2003) *J. Anim. Sci.* 81:2915-2922.
- Romo, J.A., R. Barajas, J.J. Valencia, J. Castañeda, E. Silva, and A. Orihuela. 2005a. Effect of GnRH-Analogous and chromium methionine supplementation on reproductive performance of sows. *Proc. Western Section, American Society of Animal Science* 56:257-260. <http://www.asas.org/westernsection/proceedings05.asp>
- Romo, J.A., R. Barajas, J.J. Valencia, J. Castañeda, E. Silva, and A. Orihuela. 2005b. Effect of GnRH-Analogous and chromium methionine supplementation on reproductive performance of young sows. *Proc. Western Section, American Society of Animal Science*, Vol. 56:261-264. <http://www.asas.org/westernsection/proceedings05.asp>
- Romo, J. A., R. Barajas, J. J. Valencia, E. Silva, and F. Juárez . 2007. Effect of GnRH-analogue and chromium methionine supplementation on reproductive performance of the female pig. In *JOURNAL OF DAIRY SCIENCE*, vol. 90, pp. 515-515. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874 USA: AMER DAIRY SCIENCE ASSOC.
- Ryan, E. A., M. J. O'Sullivan, and J. S. Skyler. 1985. Insulin action during pregnancy. *Studies with euglycemic clamp technique.* *Diabetes* 34:380–389.
- Schwarz, K, and W. Mertz. 1957. A glucose tolerance factor and its differentiation from factor 3. *Arch. Biochem. Biophys.* 72:515-518.

- Schwartz, K. and W. Mertz. 1959. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 85:292-295.
- Serenius, T., and K. J. Stalder. 2004. Genetics of length of productive life and lifetime prolificacy in the Finnish Landrace and Large White populations. *J. Anim. Sci.* 82:3111–3117.
- Serenius, T., K. J. Stalder, T. J. Baas, J. W. Mabry, R. N. Goodwin, R. K. Johnson, O. W. Robison, M. Tokach and R. K. Miller. 2006. National Pork Producers Council Maternal Line National Genetic Evaluation Program: A comparison of sow longevity and trait associations with sow longevity. *J Anim Sci* 2006. 84:2590-2595.
- Stalder, K.J., Saxton, A.M., Conatser, G.E. y Serenius, T. (2005) *Livest. Prod. Sci.* 97:151-159.
- Steel, G. D. y J. H. Torrie. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2da. Ed.) McGraw-Hill, México, D. F.
- Thacker, P. A. 1999. "Feending Replacement". Department of animal Science University of Saskatchewan, Saskatchewan, www.Agri.gov.sk.ca/livestock/pigs/producing_info/Fdregil.asp (consultado el 25 de septiembre del 2012).
- Tholen, E., K. L. Bunter, S. Hermes, and H.-U. Graser. 1996. The genetic foundation of fitness and reproduction traits in Australian pig populations 1. Genetic parameters for weaning to conception interval, farrowing interval, and stayability. *Aust. J. Agric. Res.* 47:1261–1274.
- Trevis J .1980. Summer heat required of breeding management. *Feed stuffs* (2): 12.
- Trottier, N. L., and L. J. Johnston. 2001. Feeding gilts during development and sows during gestation and lactation. Page 725–769 in *Swine Nutrition*. 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed., CRC Press, New York.
- Trottier, N. L. and M. E. Wilson. 1998. Effect of supplemental chromium tripicolinate on sow productivity and blood metabolites. *Proc. Of Use of Supplemental Chromium in Sow Diets*. 1998 Symposium. Des Moines, IA. Disponible en www.princeagri.com/multiparous. Accesada febrero 27 del 2012.

- Tummaruk, P., W. Tantasuparuk, M. Techakumphu and A. Kunavonorkit. 2007. Age, body weight and backfat thickness at first observed oestrus in crossbred Landrace x Yorkshire gilts, seasonal variations and their influence on subsequent reproductive performance. *Animal Reproduction Science*. 99: 1-2: 167-181.
- Tummaruk, P., W. Tantasuparuk, M. Techakumphu and A. Kunavonorkit. 2009. The association between growth rate, body weight, backfat thickness and age at first observed oestrus in crossbred Landrace x Yorkshire gilts. *Animal Reproduction Science*. 110:1-2: 108-122.
- Underwood, E. J., and N. F. Suttle. 1999. In: *The Mineral Nutrition of Livestock* 3rd Ed. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Urberg, M., Gemel, M.B. 1987. Evidence for synergism between chromium and nicotinic acid in the control of glucose tolerance in elderly humans. *Metabolism*, 36, 896-899.
- Vesseur, P. C., B. Kemp, and L. A. Den Hartog. 1994. The effect of the weaning to oestrus interval on litter size, live born piglets and farrowing rate in sows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 71:30-38.
- Vincent, J. B. 2000. The biochemistry of chromium. *J. Nutr.* 130:715-718.
- Vincent, J. B. 2004. Recent advances in the nutritional biochemistry of trivalent chromium. *Proceedings of The Nutrition Society*. 63:41-47.
- Wang, M.Q., Xu, Z.R., Zha, L.Y. and M. D. Lindemann. 2007. Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 139 (1-2):69
- Ward, T. L., L. L. Southern, and T. D. Bidner. 1997. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space. *J. Anim. Sci.* 75:1001-1008.
- Weldon, W. C., A. J. Lewis, G. F. Louis, J. L. Kovar, M. A. Giesemann, and P. S. Miller. 1994. Postpartum hypophagia in primiparous sows: I. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior, and plasma metabolite concentrations during lactation. *J. Anim. Sci.* 72:387-394.
- Whitley, N. C., M. Thomas, J. L. Ramirez, A. B. Moore, and N. M. Cox. 2002. Influences of party and level of feed intake on reproductive response to insulin administration after weaning in sows. *J. Anim. Sci.* 80:1038-1043.

- Whittemore, C.T. (1996) *Livest. Prod. Sci.* 46:65-83.
- Woodworth, J. C., Tokach M. D., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Dritz, S. S., Koo, S. I., Minton, J. E. and K. Q. Owen. 2002. Influence of dietary carnitine and/or chromium on blood parameters of gestating sows.
- Woodworth, J. C., M. D. Tokach, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, S. S. Dritz, S. I. Koo, J. E. Minton and K. Q. Owen. 2007. Influence of dietary L-carnitine and chromium picolinate on blood hormones and metabolites of gestating sows fed one meal per day.
- Yamamoto, A., O. Wada, and H. Suzuki. 1998. Purification and properties of biologically active chromium complex from bovine colostrum. *J.Nutr.*118:39-45.
- Yazdi, M., L. Rydhmer, E. Ringmar-Cederberg, N. Lundeheim, and K. Johansson. 2000. Genetic study of longevity in Swedish Landrace sows. *Livest. Prod. Sci.* 63:255-264.