UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS

RESPUESTA REPRODUCTIVA DE LA CERDA EN ANESTRO LACTACIONAL AL CONSUMO ADICIONAL DE CROMO ORGÁNICO Y APLICACIÓN DE GnRH-A

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA
SILVIA ALICIA FÉLIX CAMACHO

DIRECTOR DE TESIS
DR. JAVIER ALONSO ROIMO RUBIO

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESORES
DR. LEOPOLDO RAÙL FLORES AGUIRRE
MC HÈCTOR RAÙL GÜEMEZ GAXIOLA

CULIACÁN, SINALOA, ENERO DE 2012

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, Y
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
PRESENTE.-

Los abajo firmantes, miembros del Comité Asesor de Tesis, hacemos constar que la tesis:

Respuesta reproductiva de la cerda en anestro lactacional al consumo adicional de cromo orgánico y aplicación de GnRH-A.

Presentada como requisito para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias por la:

C. SILVIA ALICIA FÈLIX CAMACHO

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 2012

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO
DIRECTOR

DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ
CO-DIRECTOR

DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE
ASESOR

MC. HÉCTOR RAÚL GÜEMEZ GAXIOLA
ASESOR

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A MIS DIRECTORES Y ASESORES:
DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO
DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ
DR. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE
MC. HÉCTOR RAÚL GÜÉMEZ GAXIOLA

Por sus enseñanzas, apoyo y paciencia, que incondicionalmente siempre me brindaron para realizar este trabajo y por compartir conmigo sus conocimientos.

Mi especial agradecimiento al Dr. Javier Alonso Romo Rubio, por estar junto a mí, con su apoyo y disposición, durante todo el proceso de esta investigación.

A LA GRANJA PORCINA "LA HUERTA": A su propietario, Sr. Juan Güémez Rodriguera; al MC. Héctor Raúl Güémez Gaxiola gerente de producción y al MVZ Juan Manuel Romo Valdez responsable del área de reproducción y encargado de la granja; así como a todo el personal que labora en dicha explotación por el apoyo brindado.

A MI ALMA MATER: Por la oportunidad dada y el apoyo recibido como estudiante.

Mis sincero agradecimiento a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias del Mar y Escuela superior del Valle del Fuerte, por conformar atinadamente este Colegio de Ciencias Agropecuarias, lo cual a hecho posible que se formen profesionistas de alto nivel en ámbitos como la investigación, la docencia y la practica profesional en sus egresados.

A MI HIJO: Carlos Alfredo, por ser mi motivación y mi fortaleza para seguir siempre adelante y por ser la razón más importante de mi vida.

A MIS PADRES: Carlos Francisco Félix Sánchez^{+}, Silvia Alicia Camacho Camacho, por el apoyo sin reservas que en todo momento me manifestaron.

A MIS HERMANOS: Por su apoyo incondicional para lograr esta meta y porque ante todo después de hermanos somos amigos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo en la formación de investigadores en México.

Al Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI-UAS) por el apoyo económico brindado para el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

ÍNDICE	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Características fisiológicas de la cerda lactante	2
2.2. Necesidades nutricionales de la cerda lactante	3
2.3 Características generales del cromo	3
2.3.1. Importancia del cromo en el metabolismo energético	4
2.3.2. Absorción de cromo	5
2.4. El cromo y su efecto en la función reproductiva de la cerda	6
2.5. Mecanismos endocrinológicos que disparan el reinicio de la actividad cíclica en la cerda lactante	8
2.5.1. El GnRH análogo y su uso en el control reproductivo de la cerda	9
III. HIPÓTESIS	12
IV. OBJETIVO GENERAL	13
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	14
VII. RESULTADOS	17
VIII. DISCUSIÓN	19
IX. CONCLUSIONES	22
XI. LITERATURA CITADA	23

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Composición de la dieta de lactancia usada en el experimento.	15
2	Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en el intervalo destete-celo de la cerda.	17
3	Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en el tamaño y peso de la camada de la cerda.	18
4	Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en la tasa de parto de la cerda.	18

RESUMEN

Respuesta reproductiva de la cerda en anestro lactacional al consumo adicional de cromo orgánico y aplicación de GnRH-A

Con el objetivo de determinar la respuesta reproductiva de la cerda en anestro lactacional al consumo adicional de cromo orgánico y aplicación de GnRH-A posdestete, se realizó un estudio en la granja porcina "La Huerta", localizada en el Municipio de Culiacán, Sinaloa, en el Noroeste de México, durante los meses de noviembre de 2010 a octubre de 2011. Se utilizaron 368 cerdas multíparas híbridas, las cuales fueron asignadas a uno de cuatro tratamientos en un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2; los tratamientos consistieron en: 1) El grupo testigo (GT; n = 96) recibió una dieta de lactancia a base de maíz-pasta de soya durante el periodo de lactación y una semana después del destete y la aplicación de 1 mL de solución fisiológica a las 24 y 48 h después del destete; 2) (GnRH-A; n = 84) recibió una dieta similar al grupo testigo y la aplicación de 25 µg de GnRH a las 24 y 48 h después del destete; 3) (CrMet; n= 85) recibió una dieta similar al grupo testigo, pero con 400 ppb de Cr adicional a partir de metionina de Cromo y la aplicación de 1 mL de solución fisiológica a las 24 y 48 h después del destete y 4) (CrGnRH; n = 103) recibió una dieta similar al grupo testigo pero con 400 ppb de Cr adicional y la aplicación de 25 µg de GnRH a las 24 y 48 h después del destete. La aplicación de GnRH-A alargó ($P < 0.05$) el intervalo destete celo (5.1 *vs.* 4.5, 4.7 y 4.4 d, del grupo testigo, Cr y CrGnRH, respectivamente), no modificó ($P > 0.05$) la tasa de parto, tamaño y peso de la camada al nacimiento. El consumo adicional de Cromo orgánico no modificó ($P > 0.05$) la respuesta reproductiva de la cerda. Con base en estos resultados se concluye que la aplicación de GnRH-A posdestete alarga el intervalo destete-celo y el consumo adicional de cromo orgánico no modifica la respuesta reproductiva de las cerdas destetadas y servidas durante la época de otoño-invierno en el noroeste de México.

Palabras claves: Cerdas, GnRH-A, Cromo, Respuesta reproductiva

ABSTRACT

Reproductive response of the sow in lactational anoestrus to the additional organic chromium intake and GnRH-A application

With the objective to determine the reproductive response of the sow in lactational anoestrus to the additional organic chromium intake and GnRH-A application post weaned, a study was realized in the pork farm "La Huerta", localized in the municipality of Culiacan, Sinaloa in the Northwest of Mexico, during the months of November 2010 to October 2011. Three hundred sixty eight hybrid multiparous sows were utilized, that were assigned to one of four treatments in a completely randomized experimental design, with a 2x2 factorial arrangement; the treatments consisted in: 1) Control group (CG; n = 96) received a lactating corn-soybean meal based-diet, during period of lactation and first seven days post weaning, and 1 mL-Injection of sterile saline solution 24 and 48 h post weaning; 2) GnRH group (GnRH-A; n = 84) received diet similar at the control group and application of 25μg de GnRH-A at 24 and 48 h post weaning; 3) Chromium group (Cr; n = 85) received diet similar at the control group, but with 400 ppb of additional organic chromium and 1 mL-Injection of sterile saline solution 24 and 48 h post weaning; and 4) Cromo + GnRH-A group (CrGnRH-A) received diet with 400 ppb of additional organic chromium and application of 25μg de GnRH-A at the 24 and 48 h post weaning. GnRH-A application lengthened the interval weaning to estrus (5.1 vs. 4.5, 4.7 and 4.4 d, of the control, chromium and Cr + GnRH-A group, respectively), not modified ($P > 0.05$) the farrowing rate, litter size and the litter weight at the born time. Chromium additional intake did no modified ($P > 0.05$) the reproductive response of sows. Based in this results it is conclude, that GnRH-A application lengthen the interval weaning to estrus, and the additional intake of organic chromium did not modifies the reproductive response of the sows served during the period autumn-winter in the Northwest of Mexico.

Key Words: Sows, GnRH-A, Chromium, Reproductive response

I. Introducción

La demanda energética de la cerda lactante para la producción de leche incrementa los requerimientos de cromo, al tiempo que los niveles elevados de ácidos grasos libres y las bajas concentraciones de glucosa en sangre, inhiben la secreción de GnRH y junto con el estímulo del amamantamiento puede amplificar la inhibición en la secreción de GnRH y LH al final de la lactación. La secreción de LH es un factor clave en el reinicio de la actividad cíclica después del destete (King y Martin, 1989). La extensión del intervalo destete a estro está relacionado con la población y el tamaño folicular después del destete (Britt *et al.,* 1985). El tamaño folicular al destete está influenciado por un balance energético negativo (Armstrong y Britt, 1987; Cox *et al.,* 1987; Barb *et al.,* 1991). La restricción alimenticia disminuye la frecuencia de pulsos de LH y la liberación de GnRH (Lucy *et al.,* 1992). Los pulsos de secreción de LH y los niveles séricos de glucosa e insulina están relacionados inversamente con la duración del intervalo (Tokach *et al.*, 1992a; 1992b; Ramirez *et al.*, 1997; Whitley *et al.*, 2002). La aplicación pulsátil de GnRH agonista (GnRH-A), provoca la manifestación de estro y la ovulación en las cerdas (Cox y Britt, 1982; Lutz *et al.,* 1984; Britt *el at.*, 1985). La aplicación de GnRH-A cuatro días antes del destete en dosis única, mejora el número de lechones en la camada (Romo *et al.*, 2009). Sin embargo, no existe información del impacto de la aplicación de GnRH-A al momento del destete en el comportamiento reproductivo de la cerda. Actualmente se sabe que el cromo es un integrante del sistema que potencia la acción de la insulina (Vincent, 2000), y su deficiencia puede dañar el buen funcionamiento de las rutas metabólicas para el uso eficiente de la energía (Anderson, 1981). La adición de cromo orgánico a la dieta ha mostrado ser efectiva para elevar el tamaño de la camada (Lindermann, 2000; Hagen *et al.,* 2000), la tasa de parto y en la disminución del intervalo destete a celo (Romo *et al.,* 2005a, 2005b, 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta reproductiva de la cerda al consumo adicional de cromo orgánico durante el periodo de la lactancia y a la aplicación de GnRH-A después del destete.

II. Revisión de Literatura

2.1. Características fisiológicas de la cerda lactante.

Las cerdas lactantes se caracterizan por presentar un anestro fisiológico. El estímulo de succión durante el amamantamiento provoca dos efectos diferentes: estimular la producción láctea e inducir una retroalimentación negativa que disminuye la producción de FSH y LH y, consecuentemente, mantener el anestro lactacional (King, 1993).

Durante la lactancia la cerda presenta tres fases endocrinas: 1) Fase hipergonadotrópica (2-3 días postparto), a lo largo de esta fase ocurre una elevación de LH y FSH y un incremento de los folículos de tamaño ovulatorio, los cuales secretan grandes cantidades de estrógenos; 2) Fase de transición (3 a 14 días postparto), la característica principal de esta fase es que el amamantamiento incrementa los niveles tónicos de los opioides endógenos, los que a su vez bloquean los receptores a estrógenos en el hipotálamo e inactiva el mecanismo de retroalimentación positiva que ejercen sobre estos órganos, consecuentemente se inhibe la liberación de LH y FSH y los folículos de tamaño ovulatorio desaparecen de los ovarios. Consecuentemente, durante estos primeros 14 días posparto, la cerda sufre una transición de fase hipergonadotrópica a fase hipogonadotrópica y entra a la etapa de anestro lactacional; 3) Fase de normalización (14 a 21 días postparto) a medida que avanza la lactación, el sistema endocrino reproductivo de la cerda retorna a la normalidad. Posteriormente, con el destete se reduce la producción de opioides endógenos y los niveles de LH y FSH se incrementan, estimulando de esta manera el reinicio de la actividad ovárica postparto (Smith y Jennes, 2001). Durante la segunda semana postparto, el factor limitante para el inicio de la activad ovárica es la incapacidad de la hipófisis para secretar LH; durante este periodo, la hipófisis sintetiza e incrementa sus reservas de LH. En este momento el efecto del amamantamiento no influye en el tiempo de inicio de la ciclicidad (Carruthers *et al.*, 1980). Sin embargo, cuando la hipófisis ha recuperado la capacidad de respuesta, el amamantamiento inhibe la secreción de GnRH, este efecto se produce por la secreción hipotalámica de opioides (endorfinas y encefalinas), sustancias que

inhiben la secreción de GnRH (Yavas y Walton, 2000). Así, las cerdas con una población sincronizada de folículos con diámetro pequeño al destete pueden tener un largo intervalo destete a estro, porque sus folículos tardan más tiempo en llegar al tamaño preovulatorio (Lucy *et al.*, 2001; Bracken *et al.*, 2003; Bracken *et al.*, 2006; Bracken *et al.*, 2007). También, las cerdas jóvenes con baja condición corporal al destete tienen un intervalo de destete a ovulación prolongado (Bracken *et al.*, 2006), que está asociado con un menor diámetro folicular después del destete.

2.2. Necesidades nutricionales de la cerda lactante.

La base para que los animales reflejen al máximo su potencial genético y productivo es sin duda la nutrición. Es vital que las cerdas en lactación tengan una dieta adecuada para su edad y etapa fisiológica, de esta manera se puede lograr la eficiencia en las cerdas en esta etapa; por lo tanto, los requerimientos nutricionales son satisfechos a través del consumo de los nutrientes adecuados en cantidades correctas (NRC, 1998). Monge (1998), indico que las necesidades de energía de la cerda recién destetada son distintas, de acuerdo a su fase reproductiva; cerdas primerizas lactantes con un peso corporal de 140-200 kg tienen un requerimiento de energía 16,500 Kcal/día; las cerdas adultas lactantes con peso corporal entre 200 a 250 Kg tienen un requerimiento de energía de 18,150 Kcal/día. El contenido de proteína no debe ser menor al 15% (Monge, 1998). En la publicación del NRC (1998) para cerdas lactantes, se consideró el papel de la lisina como el primer aminoácido limitante, por lo que recomienda proporcionar 0.036 g de este aminoácido por kilogramo de peso metabólico.

2.3 Características generales del cromo.

Dentro de los nutrientes, el Cr es un mineral traza que está ampliamente distribuido en todo el cuerpo y fue determinado, primeramente, como un constituyente activo del factor de tolerancia a la glucosa (GTF) aislado de la levadura de cerveza, aunque la estructura química del GTF no fue identificada se consideró como un eje ácido nicotínico-cromo trivalente-ácido nicotínico, presentando ligaduras con ácido glutámico, glicina y cisteína, que favorece la unión de la insulina a los receptores

específicos sobre las células del cuerpo (Anderson *et al.*, 1997). Posteriormente se ha propuesto que su participación gira alrededor de una biomolécula denominada cromodulina (Jeejeebhoy, 1999), un oligopéptido con peso molecular aproximado de 1483 daltons, aislado del hígado y riñón de varios mamíferos (Vincent, 1999) que está compuesto por glicina, cisteína, glutamato y aspartato en proporción 2:2:4:2, respectivamente (Jacquament *et al.*, 2003); en esta molécula más de la mitad de los residuos de aminoácidos se encuentran como carboxilatos (Jacquament *et al.*, 2003; Vincent, 2004).

El cromo es el octavo elemento en abundancia en la corteza terrestre, integrando aproximadamente 1/3000 parte de ella y se encuentra principalmente en forma cromita ($FeOCr_2O_3$) asociado con hierro, no obstante su concentración en las plantas es baja (McDowell, 1992). Si bien, el cromo hexavalente es calificado como tóxico (McDowell, 1992); el cromo trivalente es biológicamente activo en plantas y animales, y es considerado un elemento traza fundamental en humanos y animales para potenciar la acción de la insulina (Schwarz y Mertz, 1959). El cromo es un micromineral necesario en muy pocas cantidades para llenar los requerimientos nutricionales de hombres y animales; dado que existe una interacción con la insulina y por lo tanto con el metabolismo de los carbohidratos, se ha elevado la discusión de éste como nutrimento (Vincent, 2000). Mertz (1975) investigó la función del Cr como un elemento esencial para los animales, concluyendo que el Cr^3 es requerido para el metabolismo normal de lípidos y carbohidratos. Mertz (1976) observaron que el cromo adicional mejoró la tolerancia a la glucosa en ratas alimentadas con dietas deficientes en este micromineral; también se indicó un alto requerimiento de Cr en humanos con problemas de intolerancia a la glucosa, indicando que forma parte de un factor de tolerancia a la glucosa.

2.3.1. Importancia del cromo en el metabolismo energético

Actualmente, se considera que la cromodulina funciona como parte de un sistema único de autoamplificación de la señal de insulina (Vincent, 2004); en su forma "apo" (libre de iones metálicos) la cromodulina es almacenada en el interior de las células insulino-dependientes y ante un aumento en la concentración de insulina el cromo es

movilizado desde la sangre al interior de esas células, generando entonces la forma "holo" de la cromodulina, activada por la inclusión de los iones de cromo en la molécula del oligopéptido, a la que se le denomina holocromodulina (Vincent, 1999); esta última es un oligopéptido que en su forma activa contiene cuatro centros conformacionales integrados por iones de cromo trivalente; los centros de cromo poseen una estructura octaédrica que mediante ligaduras con el oxígeno se enlaza con el resto del oligopéptido, sin que los grupos tiolato de la cisteína participen en la coordinación con el centro tetranuclear de cromo (Jacquament *et al.*, 2003). El mecanismo de acción propuesto consiste en que al incrementarse la concentración sanguínea de insulina, ésta se une con la subunidad α de los receptores insulínicos en la membrana de las células susceptibles, provocando un cambio conformacional que resulta en la autofosforilación de los residuos de tirosina en la subunidad β en la parte interna del receptor, este proceso transforma al receptor en una tirosinocinasa activa enviando la señal de la insulina al interior de la célula (Vincent, 2000), en respuesta al estímulo de la insulina el cromo es movilizado de la sangre al interior de la célula en donde se une con la apocromodulina, transformándola en holocromodulina (Jacquament *et al.*, 2003), entonces 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 ésta es eficientemente eliminada por la orina. (Vincent, 2000).

El Cr se considera, desde hace más de 40 años, como un mineral esencial para humanos y animales (NRC, 1997), ya que puede tener varias funciones biológicas, incluyendo la activación de algunas enzimas y el mantenimiento de la estructura de los ácidos nucleicos, pero su papel fisiológico predominante es la potencialización de la acción de la insulina (Vincent, 2004).

2.3.2. Absorción de cromo

El cromo se absorbe principalmente en el intestino delgado (NRC, 1997), en humanos a medida que su consumo se incrementa su absorción intestinal disminuye, en tanto que en las ratas la absorción intestinal de cromo no es afectada por el nivel

de consumo (Vincent, 2004). El cromo orgánico tiene una biodisponibilidad del 25 al 30 %, siendo los más rápidamente absorbidos los provenientes de cepas de levaduras altas en cromo y proteinatos de cromo; la disponibilidad en el tracto digestivo puede incrementarse con la adición de vitamina C (Wang, et al., 2007. 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). En el suero alcanza una concentración de entre 0.01 μg/L y 0.3 μg/L, las concentraciones son mayores en el hueso, testículo y epidídimo que en el corazón, pulmones, páncreas o cerebro (NRC, 1997). La proteína transportadora de hierro, transferrina, es la responsable de mantener los niveles de cromo en el plasma sanguíneo y de transportar el cromo a los tejidos en respuesta a los niveles de insulina (Vincent, 2000).

2.4. El cromo y su efecto en la función reproductiva de la cerda.

La productividad de la cerda sigue siendo el factor principal que determina la rentabilidad de la actividad porcina a través de sus efectos directos sobre el volumen de producción e indirectamente por su elevada participación en los costos de la misma. Aunque los factores que afectan la fertilidad y la fecundidad son bien conocidos, han sido pocos los avances logrados en los últimos años en la mejora de la capacidad y eficiencia 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 (CrPic) a niveles de adición de 0.2 ppm y los resultados han sido inconsistentes. 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 pv, en tanto que los cerdos en crecimiento reciben entre 7 y 8 μg de Cr/kg de pv (Lindemann *et al.*, 2004). En el primer trabajo publicado por Lindemann *et al.* (1995a), donde las cerdas recibieron dietas adicionadas con 0.2 ppm de Cr a partir de tripicolinato de cromo

(CrTriPic) durante la etapa de crecimiento y tres ciclos reproductivos continuos, se observaron mejoras en el número de lechones nacidos vivos por camada; sin embargo, en un segundo experimento, cuando las dietas adicionadas con 0.2 ppm de CrPic se ofrecieron desde el inicio de la preñez hasta completar tres ciclos reproductivos continuos, no mejoró el tamaño de la camada durante los dos primeros partos aunque sí en el tercer parto (Lindemann *et al.*, 1995b). En otro estudio, realizado por Hagen *et al.* (2000), con cerdas jóvenes y multíparas recibiendo dietas adicionadas con 0.2 ppm CrPic observaron un incremento en el número de lechones nacidos, así como una tendencia a incrementar el número de cerdas servidas 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. En un trabajo reciente 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 CrPic a partir del cruzamiento y durante todo el ciclo reproductivo. Por su parte (Romo *et al.*, 2005a) reportó que la suplementación con metionina de cromo es eficaz para reducir el intervalo destete a estro en cerdas jóvenes.

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 o por el consumo diario elevado, a través de la adición de fuentes orgánicas de Cr en la dieta. En un estudio realizado Mahan y Newton (1995), observaron que la concentración corporal de minerales se reduce durante los primeros tres ciclos reproductivos en comparación con las cerdas de edad similar que no han gestado, lo que sugiere 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.

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. La causa aún no se conoce con exactitud pero

hay evidencia que la salud de la cerda y la sensibilidad de la insulina pueden ser componentes relacionados con este problema, ya que la baja fertilidad es mejorada con la adición de cromo (Campbell, 1996). García *et al.* (2004) evaluaron el efecto de la adición de Cr L–metionina sobre el comportamiento productivo de cerdas primerizas y su progenie, las variables de respuesta fueron: peso de las cerdas a la pubertad, gestación y lactancia y tamaño de la camada, expresado en peso, número y kilogramos de lechón producidos al nacimiento y al destete. Se utilizaron 15 cerdas que fueron alimentadas con una dieta basada en sorgo y soya (14.8 % de PC y 3.1 Mcal EM), a las cuales se les adicionó Cr L–metionina (0, 300 y 600 ppb). Los resultados indican que no hubo diferencia estadística ($P>0.05$) en los pesos analizados de las cerdas, peso a la pubertad, gestación y lactación. Tampoco se observó una diferencia estadística ($P>0.05$) en el tamaño de la camada al nacimiento y al destete. Esto nos indica que la adición de Cr L–metionina no afectó la ganancia de peso de las cerdas en las etapas de pubertad, gestación y lactancia y no mejoró el número y peso de los lechones al nacer, ni al destete.

2.5. Mecanismos endocrinológicos que disparan el reinicio de la actividad cíclica en la cerda lactante.

La secreción de LH es un factor clave en el reinicio de la actividad cíclica después del destete (King y Martin, 1989). La extensión del intervalo destete a estro está relacionado con la población y el tamaño folicular después del destete (Britt *et al.*, 1985). El tamaño folicular al destete está influenciado por un balance energético negativo (Armstrong y Britt, 1987; Cox *et al.*, 1987; Barb *et al.*, 1991). La restricción alimenticia disminuye la frecuencia de pulsos de LH y la liberación de GnRH (Lucy *et al.*, 1992). Los pulsos de secreción de LH y los niveles séricos de glucosa e insulina están relacionados inversamente con la duración del intervalo (Tokach *et al.*, 1992a; 1992b; Ramirez *et al.*, 1997; Whitley *et al.*, 2002). Los niveles elevados de ácidos grasos libres y las bajas concentraciones de glucosa en sangre, característicos del balance metabólico negativo de la cerda durante la lactación, también inhiben la secreción de GnRH (Barb *et al.*,1991) y junto con el estímulo del amamantamiento puede amplificar la inhibición en la secreción de GnRH y LH al final de la lactación

(Quesnel y Prunier, 1995); esta combinación puede contribuir al retraso del reinicio de la actividad cíclica después del destete, especialmente en la cerda primípara, asociada a una disminución en el tamaño de la camada y tasa de parto en el siguiente ciclo reproductivo (Vesseur *et al.*, 1994). La aplicación de GnRH natural o los agonistas de GnRH (GnRH-A), se han utilizado para estimular la liberación de LH, para inducir y sincronizar la ovulación en cerdas jóvenes y adultas (Brüssow *et al.*, 1996). La inyección i.v. pulsátil de GnRH-A estimula la presentación de estro y la ovulación en cerdas prepúberes (Lutz *et al.*, 1984), en lactación (Cox y Britt, 1982), así como en anestro posparto (Britt *et al.*, 1985). Bracken *et al.* (2007) atribuyeron, a la aplicación de GnRH-A cuatro días antes del destete, un incremento en el diámetro folicular y una elevación sérica de las concentraciones de estradiol y LH. Romo *et al.* (2009) observaron una disminución en el intervalo destete a celo y un aumento en la proporción de cerdas que manifestaron celo dentro de los primeros siete días posdestete cuando estas recibieron aplicación de GnR-A a las 24 y 72 h después de destetada.

2.5.1. El GnRH análogo y su uso en el control reproductivo de la cerda.

La hormona liberadora de gonadotropina porcina (GnRH) o factor de liberador de hormona gonadotropina porcina fue aislada por Schally *et al.* (1971). Posteriormente, Matsuo *et al.* (1971a) propusieron que el GnRH porcino es un decapéptido, por lo que rápidamente éste fue sintetizado (Matsuo *et al.*, 1971b), mostrando una actividad idéntica al GnRH porcino (Schally *et al.*, 1972) y ovino (Burgus *et al.*, 1972) purificado en el laboratorio. Diversos estudios han demostrado que la infusión pulsátil de GnRH a las cerdas en lactación incrementa los niveles de LH, estimula el desarrollo folicular y el estro en las cerdas en lactación (Britt *et al.*, 1985). Por lo que, en las cerdas lactando, parece ser que el mecanismo principal que limita el desarrollo folicular es el nivel insuficiente de LH (Varley y Foxcroft, 1985). Aunque, tanto la LH como la FSH están directamente involucradas en el proceso de crecimiento folicular, una variedad de hormonas metabólicas (insulina, IGF-I, etc.) controlan la respuesta de ovario a las gonadotropinas (Webb *et al.*, 2004; Hazeleger *et al.*, 2005).

Si bien, un diámetro folicular pequeño antes del destete conduce a un retraso en la

manifestación del estro y la ovulación (Bracken *et al.*, 2006); a la inversa, la estimulación del desarrollo folicular con la infusión de GnRH durante la lactación, puede incrementar la LH y provocar el estro durante este periodo (Britt *et al.*, 1985). Estudios realizados por Sesti y Britt (1993) proveen evidencia, que la disminución en la secreción de GnRH desde el hipotálamo es probablemente la principal causa de una reducción de la secreción de LH en la hipófisis de las cerdas lactando. El incremento en el desarrollo folicular en respuesta al tratamiento con GnRH exógeno durante la lactación (De Rensis *et al.*, 1991) es consecuente con este concepto.

El pico de LH en el cerdo es de 2.5 a 3.5 ng/mL; la liberación de LH desde la hipófisis se va incrementando después del parto en la cerda (Cox y Britt, 1982). El pico de LH en respuesta a la aplicación de GnRH varía de acuerdo a la dosis, vía de aplicación y estado hormonal de la especie animal (Bracken *et al.*, 2006). En tal sentido, se ha indicado que, en contraste con otras fases del ciclo estral, la respuesta de la LH al GnRH exógeno es mínima durante la fase folicular (Van de Wiel *et al.*, 1979). Archibong *et al.*, (1987), en un estudio realizado para evaluar el efecto de la aplicación im de 200 µg GnRH-A inmediatamente después de la monta en la ovulación y sobrevivencia embrionaria en cerdas púberes, observaron que el tratamiento con GnRH incrementó la cantidad de LH liberada, con altas concentraciones séricas de gonadotropinas (17.3 µg ± 3.5) a los 75 min, post inyección y tasa de ovulación (14.5 ±.7 vs. 12.1± .6). Sin embargo, el tratamiento con GnRH no mejoró el número de embriones implantados (normales y degenerados) presentes (10.9 ±.9 vs. 10.5±.7) o el porcentaje de fetos viables (74.7% ±6.9 vs. 83.5 ±5.0) al día 30 de gestación, sugiriendo que el incremento en la tasa de ovulación inducida por el GnRH-A en la cerda púber, no está acompañada por un incremento en la sobrevivencia embrionaria o el tamaño de camada a los 30 días de gestación.

Mao *et al.* (1999), observaron que la aplicación iv de 800 ng de GnRH cada 6 h a cerdas primíparas durante la última semana de lactancia (22 a 28 días) y con restricción alimenticia durante el mismo periodo, si bien, restaura la secreción de LH, esto no mejora el desempeño reproductivo de manera general. Brüssow *et al.* (2007), encontraron que la administración de 50 µg de GnRH agonista 80 h después de la aplicación de eCG a cerdas jóvenes provocó la ovulación entre las 34 y 42 h después

de la inyección. Kauffold *et al.* (2007), concluyeron que un tratamiento con 20 mg de altrenogest/día/animal, seguido por 800 UI de eCG y 50 µg de GnRH-análogo D-Phe(6)-LHRH es apropiado para sincronizar estros y ovulación en cerdas diagnosticadas como no gestantes.

Szabó *et al.* (1991), en un estudio donde 29 cerdas fueron tratadas con ProlanS-öilnjection, 31 cerdas con un análogo superactivo de GnRH (Ovurelin, D-Phe6-GnRH-EA, Reanal, Hungary) 48 h después del destete y 52 cerdas testigo, observaron que la tasa de concepción en el grupo testigo fue 69.4%, y en los grupos tratados con Prolan y Ovurelin fue de 79.3 y 71%, respectivamente. El uso de ProlanS-öil inyectado disminuyó marcadamente el número de cerdas en anestro y aquellas con ciclo estral irregular. En este estudio se observó que el tratamiento con GnRH análogo inhibió la manifestación de celo inducido por el destete; sin embargo, posteriormente, se indujo un ciclo regular en 30 (96.8%) de las 31 cerdas tratadas. En otro estudio realizado por Szabó *et al.* (1992), para probar el efecto de GnRH análogo (Ovurelin, D-Phe6-GnRH-EA) aplicado en el día 19 antes del destete, disminuyó el número de cerdas que entraron en celo dentro de la primera semana posdestete. Romo *et al.* (2009), indican que la aplicación de 50 µg de GnRH-A (Gonadorelina) a las 24 y 72 h después destete reduce el intervalo celo, aumenta el número de cerdas que retornan a celo dentro de los primeros siete días posdestete e incrementa la tasa de parto al primer servicio posdestete.

III. Hipótesis

El consumo adicional de cromo durante la lactancia y la aplicación de gonadorelina (GnRH-A) después del destete mejora el desempeño reproductivo de la cerda.

IV. Objetivo General

Evaluar la respuesta reproductiva de la cerda lactante al consumo adicional de cromo y la aplicación de gonadorelina (GnRH-A) después del destete.

V. Objetivos específicos

1. Medir la respuesta de la cerda al consumo adicional de cromo durante la lactancia y a la aplicación de GnRH-A posdestete en el intervalo destete a celo.
2. Medir la respuesta de la cerda al consumo adicional de cromo durante la lactancia y a la aplicación de GnRH-A posdestete en la tasa de parto.
3. Medir la respuesta de la cerda al consumo adicional de cromo durante la lactancia y a la aplicación de GnRH-A posdestete en el tamaño de la camada.

VI. Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la granja porcina "La Huerta" localizada en la sindicatura de Culiacancito, Culiacán, Sinaloa, durante los meses de noviembre de 2010 a octubre de 2011. Se utilizaron 368 cerdas multíparas híbridas, las cuales fueron asignadas a uno de 4 tratamientos en un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 2; los tratamientos consistieron en:1) El grupo testigo (GT; n = 96) recibió una dieta de lactancia a base de maíz-pasta de soya (Cuadro 1) durante el periodo de lactación y una semana después del destete y la aplicación de 1 mL de solución fisiológica a las 24 y 48 h después del destete; 2) (GnRH-A; n = 84) recibió una dieta de lactancia a base de maíz-pasta de soya durante el periodo de lactación y una semana después del destete y la aplicación de 25 µg de GnRH a las 24 y 48 h después del destete; 3) (CrMet; n = 85) recibió una dieta de lactancia a base de maíz- pasta de soya adicionada con 400 ppb de Cr a partir de metionina de Cromo durante el periodo de lactación y una semana después del destete y la aplicación de 1 mL de solución fisiológica a las 24 y 48 h después del destete y 4) (CrGnRH; n = 103) recibió una dieta de lactancia a base de maíz- pasta de soya adicionada con 400 ppb de Cr a partir de metionina de Cromo durante el periodo de lactación y una semana después del destete y la aplicación de 25 µg de GnRH a las 24 y 48 h después del destete.

Las cerdas lactantes fueron alimentadas de acuerdo al apetito, con servidas múltiples durante el día. Las cerdas tuvieron acceso libre a agua de bebida y fueron alojadas en salas de maternidad cerradas con sistema de ventilación forzada.

Al destete fueron trasladadas al área de servicio y alojadas en corrales colectivos en un área totalmente techada, con acceso libre al alimento y agua de bebida.

La detección de celos se realizó diariamente, a las 08:00 h por la mañana y las 17:00 por la tarde, con la ayuda de un semental. La cerda fue registrada en celo en el momento en que respondió al reflejo de monta por presión en la región dorsal. Las cerdas detectadas en celo recibieron tres dosis de semen fresco por servicio, con inseminación artificial. Las cerdas recibieron la primera dosis seminal 12 h después de ser detectadas en celo y las otras dos a intervalos de 12 h.

Cuadro 1. Composición de la dieta de lactancia usada en el experimento.

Ingredientes	Tratamientos	
	Testigo	Cr
Maíz (8% CP)	637	636.6
Pasta de Soya (47% CP)	248	248
Salvado de Trigo	50	68
Aceite de soya	29	29
Mic. Lactancia LP [1]	36	36
Microplex [2]	0.0	0.4
Total, kg	1000	1000
	Análisis calculado [3]	
Proteína cruda , %	17.98	17.97
calcio, %	0.920	0.920
Fósforo, %	0.741	0.741
Lisina, %	1.08	1.08
Cr adicional, ppm	0.0	0.4
EM, kcal/kg	3,352	3,352

[1] Mic. Lactancia LP Vimifos S.A. de C.V. [2] Microplex MR (Zinpro, Co.) La premezcla de metionina de cromo contiene 1 g de Cr por kg, [3] calculado a partir de valores publicados (NRC, 1998).

Las cerdas inseminadas fueron alojadas en jaulas de gestación individuales, 21 días después, se revisó la manifestación de celos con la ayuda de un semental y a los 28 y 35 días se realizó diagnóstico de gestación con equipo de ultrasonido en tiempo real. Las cerdas que presentaron celos a los 21 días post servicio, así como aquellas negativas a gestación a los 28 y 35 días post servicio fueron registradas como falladas, así como aquellas que abortaron o murieron durante el periodo de

gestación. Las cerdas gestantes fueron trasladas a la sala de maternidad tres o cuatro días antes de la fecha probable de parto.

El total de lechones nacidos (TLN), lechones nacidos vivos (LNV), intervalo destete-celo (IDC) y tasa de parto (TP) al primer servicio posdestete, fueron registrados durante un ciclo reproductivo.

Análisis estadístico. A los resultados de TLN, LNV e IDC 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:

$$Y_i = \mu + CrMet_j + GnRH\text{-}A_k + CrMet{*}GnRH\text{-}A_l + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_i es la variable de respuesta (TLN, LNV e ICP);

μ es la media general del experimento

$CrMet_j$ es el efecto del j- ésimo nivel de CrMet

$GnRH\text{-}A_k$ es el efecto del k-ésimo nivel de GnRH-A

$CrMet{*}GnRH\text{-}A_l$ es el efecto del la interacción $CrMet{*}GnRH\text{-}A_k$

E_{ijkl} es el error aleatorio.

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

VII. Resultados

Las cerdas del experimento tuvieron un IDC promedio de 4.60 días, observándose diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos. La aplicación de 25 µg de GnRH a las 24 y 48 h después del destete alargó el intervalo destete-celo, respecto de los otros tratamientos; las cerdas que recibieron sólo la aplicación de GnRH tuvieron un intervalo destete-celo de 5.1 d, superior a 4.5, 4.7 y 4.4 d de las cerdas del grupo control, las que consumieron cromo adicional durante el periodo de lactancia y una semana después del destete, así como de aquellas que recibieron la administración tanto de cromo como GnRH, respectivamente. Se observó una interacción del Cr y el GnRH en el intervalo destete-celo. La información se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en el intervalo destete-celo de la cerda.

Variables	Tratamientos				EEM[1]	Efectos principales, *P*		
	Control	GnRH	Cr	CrGnRH		Cr	GnRH	Cr*GnRH
Cerdas, n	96	84	85	103				
IDC[2]	4.5^{b}	5.1^{a}	4.7^{ab}	4.4^{b}	0.0927	0.21	0.39	0.01

[1]Error estándar de la media, [2]Intervalo destete-celo, a, b, Literales diferentes indican diferencia estadística (< P 0.05)

El consumo adicional de cromo durante la lactancia y una semana después del destete y la aplicación de GnRH posdestete no modificaron ($P > 0.05$) el tamaño y peso de la camada de la cerda. Las cerdas utilizadas en el experimento tuvieron un promedio de lechones nacidos totales de 12.02, 10.45 lechones nacidos vivos y peso de la camada al nacimiento de 14.6 kg como se resume en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en el tamaño y peso de la camada de la cerda

Variables	Tratamientos				EEM[1]	Efectos principales, *P*		
	Control	GnRH	Cr	CrGnRH		Cr	GnRH	Cr*GnRH
Cerdas, n	81	70	76	90				
LNT[2]	11.98	11.83	11.85	12.36	0.1685	0.55	0.38	0.39
LNV[3]	10.35	10.24	10.63	10.55	0.1677	0.60	0.77	0.19
PCN[4]	14.58	14.23	15.23	14.38	0.2318	0.32	0.95	0.55

[1]Error estándar de la media, [2]Lechones nacidos totales, [3]Lechones nacidos vivos, [4]Peso de la camada al nacimiento

El consumo adicional de cromo orgánico y la aplicación de GnRH posdestete no modificaron ($P > 0.05$) la tasa de parto en la cerda. El promedio de la tasa de parto de las hembras utilizadas en el experimento fue de 86.14% (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto del consumo adicional de cromo orgánico durante la lactancia y aplicación de GnRH-A posdestete en la tasa de parto de la cerda.

Variables	Tratamientos			
	Control	GnRH	Cr	CrGnRH
Cerdas, n	96	84	85	103
Cerdas paridas	81	70	76	90
Tasa de parto (%)	84.37	83.33	89.41	87.37

VIII. Discusión

La aplicación de 25 µg de GnRH-A a las 24 y 48 h después del destete alarga el intervalo destete-celo, no modifica la tasa de parto, ni el tamaño y peso de la camada. Los resultados de la aplicación de GnRH-A a la cerda durante y después de la lactación son inconsistentes. Si bien, estos resultados son similares a los obtenidos por Félix (2009), quien al aplicar 50 µg de GnRH-A cuatro días antes del destete durante la época de verano observó un incremento en el intervalo destete-celo, sin modificarse el tamaño y el peso de la camada, pero si una disminución en la tasa de parto, difiriendo en esta última variable con los resultados del presente estudio, donde ésta no fue modificada por la aplicación de GnRH-A; sin embargo, Romo *et al.* (2005b) no observaron efectos de la aplicación de GnRH-A cuatro días antes del destete a cerdas multíparas, servidas durante el verano, en el intervalo destete-celo, tasa de parto, tamaño y peso de la camada; en tanto, que el mismo tratamiento aplicado a cerdas jóvenes (primero y segundo parto) servidas durante el verano elevó la tasa de parto (69 *vs.* 84%; Romo *et al.*, 2005b). En un trabajo reciente, Romo *et al.* (2009), mencionan que al aplicar 50 µg de GnRH-A a las cerdas, 24 y 72 h posdestete observaron una disminución del intervalo destete-celo ($P < 0.07$) de 7 a 5.6 días, así como una tendencia ($P = 14$) a mejorar (6%) la tasa de parto. Por su parte Szabó *et al.* (1991), observaron que el 96.7% de las cerdas entraron en estro en respuesta a la aplicación de GnRH-A 48 h después del destete. En otro estudio realizado por Szabó *et al.* (1992), observaron que el tratamiento con GnRH-A al final del periodo de lactación (día 19) redujo al 50% el número de cerdas que fallaron para retornar al estro después del destete, e incrementó en un 42% la proporción de cerdas que entraron en estro dentro de los primeros siete días después del destete. Cox y Britt (1982) observaron un incremento en el desarrollo folicular en respuesta a la administración de GnRH-A durante la lactación. Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la aplicación de GnRH análogo induce la atresia folicular y el reinicio de una nueva onda folicular; en tal sentido Twagiramungu *et al.* (1995), observaron que la administración de GnRH elimina los folículos grandes, ya sea por ovulación o atresia, e induce el crecimiento

de una nueva onda folicular dentro de 3 a 4 días después del tratamiento en cualquier etapa del ciclo estral; por lo que, el incremento en el intervalo destete a celo, observada en este experimento, se le atribuye a una disminución en el número de folículos grandes después del tratamiento con GnRH (Macmillan y Thatcher, 1991).

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo, se puede sugerir que la aplicación de GnRH-A después del destete no es una estrategia adecuada para la manipulación reproductiva de la cerda, ya que se puede promover la atresia folicular, alargando el intervalo destete a celo.

El consumo adicional de 400 ppb de Cr a partir de metionina de Cromo durante el periodo de lactación y una semana después del destete no modificaron ($P > 0.05$) el intervalo destete-celo, tasa de parto y el tamaño y peso de la camada. Estos resultados no concuerdan con estudios realizado por Romo *et al.* (2008), en donde se observó que el consumo adicional de cromo orgánico, durante el periodo de lactancia y una semana después del destete en cerdas servidas durante la época de verano, incrementó ($P < 0.05$) en 14.7% el total de lechones nacidos, mejoró ($P < 0.05$) en 14% el número de lechones nacidos vivos, así como en un 17% ($P < 0.05$) el peso de la camada al nacimiento. Sin embargo, estos resultados confirman lo expuesto por García *et al.* (2004) en donde señalan que no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) en los pesos de las cerdas en la pubertad, gestación y lactación y que tampoco influyó en el nacimiento y destete de la camada. El mismo autor señala que la adición de Cr L–metionina no afecta la ganancia de peso de las cerdas en las etapas de pubertad, gestación y lactancia y no mejora el número y peso de los lechones al nacer ni al destete.

La tasa de parto y el intervalo destete-celo fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos. En el presente trabajo las cerdas fueron servidas durante la época de otoño-invierno, periodo durante el cual las cerdas no están expuestas a las altas temperaturas y humedad relativa, característicos de la época de verano en el noroeste de México. En tal sentido, 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

de la energía (Anderson, 1981), ya que el cromo es un integrante del sistema que potencia la acción de la insulina (Vincent, 2000). Las reservas energéticas y el nivel de energía circulante es importante para reiniciar la actividad ovárica de la cerda después del destete y para mantener la gestación (Hazeleger *et al.*, 2005). En este sentido, se ha sugerido que la restauración de las reservas de cromo tisular, puede ayudar a mejorar la función reproductiva de la cerda expuesta a altos niveles de estrés durante la época de verano; esto pudiera explicar, por una parte, la falta de respuesta en el desempeño reproductivo de las cerdas servidas durante la época fresca del año, al consumo adicional de cromo durante el periodo de lactancia y una semana después del destete. En otros estudios, donde el periodo de consumo adicional de cromo orgánico fue más prolongado, se observaron mejoras en algunos indicadores reproductivos de la cerda. Romo *et al.* (2005a; 2005b) observaron una disminución en el intervalo destete celo en cerdas multíparas y jóvenes, y un incremento en la tasa de parto de las cerdas jóvenes; por su parte Campbell (1996) y Hagen *et al.* (2000), encontraron un incremento en la proporción de cerdas que mostraron celo dentro de los primeros siete días después del destete. Sin embargo, Campbell (1996) y Romo *et al.* (2005a), no observaron efecto del consumo adicional de cromo en la tasa de parto, tamaño de la camada y peso de la camada al nacimiento en cerdas multíparas. Lindeman et al. (1995a), después de un largo periodo de consumo adicional, que incluyó la etapa de desarrollo, sólo encontró mejoras en el tamaño de camada en la cerdas en el segundo parto; Trottier y Wilson (1998); Hagen *et al.* (2000), observaron que la adición de picolinato de cromo a la dieta eleva el tamaño de la camada; Lindeman *et al.* (2004) encontró un efecto cuadrático en el número de lechones nacidos vivos en cerdas alimentadas con dietas adicionadas con 200, 600 y 1000 ppb. Los resultados de los estudios realizados, indican que la respuesta en el desempeño reproductivo de la cerda alimentada con dietas adicionadas con cromo orgánico es variable y depende de factores como la edad, nivel de estrés al que estén sometidas durante el ciclo reproductivo, periodo de tiempo alimentadas con dietas adicionadas con cromo orgánico, así como el nivel de adición de cromo orgánico a la dieta suministrada.

IX. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

La aplicación de GnRH-A posdestete alarga el intervalo destete-celo en cerdas en anestro lactacional.

El consumo adicional de cromo orgánico no modifica la respuesta reproductiva de las cerdas destetadas y servidas durante la época de otoño-invierno en el noroeste de México.

X. Literatura Citada

Anderson, R.A. 1981. Nutritional role of chromium. Sci. Total Environ. 17:13-29 (Abstract).

Anderson, R.A., N.A Bryden, M.M. Polansky, and J.W. Thorp 1991. Effects of carbohydrate loading and underwater exercise on circulating cortisol, insulin, and urinary losses of chromium and zinc. Eur. J. Appl. Physiol. 63:146-150.

Anderson, R.A, N. A. Bryden, C. M. Evock-Clover and N. C. Steele. 1997. Beneficial effects of chromium on glucose and lipid variables in control and somatotropin-treated pigs are associated with increased tissue chromium and altered tissue copper, iron, and zinc. J. Anim. Sci. 75:657-661.

Archibong, A. E., D. C. England and F. Stormshak.1987. Ovulation and embryonic survival in pubertal gilts treated with gonadotropin releasing hormone. J Anim Sci. 65:752-755.

Armstrong, J. D., and J. H. Britt. 1987. Nutritionally-induced anestrous in gilts: Metabolic and endocrine changes associated with cessation and resumption of estrous cycles. J. Anim. Sci. 65:508-518.

Barb, C. R., R. R. Kraeling, J. B. Barrett, G. B. Rampacek, R. M. Campbell, and T. F. Mowles. 1991. Serum glucose and free fatty acids modulate growth hormone and luteinizing hormone secretion in the pig. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 198:636.

Boot, P.J., J.R. Cosgrove, and G.R. Foxcroft. 1996. Endocrine and metabolic response torealimentation in feed-restricted prepuberal gilts: Association among gonadotropins, metabolic hormones, glucose and uterovarian development. J. Anim. Sci. 74:840-848.

Bracken C.J., R. P. Radcliff, B. L. McCormack, D. H. Keisler and M. C. Lucy. 2006. Decreased follicular size during late lactation caused by treatment with charcoal-treated follicular fluid delays onset of estrus and ovulation after weaning in sows. J. Anim Sci. 2006. 84:2110-2117.

Bracken CJ, Lamberson WR, Safranski TJ, Lucy MC. 2003. Factors affecting follicular populations on Day 3 postweaning and interval to ovulation in a commercial sow herd. Theriogenology., 60(1):11-20.

Bracken CJ, Radcliff RP, McCormack BL, Keisler DH, Lucy MC. 2007. Two days of pulsatile GnRH infusion beginning 4 days before weaning in sows initiates a wave of follicular growth that is not sustained after weaning. Anim Reprod Sci. 102(1-2):158-64.

Britt, J. H., J. D. Armstrong, N.M. Cox, and K. L. Esbenshade. 1985. Control of follicular development during and after lactation in sows. J. Reprod. Fertil. Suppl. 33:37–54.

Brüssow, K. P., F. Schneider, A. Tuchscherer, J. Rátky, R. R. Kraeling and W. Kanitz. 2007. Luteinizing hormone release after administration of the gonadotropin-releasing hormone agonist Fertilan (goserelin) for synchronization of ovulation in pigs. J Anim Sci; 85:129-137.

Brüssow, K. P., W. Jöchle, and U. Hühn. 1996. Control of ovulation with a GnRH analog in gilts and sows. Theriogenology; 46:925–934.

Burgus, R., M. Butcher, M. Amoss, N. Ling, M.Monahan, J. Riveier, R. Fellows, R. Blackwell, W. Vale and R. Guillemin. 1972. Primary structure of the ovine hypothalamic luteinizing hormone-releasing factor (LRF). Proc. Natl. Acad. Sci., 69:278-289.

Campbell, R. G. 1996. The effects of chromium picolinate on the fertility and fecundity of sows under commercial condition. Proc. of the 16th Annual Prince Feed Ingredient Conference, Quincy, IL (abstract).

Carruthers, T.D., E.M. Convey., J.S. Kesner., H.D. Hafs, and K.W. Cheng. 1980. The hypothalamo-pituitary gonadotrophic axis of suckled and nonsuckled dairy cows postpartum. J Anim Sci 51:949-958.

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.

Cox, N. M., M. J. Stuart, T. G. Althen, W. A. Bennett, and H. W. Miller. 1987. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. J. Anim. Sci. 64:507-516.

De Rensis, F., M. G Hunter., S. A Grant., R T. Lancaster, and G. R. Foxcroft. 1991. Effect of Estrogen Administration on Endogenous and Luteinizing hormone-releasing hormone inducing luteinizing hormone secretion and follicular development in the lactating sows. Biol. Reprod. 44:975-982.

Dritz SS, Tokach MD, Goodband RD, and Nelssen JL. 1999. Efectos del picolinato de cromo en la reproducción y parto en cerdas de primer parto. Proceedings, Kansas State University Swine Day; 54-57.

Félix, C. S. A. 2009. Efecto de la aplicación de GnRH- Agonista durante la lactación en el desempeño reproductivo de la cerda joven servida en la época de verano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

García-Castillo, R.F.; H. Gutiérrez-Bañuelos, M. Mellado-Bosque y R. Morones-Reza. 2004. Cromo L-metionina en Dietas Basadas en Sorgo y Soya en Cerdas Primerizas. Revista Agraria -Nueva Época, 1:247-252.

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.

Hazeleger,W., N. M. Soede, and B. Kemp. 2005. The effect of feeding strategy during the pre-follicular phase on subsequent follicular development in the pig. Domest. Anim. Endocrinol. 29: 362–370.

Jacquament, L., Y. Sun, J. Hatfiel, W. Gu, S. P. Cramer, M. W. Crowder, G. A.Lorigan, J. B. Vincent, and 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.

Kauffold, J., J. Beckjunker, A. Kanora, and W. Zaremba. 2007. Synchronization of estrus and ovulation in sows not conceiving in a scheduled fixed-time insemination program. Anim Reprod Sci; 97:84-93.

King, G.J. 1993. "Reproduction in Domestic Animals". En: Neimann-Sorensen A., y Tribe D.E. (editors). World animal science. Volumen B 9: Disciplinary approach. Ed. Elsevier, The Netherlands,

King, R. H. and G. B. Martin. 1989. Relationships between protein intake during lactation. LH levels and oestrus activity in first-litter sows. Anim. Reprod. Sci., 19:283-292.

Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper and E. T. Kornegay. 1995b. Further assessments of the effects of supplementation of chromium from chromium picolinate on fecundity in swine. J. Anim. Sci. 73 (suppl. 1): 185 (abstract).

Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay and R. A. Anderson. 1995a. Dietary chromium picolinate addition improve gain: Feed and carcass characteristics in growing finish pigs and increase litter size in reproducing sows. J. Anim. Sci. 74:457-465.

Macmillan, K. L. and W. W. Thatcher. 1991. Effects of an agonist of gonadotropin-releasing hormone on ovarian follicle in cattle. Biol. Reprod. 45:883-892.

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.

Mertz W. 1975. Effects and metabolism of glucose tolerance factor. Nutr Rev; 23: 129-135.

Mertz W. 1976. Chromium and its relation to carbohydrate metabolism. Med Clin North Am; 60:739-744.

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.

Lucy, M. C., J. D. Savio, L. Badinga, R. L. Delasota, and W. W. Thatcher. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. J. Anim. Sci. 70:3615-3626.

Lucy, M. C., J. Liu, C. K. Boyd, and C. J. Bracken. 2001. Ovarian follicular growth in sows. Reprod. Suppl. 58:31–45.

Lutz,J. H., G.B. Rampacek, R.R. Kraeling, and C.A. Pinkert. 1984.Serum luteinizing hormone and estrogen profiles before puberty in the gilt. J. Anim. Sci, 58: 686-691.

Mao, J., L. J. Zak, J. R. Cosgrove, S. Shostak and G. R. Foxcroft. 1999. Reproductive, metabolic, and endocrine responses to feed restriction and GnRH treatment in primiparous lactating sows. J Anim Sci; 77:724-735.

Matsuo, H., A. Arimura, R. M. G. Nair and A. V. Schally. 1971a. Synthesis of the porcine LH and FSH releasing hormone by the solid phase method. Biochem. Biophys. Res. Comm., 45:822-833.

Matsuo, H., A. Arimura, R. M. G. Nair and A. V. Schally. 1971b. Structure of the porcine LH and FSH releasing hormone. I. The proposed amino acid sequence. Biochem. Biophys. Res. Comm., 43:1334-1345.

McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press, New York.

Monge, J. 1998. Producción Porcina. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

NRC. 1997. The role of Chromium in Animal Nutrition. National Academy Press. Washington, D. C.

NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. National Academy Press. Washington, D. C.

Quesnel, H., and A. Prunier. 1995. Endocrine bases of lactational anoestrus in the sows. Reprod Nutr Dev; 35:395-414.

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.

Romo, J. A., R. Barajas, H. R. Guemez, J. M. Romo, and F. Juarez. 2008. Effect of the chromium addition at the diet on reproductive performance of sows served during the summer season. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science, Vol. 59:173-176.

Szabó, I., T. Antal, I. Töth, I. Faredin, J. Seprödi, and I. Teplán. 1991. Effect of treatment with prolan or with a GnRH superactive analogue on the sexual function of sows after weaning. Acta Vet Hung; 39: 3-11.

Tokach, M. D., J. E. Pettigrew; G. D. Dial; J. E. Wheaton; B. A. Crooker and Y. Koketsu. 1992b. Influence of infusion glucose on luteinizing hormone secretion in the energy-restricted, primiparous, lactating sow. J. Anim. Sci. 70:2202-2206.

Tokach, M. D., J.E. Pettigrew, G. D. Dial, J. E. Weaton, B. A. Crooker and L. J. Johnston. 1992a. Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous lactating sow: Relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. J. Anim. Sci. 70:2195-2201.

Twagiramundu, H. L. A. Guilbaut and J. J. Dufour. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in catle: A review. J. Anim. Sci. 73:3141-3151.

Van de Wiel, D. F. M., E. A. Van de Boezem, L. P. B. M. Vergroesen and F. P. W. De Vries. 1979. Feedback action of progesterone and oestrogen on LH after administration of GnRH in cycling gilts. In: Research on Steroids. Vol VIII. pp 221-224. Academic Press. New York.

Varley, M. A., and G. R. Foxcroft. 1985. Endocrinology of the lactating and weaned sow. J. Reprod. Fertil. Suppl., 40:47- 61.

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. 1999. Mechanisms of chromium action: low-molecular-weightchromium-binding substance. J. Am. Col. Nutr. 18:6-12.

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):69-75

Webb, R., Garnsworthy, P.C., Gong, J.G., Armstrong, D.G., 2004. Control of follicular growth: local interactions and nutritional influences. J. Anim. Sci. 82, E63–E74.

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.

Yavas, Y., and J.S Walton. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows. A. Review. Theriogenology 54:25: 507-514.