



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**“PICOLINATO DE CROMO Y MELAZA EN LA DIETA DE CERDAS
REPRODUCTORAS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y
REPRODUCTIVAS”**

T E S I S

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN NUTRICION ANIMAL**

P R E S E N T A

SILVESTRE CHÁRRAGA AGUILAR

TUTOR

**DR. JOSÉ ANTONIO CUARÓN IBARGÜENGOYTIA †
INIFAP-FESC-UNAM**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, OCTUBRE 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARTA AVAL PARA DAR INICIO A LOS TRÁMITES DE GRADUACIÓN

**Universidad Nacional Autónoma de México
Secretaría General
Coordinación General de Estudios de Posgrado**

Personal Titular del Programa de Maestría y Doctorado en ciencias de la producción y salud animal.

Presente

Quien suscribe, MC Ernesto Avila Gonzalez, tutor principal de Silvestre Chárraga Aguilar, con número de cuenta **95820385**, integrante del alumnado de Maestría de ese programa, manifiesto bajo protesta de decir verdad que conozco el trabajo escrito de graduación elaborado por dicha persona, cuyo título es: "Picolinato de cromo y melaza en la dieta de cerdas reproductoras sobre las características productivas y reproductivas", así como el reporte que contiene el resultado emitido por la herramienta tecnológica de identificación de coincidencias y similitudes con la que se analizó ese trabajo, para la prevención de faltas de integridad académica.

De esta manera, con fundamento en lo previsto por los artículos 96, fracción III del Estatuto General de la UNAM; 21, primero y segundo párrafos, 32, 33 y 34 del Reglamento General de Exámenes y; 22, 49, primer párrafo y 52, fracción II del Reglamento General de Estudios de Posgrado, **AVALO** que el trabajo de graduación presentado se envíe al jurado para su revisión y emisión de votos, por considerar que cumple con las exigencias de rigurosidad académica previstas en la legislación universitaria.

Protesto lo necesario,

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 20 de Agosto de 2024

MC Ernesto Avila Gonzalez
Tutor principal



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Graduación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado:

**“PICOLINATO DE CROMO Y MELAZA EN LA DIETA DE CERDAS
REPRODUCTORAS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y
REPRODUCTIVAS”**

que presenté para obtener el grado de ~~Maestría~~ es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi programa de posgrado, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de graduación.

Atentamente

Silvestre Chantaga Aguilar
de cuenta 95820385

(Nombre, firma y Número de cuenta de la persona alumna)

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por haber permitido que este momento emotivo ocurriera en mi vida y así también espero que sea para beneficio de las personas que pueda ayudar con estos granitos de conocimientos.

Doy gracias al Dr José Antonio Cuarón quien insistió en que terminará este proyecto y aunque no lo pudimos terminar juntos, confió que desde allá arriba se deberá alegrar, aunque sea un poco por haber llegado a este punto.

Sin duda dar gracias al Dr Ernesto Avila, que en el transcurso de mi vida ha sido pieza clave y hoy es quién me ha impulsado a terminar esta fase de mi vida; ¡muchas gracias!

Doy gracias a mis padres; Raúl y Candelaria: por la vida, por su paciencia y por cuanto amor y cariño he recibido de ellos.

Gracias a mi esposa; Norma De León, quien ha estado conmigo insistiendo y haciendo posible el tiempo.

¡Mi agradecimiento para todo mi jurado revisor que me tuvieron la paciencia y después de algunos años, hemos llegado!; ¡muchas gracias!

Agradecer a todos aquellos compañeros, amigos y familiares que se tomaron unos minutos para estar juntos en este proyecto.

.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos los ávidos de aprender y que en aras de este fin pueda servir para poner un granito de conocimiento en cada lector.

Con amor y cariño para mi esposa Norma y mis hijas Loreto Valentina y Dolores Elena.

RESUMEN

Se realizaron 2 experimentos para evaluar el efecto del tripicolinato de cromo y melaza, sobre el comportamiento productivo y reproductivo de la cerda al parto subsecuente. **Experimento1:** 40 cerdas nulíparas (DurocXLandrace) distribuidas en factorial 2x2 (Melaza: 0/30%; Cromo/ton: 0/200ppb). Del primer estro a 24 días posteriores a monta, se ofrecieron las dietas experimentales (3.2 EM Mcal/kg, 12% PC y 0.65% Lis dig); los tratamientos con melaza se ajustaron para consumos (CDA) isoproteicos e isoenergéticos. Las cerdas se inseminaron al segundo estro. **Experimento2:** 90 cerdas multíparas (DurocXLandrace) distribuidas en DBCA (Bloques: 1-2, 3-5 y +5 partos) con arreglo factorial (mismo Experimento1). De 14 días predestete hasta 24 posteriores a inseminación se dieron las dietas experimentales; *ad-libitum* durante lactancia y CDA ajustado posdestete como Experimento1. Durante gestación se ofreció una dieta común para ambos experimentos. **Experimento1:** Las variables evaluadas fueron iguales ($P>0.05$), el número de lechones nacidos (NLN) fue mayor por efecto de Cr (10.60 vs 9.55; $P=0.21$, EEM=0.62). **Experimento2:** La lactancia duró 23 ± 0.57 días, con 8.82 ± 0.24 lechones destetados ($P>0.05$). El CDA durante lactancia fue mayor con Cr (7.4 vs 6.5 kg/d; $P<0.003$, EEM=0.19) o melaza (7.53 vs 6.37 kg/día; $P<0.001$, EEM=0.19), esto aumentó el consumo de nutrimentos por efecto de Cr, por consecuencia, perdieron menos peso en lactancia (-5.95 vs -11.86 kg; $P<0.03$, EEM=1.69) y destetaron lechones más pesados (6.3 vs 5.8 kg; $P<0.02$, EEM=0.13). Los días destete-estro fueron similares (5.6 ± 1.08 , $P>0.15$). El NLN en cerdas de 3-5 partos mejoró por Cr (12.10 vs 11.27; $P<0.09$, EEM=0.08), o melaza (12.08 vs 11.32; $P>0.05$, EEM=0.08). Estos efectos de Cr/Melaza en prolificidad de la cerda, sugieren efectos positivos, aunque es necesario controlar otras fuentes de variación para constatar su efectividad. La suplementación de Cr 14 días previos al destete favorece CDA y tiene efectos positivos en productividad.

Palabras clave: cromo orgánico, melaza, cerdas reproductoras, producción.

ABSTRACT

Two experiments were carried to evaluate the effect of tripicolinate chromium and molasses on performance and reproductive behavior of the sow at subsequent farrowing. Experiment 1: 40 gilt sows (Duroc x Landrace) distributed in a 2x2 factorial (Molasses: 0/30%; Chromium/ton: 0/200ppb). From the first estrus to 24 days after mating, the experimental diets were offered (3.2 ME Mcal/kg, 12% CP and 0.65% Lys dig); Molasses treatments were adjusted for isoprotein and isoenergetic fed intakes (FDC). The sows were inseminated at the second estrus. Experiment2: 90 multiparous sows (Duroc x Landrace) distributed in daily block feed consumption (Blocks: 1-2, 3-5 and +5 parities) with factorial arrangement (same Experiment1). From 14 days pre-weaning to 24 days after insemination, the experimental diets were given: ad-libitum during lactation and adjusted DFC post-weaning as Experiment 1. During pregnancy, a common diet was offered for both experiments. Experiment 1: The variables evaluated were the same ($P>0.05$), the number of piglets born (NPB) was greater due to the effect of Cr (10.60 vs 9.55; $P=0.21$, $EEM=0.62$). Experiment2: Lactation lasted 23 ± 0.57 days, with 8.82 ± 0.24 piglets weaned ($P>0.05$). The DFC during lactation was higher with Cr (7.4 vs 6.5 kg/d; $P<0.003$, $EEM=0.19$) or molasses (7.53 vs 6.37 kg/day; $P<0.001$, $EEM=0.19$), this increased nutrient consumption by effect of Cr, consequently, they lost less weight in lactation (-5.95 vs -11.86 kg; $P<0.03$, $EEM=1.69$) and weaned heavier piglets (6.3 vs 5.8 kg; $P<0.02$, $EEM=0.13$). Weaning-estrus days were similar (5.6 ± 1.08 , $P>0.15$). The NLN in sows of 3-5 parities improved by Cr (12.10 vs 11.27; $P<0.09$, $EEM=0.08$), or molasses (12.08 vs 11.32; $P>0.05$, $EEM=0.08$). These effects of Cr/Molasses on sow prolificacy suggest positive effects, although it is necessary to control other sources of variation to verify its effectiveness. Cr supplementation 14 days before weaning favors DFC and has positive effects on productivity.

Key words: organic chromium, molasses, sows, production.

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	5
Abstract	6
1. Introducción	12
2. Revisión de literatura	12
2.1 Aspectos generales de la regulación hormonal en el ciclo reproductivo.....	12
2.2 Factores que afectan el número de lechones en la cama siguiente	14
2.3 Generalidades de la insulina	18
2.3.1. Función	18
2.3.2. Síntesis y secreción	19
2.3.3. Relación insulina-glucosa	20
2.3.4. Interrelación con el eje reproductivo	21
2.4. Melaza como ingrediente	24
2.4.1. Composición.....	24
2.4.2. Uso en la alimentación de cerdos	25
2.4.3. Uso en la alimentación de la cerda reproductora	26
2.5. El elemento Cromo	29
2.5.1. Particularidades del cromo en la producción animal	29
2.5.2. Función metabólica	30
2.5.3. Requerimientos de cromo	31
2.5.4. Uso del cromo en la alimentación de cerdos	33
3. Hipótesis general	37
4. Objetivo general	37
5. Material y métodos	38
5.1. Sitio experimental	38
5.2 Experimento 1	38
5.2.1. Hipótesis	38
5.2.2 Objetivo	38

5.2.3. Diseño experimental	39
5.2.4. Alimentación	39
5.2.5. Instalaciones y manejo	40
5.2.6. Variables de respuesta	41
5.2.7. Análisis estadístico	42
5.3. Experimento 2	42
5.3.1. Hipótesis	42
5.3.2. Objetivo	43
5.3.3. Diseño experimental	43
5.3.4. Alimentación	43
5.3.5. Instalaciones y manejo	44
5.3.6. Variables de respuesta	45
5.3.7. Análisis estadístico	46
6. Resultados	48
6.1. Experimento 1	48
6.2. Experimento 2	48
7. Discusión de resultados	53
7.1. Experimento 1	53
7.2. Experimento 2	55
9. Conclusiones	60
9. Implicaciones	61
10. Literatura citada	62

INDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

	Pág.
Cuadro 1 .- Composición de las dietas experimentales ofrecidas a cerdas nulíparas previo a la aparición del estro (Experimento 1).....	75
Cuadro 2 .- Composición de las dietas utilizadas durante la fase de lactancia y gestación en cerdas nulíparas y múltiparas.....	76
Cuadro 3 .- Composición de las dietas experimentales ofrecidas a cerdas múltiparas a partir de 14 días previos al destete y hasta servicio.....	77
Cuadro 4 .- Composición de dietas experimentales ofrecidas a cerdas múltiparas a partir del día de servicio y hasta el día 25 de gestación (diagnóstico positivo de gestación).....	78
Cuadro 5 .- Respuesta de cerdas nulíparas a la adición de picolinato de cromo y melaza en la dieta de premonta y hasta 24 días posteriores al servicio.....	79
Cuadro 6 .- Duración de la lactación y número de lechones destetados en respuesta a dietas adicionadas con picolinato de cromo y melaza.....	80
Cuadro 7 .- Cambios en el peso de la cerda durante la lactación por efecto de la adición de picolinato de cromo y melaza en la dieta durante 14 días previos al destete.....	81
Cuadro 8 .- Respuesta en el peso de la camada por la adición de picolinato de cromo y melaza a la dieta de lactancia durante 14 días previos al destete.....	82
Cuadro 9 .- Cambio de peso en el lechón por efecto de la adición de picolinato de cromo y melaza a la dieta de lactación durante 14 días previos al destete.....	83

Cuadro 10	.- Respuesta de la cerda más su camada a la adición de picolinato de cromo y melaza a la dieta de lactación durante 14 días previos al destete.....	84
Cuadro 11	.- Consumo de alimento durante la lactación en respuesta a la adición de picolinato de cromo y melaza a la dieta durante 14 días previos al destete.	85
Cuadro 12	.- Consumos de proteína y energía durante la lactación en dietas adicionadas con picolinato de cromo y melaza durante 14 días previos al destete.....	86
Cuadro 13	.- Eficiencias productivas en cerdas en lactación expuestas a dietas con la adición de picolinato de cromo y melaza por 14 días previos al destete.	87
Cuadro 14	.- Respuesta en el intervalo destete estro (horas) por la adición del picolinato de cromo y melaza en la dieta de lactación ofrecida desde 14 días previos al destete.....	88
Cuadro 15	.- Efecto de la adición de picolinato de cromo y melaza desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo, sobre algunas variables al parto subsecuente.....	89
Cuadro 16	.- Efecto de la adición de picolinato de cromo y melaza en la dieta de cerdas en lactancia desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo, sobre el porcentaje de cerdas paridas.....	90
Cuadro 17	.- Causas de desecho en cerdas multíparas expuestas a dietas con la adición de picolinato de cromo y melaza desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo.....	91
Gráfico 1	.- Consumo diario promedio en cerdas en lactación con dietas 0% melaza y 0 mg de Cr/ton.....	92
Gráfico 2	.- Consumo diario promedio en cerdas en lactación con	

	dietas 30% melaza y 0 mg de Cr/ton.....	93
Gráfico 3	.- Consumo diario promedio en cerdas en lactación con dietas 0% melaza y 200 mg de Cr/ton.....	94
Gráfico 4	.- Consumo diario promedio en cerdas en lactación con dietas 30% melaza y 200 mg de Cr/ton.....	95
Gráfico 5	.- Respuesta en consumo de cerdas en lactación por efecto de la adición de melaza y cromo orgánico en la dieta.....	96
Gráfico 6	.- Respuesta acumulada en consumo de cerdas en lactación por efecto de la adición de melaza y cromo orgánico en la dieta.....	97

1.- INTRODUCCION

La venta del mayor número de cerdos gordos al año es una de las variables que redundan en la rentabilidad del negocio porcícola. Para favorecer esta variable se requiere un buen manejo y nutrición balanceada durante todo el proceso de la engorda; sin embargo, este indicador productivo recae en el número de lechones destetados y por el número de lechones nacidos por parto por cerda. Al respecto, se tienen los conocimientos e hipótesis de diferentes nutrimentos y/o metabolitos, así como los mecanismos para aumentar la prolificidad de la cerda (Real *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2020). En este sentido, la siguiente revisión, está relacionada con uno de estos conocimientos sobre mejoras en la reproducción de la cerda; se hace hincapié en el mecanismo que se ha descrito por el efecto de la fructosa contenida en el azúcar de la melaza de caña sobre la secreción de insulina y esta a su vez da origen a una respuesta positiva de prolificidad en la cerda nulípara y múltipara (Cuarón, 1995). En la misma dirección, existe efecto del cromo trivalente orgánico, el cual es factor de tolerancia a la glucosa y facilita la acción de la insulina; estos efectos ya han sido documentados en cerdas reproductoras (Lindemann y Lu, 2019). Sin embargo, la interacción aún no ha sido documentada.

Con estos antecedentes, niveles elevados de melaza favorecen la secreción de insulina y el cromo orgánico estimula la acción de esta. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de adicionar Cr^{+3} a partir de tripicolinato de cromo y niveles elevados de melaza en dietas para cerdas reproductoras sobre la eficiencia productiva y reproductiva al parto subsecuente como una alternativa para incrementar el número de lechones al nacimiento.

2.- REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales de la regulación hormonal en el ciclo reproductivo

Las cerdas pueden iniciar su actividad reproductiva al iniciar la pubertad, que de acuerdo con Hughes y Varley (1984) es la fase que enlaza la madurez sexual y la inmadurez, reconociéndose en la cerda joven por la aparición del primer período estral. Normalmente se alcanza a 200 días de vida, aunque debido a condiciones genéticas y ambientales, la aparición del primer celo se presenta entre los 135 y 250 días o más.

Dentro de los mamíferos, la cerda se clasifica como una especie polítoca, poliéstrica. La duración del ciclo estral es de 21 días (rango de 18 a 23 días). Se presenta durante toda su vida a partir de la pubertad y es interrumpido sólo por la lactación y la gestación. El ciclo estral en las cerdas se caracteriza por períodos de quiescencia reproductiva que dura entre 18 y 20 días seguidos por un período de receptividad sexual con una duración media de 53 horas (rango de 12-72 horas), llamado este último período: estro (McDonald, 1971; Hughes y Varley, 1984). Se asume que la ovulación comienza 36 horas después de iniciado el estro.

Durante el ciclo estral en cerdas, existen cambios hormonales que se relacionan con su comportamiento. Así, el patrón de liberación de hormonas ováricas (estrógenos y progesterona) es diferente al de las gonadotropinas (hormona folículo estimulante FSH y hormona luteinizante LH). De esta manera, los niveles de estrógenos permanecen aproximadamente constantes y se elevan cuando por acción de FSH se inicia la maduración folicular en el ovario, alcanzando el pico máximo de secreción el día del estro. Por otro lado, los niveles de LH permanecen basales y horas después de iniciado el estro, suben rápidamente para ocasionar la ovulación. La aparición de LH secunda a FSH y bajan rápidamente sus concentraciones plasmáticas. En el caso de progesterona, durante el estro permanece en sus concentraciones más bajas e incrementa gradualmente alrededor del día 3, alcanzando el máximo de concentración entre el día 14 y 16. Si hay una señal por parte de los embriones al útero, transmitida a los cuerpos lúteos, la producción de progesterona se mantiene dando lugar a la

gestación e inhibiendo la liberación de FSH y LH, y si la señal no es enviada, se degenera el cuerpo lúteo y se reduce la concentración de progesterona permitiendo que se de otro ciclo estral (Hansel y Convey, 1983; Hughes y Varley, 1984).

2.2. Factores que afectan el número de lechones en la camada al destete

El número potencial de lechones destetados en la camada esta relacionado con el origen genético de la cerda y se vincula al número de óvulos liberados al momento de la ovulación. Una disminución en el tamaño de la camada puede ser causada por fallas en la fertilización: mortalidad de embriones y fetos (durante la gestación) y lechones al momento del parto, hasta el destete (Hughes y Varley, 1984).

Podría esperarse que el número de óvulos liberados durante la ovulación debiera ser el primer factor limitante del número de lechones de la camada producida, sin embargo, no ocurre así. En el caso excepcional de las cerdas nulíparas, es muy probable que el número de ovulaciones exceda lo que ellas son capaces de mantener como embriones viables a través de la preñez. La mayor pérdida embrionaria en cerdas ha sido observada durante los primeros 30 días de la gestación, donde inicialmente los embriones viables se pierden debido a mecanismos aun desconocidos (Bazer *et al.*, 1969, citado por Pope *et al.*, 1988), sin embargo, existen teorías al respecto. El patrón de ovulación puede influenciar la variabilidad entre embriones de la misma camada. Así, puede ser que los embriones que se ovulan tardíamente se desarrollan como embriones más pequeños dentro de una misma camada. Muchos factores adicionales podrían también influenciar la disparidad de desarrollo de los embriones. Estos factores podrían incluir: diferencias en el tiempo de fertilización, transporte a través del

oviducto, desarrollo de la preimplantación embrionaria, factores genéticos y otros aun desconocidos (Pope *et al.*, 1988).

Las pérdidas debidas al tiempo de fertilización son del 0-10% y muestran relativamente poca variación (Hughes y Varley, 1984), aunque estas pérdidas pueden incrementarse debido a baja fertilidad del macho, malas condiciones de almacenamiento del semen, concentración espermática inadecuada y volumen de semen anormal entre otras (Dziuk, 1991). Ahora bien, durante la gestación pueden perderse del 20 al 40% de los óvulos fertilizados (Hughes y Varley, 1984).

La implantación de los embriones se da alrededor del día 14-15 después de la cópula y se ha visto que niveles altos de progesterona favorecen la sobrevivencia embrionaria (Archibong *et al.*, 1987). La sincronía entre embriones y útero es primordial a través de la preñez. Esto permite recibir y enviar las señales a tiempo entre la madre y el embrión para el mantenimiento de la gestación, esto también admite el espaciamiento apropiado entre lechones. El espaciamiento raramente es perfecto y consecuentemente algunos lechones tienen más o menos espacio que sus compañeros, alterando la posibilidad del embrión para sobrevivir y crecer. Cuando el espacio es mínimo, el embrión puede sobrevivir temporalmente y después morir y momificarse (Wu *et al.*, 1988).

Existen factores que influyen sobre la mortalidad embrionaria, entre estos se incluye; toxinas, estrategias alimenticias, nutrimentos específicos, aberraciones cromosómicas, defectos genéticos, temperatura del medio ambiente, desbalances endocrinos, tiempo de ovulación prolongado y enfermedades infecciosas. Estos factores pueden ser responsables en parte por la pérdida embrionaria; sin embargo, existen pocas evidencias concluyentes de que alguna causa sea la principal (Dziuk, 1991).

Al parto, un porcentaje muy pequeño o nulo, corresponde a lechones nacidos muertos (Hughes y Varley, 1984) y alrededor del 7% de fetos completamente formados nacen débiles. Sin embargo, es importante señalar que frecuentemente no se trata de los lechones más pequeños de la camada los que nacen débiles, sino, de los más grandes. El mayor porcentaje de lechones nacidos débiles proviene de camadas mayores a 14 lechones y menores de 5. En camadas de 8, 9 y 10 lechones existen pocos nacidos débiles. Los fetos pueden sobrevivir en el útero y vagina por unos cuantos minutos después de que el cordón umbilical ha sido roto o comprimido, o cuando la placenta se ha despegado del útero, por lo que es imperativo que se libere pronto para evitar su muerte. Cuando el tiempo entre nacimientos de los lechones es muy largo, el riesgo de nacidos débiles se incrementa (Dziuk, 1991).

La reducción en el número de lechones al destete se debe principalmente a aplastamientos, aunque también se da por defectos congénitos, infecciones bacterianas y problemas de nutrición (Hughes y Varley, 1984).

Otras causas que pueden modificar el número de ovulaciones son la alimentación de la cerda durante la lactación y gestación, el número de parto, el número de montas por cerda, el uso apropiado del semental y la condición corporal de la cerda al momento de la monta.

Campbell (1995) indica que los niveles de lisina en la dieta de cerdas reproductoras son de consideración para la subsecuente reproducción. Así también se sugiere una relación valina:lisina de 1 a 1.2 para una óptima reproducción de las cerdas y un incremento en la ganancia de peso de los lechones (Campbell, 1995; Pettigrew y Kusina, 1995). El número de parto también influye sobre el número de lechones de la camada; hembras multíparas tienen más lechones al nacimiento y al destete que cerdas primíparas (Kirwood *et al.*,

1988). El sobreuso del semental y las montas fuera de tiempo dentro de la ovulación son causa de baja fertilidad (Dziuk, 1991).

En cuanto a la condición corporal de las cerdas, ésta resulta afectada por el nivel de alimentación durante la lactación. Se han estudiado las consecuencias de alimentar a las cerdas con bajos y altos niveles de energía sobre el comportamiento productivo durante la lactación. En general, se acepta que los animales con el más bajo nivel de consumo de energía durante la lactación pierden más peso (Reese *et al.*, 1982; Verstegen *et al.*, 1985), lo que provoca retrasos en la presentación del primer estro después del destete (Reese *et al.*, 1982; Nelssen *et al.*, 1985; Prunier *et al.*, 1993). Otros investigadores no encontraron diferencias significativas en esta variable bajo estas mismas condiciones (Tribble y Orr, 1982). Weldon *et al.* (1994ab) evaluando el nivel de alimentación estándar vs. *ad libitum* durante la gestación, encontraron que las cerdas alimentadas a libertad ganaron más peso que las que recibieron una alimentación estándar, y en lactación, se observó que mientras mayor fue el consumo en gestación, menor era este en lactación, reduciéndose por lo tanto las veces y la cantidad que el animal consumía. Como consecuencia de esto, la pérdida de peso durante la lactación es mayor; sin embargo, el peso neto perdido es igual en los dos sistemas de alimentación. Las limitantes de tipo productivo y económico que se observan con cerdas alimentadas al libre consumo durante la gestación son un mayor gasto de alimento, y un aumento en el número de lechones nacidos muertos y por consiguiente se reduce el promedio de producción al destete. Cuarón (1995) y Lindemann y Lu., (2019) coinciden en mencionar que durante la gestación existe un efecto diabetogénico en las cerdas: la sensibilidad a insulina baja, de esta manera al pasar los límites de la demanda de energía (en forma de hidratos de carbono), se provoca un efecto parecido al de la diabetes de los adultos: se pierde sensibilidad a insulina, la que es aditiva a la inducida por la gestación. Al parto el metabolismo de la cerda interpreta esto como un "estado de abundancia" que reprime el consumo voluntario de alimento que, sumado a la

pérdida de sensibilidad a insulina reduce el flujo de nutrimentos a la glándula mamaria, lo que a su vez baja el potencial lactogénico y se manifiesta en una menor ganancia de peso de la camada; esto explica las diferencias encontradas en los trabajos de Weldon et al. (1994ab), mencionados anteriormente.

De lo anterior se desprende la importancia de un manejo adecuado para alimentar la piara reproductora durante la etapa de lactación con el objeto de lograr mayor eficiencia reproductiva después del destete y esto correlacionarlo con la condición corporal.

2.3. Generalidades de la insulina

2.3.1. Función

La insulina fue descubierta en 1921 por Frederick Grant Bating (citado por Martínez *et al.*, 2013) y su función de esta hormona está involucrada en el metabolismo de carbohidratos y grasas, afecta el crecimiento (McDonald, 1971), la tolerancia a glucosa, la reacción de unión receptor-insulina (Lienhard *et al.*, 1992), el consumo de aminoácidos y la síntesis de proteína (Seerley, 1993). La insulina promueve los procesos anabólicos e inhibe reacciones catabólicas en el músculo, hígado y el tejido adiposo. También, estimula el transporte activo de glucosa y aminoácidos al interior de las células musculares y mejora la síntesis de proteína (Lehninger, 1991). La glicólisis y fosforilación oxidativa de los derivados de glucosa proveen la energía para este metabolismo. En resumen, la insulina inhibe la gluconeogénesis, el cual es el proceso de formación de glucosa a partir de aminoácidos y de glicerol de la porción de las grasas (Lehninger, 1991). Más aún, la insulina, posiblemente ayuda a alargar la vida de la proteína celular y retarda el proceso de recambio de la proteína (Seerley, 1993).

Esta hormona incrementa el transporte de glucosa al interior de las células, así como su movimiento (Lienhard *et al.*, 1992). De esta manera, se forma el glucógeno y cuando alcanza cerca del 5% en concentración en el hígado, se forman ácidos grasos y se transportan a tejido adiposo para su almacenamiento (Seerley, 1993).

2.3.2. Síntesis y secreción

La secreción hormonal de la hipófisis anterior está influenciada por factor liberador de hormonas gonadotrópicas del hipotálamo. Otras hormonas cuya liberación están bajo un control menos directo de la pituitaria son las polipeptídicas entre ellas insulina y glucagón, producidas por las células β y α de los islotes de Langerhans, de la región endocrina del páncreas, respectivamente, (Lehninger, 1991; McDonald, 1971). Aunque principalmente su secreción está en función de la concentración de glucosa sanguínea (McDonald, 1971; Lienhard *et al.*, 1992; Martínez *et al.*, 2013). La secreción de glucagón causa un efecto hiperglicémico, mientras que insulina tiene un efecto hipoglucémico.

La insulina se forma en los ribosomas de las células β de los islotes, primeramente, en forma de proinsulina, la cual es trasladada al aparato de Golgi, pasando por las cisternas del retículo endoplasmático. La proinsulina se disocia en insulina y un péptido denominado C, que se empaqueta en las vesículas de Golgi, donde tanto uno como otro cristalizan con Zn^{++} en una disposición ordenada. Finalmente, a la recepción de ciertas señales desencadenadas por un incremento del nivel de glucosa en sangre, hay la exocitosis de las vesículas atravesando la membrana protoplasmática. El Ca^{++} desempeña un importante papel en la liberación de insulina (Lehninger, 1991).

La insulina es un polipéptido de 2 cadenas con 51 aminoácidos en total (la cadena A con 21 aminoácidos y la cadena B con 30), de los cuales hay 17

aminoácidos diferentes (McDonald, 1971) y presenta 3 puentes disulfuro (Lehninger, 1991). La insulina tiene una vida media de 3 a 4 minutos por lo que la liberación de insulina por el páncreas constituye una respuesta muy sensible a las fluctuaciones del nivel de la glucosa sanguínea. La liberación de insulina también resulta estimulada por los niveles incrementados de ciertos aminoácidos, así como por factores específicos secretados por el estómago y por el intestino (Lehninger, 1991). Su modo de acción se dice que es mediante el segundo mensajero. Una vez que la insulina es secretada al torrente sanguíneo, ésta viaja a todo el organismo y se sabe que hay receptores en todos los órganos, entonces se unen insulina-receptor y este efecto activa a la adenilato ciclasa para formar el mensajero (AMP-cíclico), a partir de ATP, y con esto se da la reacción en cascada. Esta reacción final hipotetiza la unión de unas vesículas del citoplasma a la membrana de la célula. Las vesículas presentan varios canales iónicos con filamentos de proteína, que, al estar en la membrana, movilizan la glucosa sanguínea al interior de la célula. El flujo de las moléculas de glucosa se da ininterrumpidamente mientras el efecto de insulina persista en la membrana (Lienhard *et al.*, 1992)

2.3.3. Relación insulina:glucosa

El rango de concentración de glucosa en sangre difiere entre especies, pero se sabe que el intervalo promedio está entre 80 a 100 mg/100 ml de sangre (McDonald, 1971; Lehninger, 1991). Cuando se sobrepasan los niveles normales de glucosa en sangre, se estimula la secreción de insulina por el páncreas, por lo que una deficiencia de esta hormona genera diabetes.

El primer efecto importante por esperar en un organismo después de consumir alimento es un aumento sustancial en la concentración de glucosa sanguínea. De esta manera Rodríguez-Márquez y Cuarón (1990) observaron que el uso de carbohidratos a partir de melaza o sorgo para proveer glucosa a cerdas

reproductoras incrementa el nivel de insulina en proporción al nivel de glucosa en sangre, no así cuando se usa otra fuente energética como el aceite. Ly y Velázquez (1970), no encontraron diferencias significativas en la glucosa sanguínea dentro de las 3 primeras horas después de consumir dietas con altos niveles de melaza en cerdos de 30 kg, la relación insulina:glucosa persistió. Recientes investigaciones (Liu *et al.*, 2021) indican que la glucosa es el metabolito clave para el metabolismo energético uterino.

Las infusiones de glucosa en cerdas incrementan los niveles de insulina (Tokach *et al.*, 1992), resultados similares han sido encontrados por Gopinath y Etherton (1989ab) al inyectar hormona del crecimiento porcina, la cual se concluyó que es capaz de incrementar los niveles de glucosa e insulina en sangre.

La inyección de insulina disminuyó los niveles de glucosa en sangre en borregas (Beam y Holcombe, 1992) o cerdas nulíparas durante los días 13 a 17 del ciclo estral (Hughey *et al.*, 1993). Aunque más recientemente, se ha visto que el uso de Cromo (Cr) puede disminuir la concentración de insulina sanguínea, haciéndola trabajar más eficientemente (Lindemann *et al.*, 1995) para generar el estado hipoglucémico. De lo anterior se puede observar que el nivel de glucosa en sangre está regulado por insulina, y ésta a su vez responde a niveles altos de glucosa para activar el mecanismo de entrada a las células (Lienhard *et al.*, 1992).

Recientemente, se ha documentado que leptina juega un papel importante en relación con insulina circulante, coexistiendo en un ciclo de retroalimentación negativa; primero la presencia de glucosa estimula la secreción pancreática y la presencia de insulina estimula la liberación de leptina a nivel de adipocitos y esta leptina circulante regula o limita la secreción de insulina (Martínez y Savón 2005).

2.3.4. Interrelación con el eje reproductivo.

El papel de la insulina no se limita a regular el nivel de la glucosa sanguínea. Adashi *et al.* (1981), mencionan que la insulina puede desempeñar un papel fisiológico importante en la regulación de la actividad secretora de las gonadotropinas y que una deficiencia de insulina resulta en un estado de anestro gonadotrópico.

Se ha visto que la aplicación exógena de insulina para alcanzar concentraciones séricas altas de insulina, aumentan el número de ovulaciones, efecto detectable por una mayor cantidad de cuerpos lúteos en ratas (Adashi *et al.*, 1981), cerdas (Jones *et al.*, 1983; Ramírez *et al.*, 1997) y vaquillas (Harrison y Randel, 1986). También, se ha encontrado aumento en el número de folículos no atrésicos de más de 3 mm en cerdas (Hughey *et al.*, 1993) o corderas (Niksic *et al.*, 1993). Cuando la secreción es por un estímulo endógeno, resultado del sustrato energético en la dieta (carbohidratos), también se produce un aumento en el número de cuerpos lúteos (Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990) y del número de lechones por camada (Oliva *et al.*, 1997) en cerdas nulíparas. Otros solo han observado un efecto positivo en la maduración folicular (Cox *et al.*, 1987). El mecanismo que probablemente esté involucrado es un estímulo en la sensibilidad de receptores de insulina presentes en el hipotálamo; esto a su vez podría provocar un efecto estimulante sobre la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRh), que actúa para inducir una mayor liberación tanto de hormona estimulante del folículo (FSH), como de la hormona luteinizante (LH) en una reacción dosis-dependiente (Adashi *et al.*, 1981; Jones *et al.*, 1983; Schillo, 1992). A pesar de lo anterior, Cox *et al.* (1987) no observaron cambios apreciables en la concentración sérica de FSH, LH o de estrógenos, cuando se aumentó el número de ovulaciones de aquellas cerdas que consumieron dietas altas en energía, en comparación con aquellas que recibieron dietas bajas en energía, en donde además se midió el efecto de la administración de insulina. Cox (1995) indica que las respuestas obtenidas en trabajos anteriores, donde no hubo efecto de la insulina, quizá se

deba a la dosificación baja, que no fue capaz de estimular el eje reproductivo y posteriormente (Ramírez et al., 1997) se ha observado un efecto directo de la insulina sobre la fertilidad al aumentar el número de folículos desarrollados o establecimiento de la preñez en cerdas.

Lienhard *et al.* (1992) mencionan que la corteza cerebral es quizás el sitio con mayor número de receptores de insulina, por otro lado (Havrankova *et al.*, 1978, citado por Cox *et al.*, 1987) se sabe que en el hipotálamo, la insulina y los receptores de la insulina han sido identificados en las inmediaciones de neuronas productoras de hormonas liberadoras de gonadotropinas. Al conjuntar estos hallazgos de acuerdo con Hughes y Varley (1984) donde mencionan que el estímulo se percibe primero en corteza cerebral y después viaja a hipotálamo, se puede decir que los mecanismos propuestos por Schillo (1992) y Adashi *et al.* (1981) son acertados. Así también Martínez y colaboradores (2013), mencionan que la administración periférica de insulina ha puesto de manifiesto la existencia de receptores ampliamente distribuidos en el sistema nervioso central, lo que justifica la variedad de acciones en las que se ve involucrada.

La acción de la insulina sobre el ovario *in vitro*, también ha sido revisada. Landenheim *et al.* (1984) experimentando con células lúteas de rata, demostraron que la insulina estimula la esteroidogénesis, además mencionan que las alteraciones ováricas presentes en estados diabetogénicos pueden estar relacionadas tanto con cambios en el eje hipotálamo-hipófisis, como a la ausencia de insulina en un sitio específico de acción en la célula lútea. También, se ha visto que promueve la maduración de las células de la granulosa del ovario de cerdas, asimismo se incremento la secreción de progesterona 10 a 17 veces más con relación al grupo control (May y Schomberg, 1981; Veldhuis *et al.*, 1986). May y Schomberg (1981) concluyeron que la insulina debe ser considerada de uso rutinario en estudios *in vitro* de la función ovárica.

En resumen, la insulina es una hormona capaz de estimular el eje reproductivo e incrementar así el número de cuerpos lúteos y de lechones en la camada al parto.

2.4. Melaza como ingrediente

2.4.1. Composición

La melaza de caña o mieles incristalizables es el subproducto de la fabricación o de la refinación del azúcar crudo. Las características fisicoquímicas de la melaza la hacen ser un ingrediente líquido denso y viscoso de color café oscuro (Loeza *et al.*, 1987), adherente y de olor y sabor agradable (Soriano, 1984). Contiene alrededor de un 50-55% de azúcares totales del cual la sacarosa varía entre 40 y 55% y de reductores Glucosa y Fructuosa entre 12 y 35% (Spencer, 1967 citado por Soriano, 1984). La característica de los azúcares reductores se manifiesta en la inclusión de las dietas disminuyendo la disponibilidad de lisina a diferentes tiempos de almacenamiento dado por las reacciones de Maillard entre el carbono épsilon del aminoácido y el azúcar reductor (Loeza *et al.*, 1990). El contenido de cenizas se estima entre 10 a 11%, predominando los iones K, Cl y Ca que sumados representan el 70% (Loeza *et al.*, 1987) y los fosfatos 0.5 a 2.5% y el resto; sales de magnesio, sílice, óxidos de sodio, aluminio y fierro.

La densidad energética de la melaza es baja comparada con los granos (Cuarón, 1992), teniendo en promedio 2.34 Mcal/kg de energía metabolizable (Loeza *et al.*, 1987; Fernández, 1989), de ahí que su inclusión en dietas alimenticias para cerdos en crecimiento en rangos de 1 a 30%, disminuye en 20 kcal de energía metabolizable aparente en la dieta por 1% de inclusión (Fernández y Cuarón, 1989; 1990). La melaza como ingrediente es pobre en proteína, Loeza *et al.* (1987) mencionan un contenido de 5.63% (de la cual solo el 50% es proteína

verdadera), mientras, Spencer (1967) citado por Soriano (1984) indica un rango de 2.5 a 7.85% de proteína cruda, y se sabe además que su valor nutritivo es bajo con pobre perfil de aminoácidos y de poca digestibilidad.

2.4.2. Uso en la alimentación de cerdos

En la producción animal la melaza se usa por su valor energético, como saborizante o texturizante. Sin embargo, la melaza como fuente energética relativamente tiene baja densidad de energía. Su uso en aves y cerdos es limitado debido a los problemas de tipo biológico que ocasiona (Soriano, 1984) y mecánicos en la fabricación de alimentos (Loeza *et al.*, 1987; Cuarón, 1992). En la porcicultura su uso, rara vez sobrepasaba el 10% en la dieta, (Loeza *et al.*, 1987). Así se sabe que se usa a nivel comercial en bajas porciones; 1 a 5% (Cuarón, 1992). También, se ha reportado (Soriano, 1984) que con más del 15% de melaza en la dieta de cerdos en finalización se afecta la conversión alimenticia comparada a dietas con fuentes energéticas a base de grano; así también se ha observado que niveles arriba de 25% en la dieta, tienen un efecto laxante (Cuarón, 1996), Sin embargo, se demostró que usando dietas isocalóricas e isoprotéicas, es posible obtener ganancias y eficiencias similares con 40% de melaza en la dieta o dietas sorgo+pasta de soya (Soriano, 1982), aún presentándose diarreas mecánicas en los animales. Al respecto, Fernández (1989) menciona que considerando el precio de la melaza es factible agregarla en un 30% para maximizar las ganancias de peso y económicas.

La inclusión de niveles altos de melaza en la dieta de cerdos altera los patrones de consumo, por ejemplo, cuando se pasa de una dieta de 0 a 30% de melaza; la tasa de pasaje incrementa de 27 a 9 horas y se observa que tienen mayor número de comidas (Cuarón, 1996). El aumento del tiempo de la tasa de pasaje es una respuesta a un mayor consumo de agua y al intercambio de esta en el intestino; este efecto es mediado por el consumo de iones (notablemente

potasio) y por la presión osmótica alterada (Cuarón, 1996). El incremento en el consumo de alimento es para cubrir las necesidades nutricionales del cerdo, puesto que el uso de niveles altos de melaza, diluye el aporte energético de la dieta, por consiguiente el responsable de diseñar dietas altas en melaza, tiene la obligación de hacer ajustes en el aporte nutricional del resto de los nutrimentos en relación al aporte de energía y recordar que de acuerdo a Fernández (1989) y Fernández y Cuarón (1989, 1990) el valor de energía metabolizable de la melaza de 0 a 30% de inclusión en la dieta es el calculado de la siguiente manera:

$$Y = 3.51 - 0.02(X) \quad r^2 = 0.83$$

Donde:

Y=Valor energético.

X=Concentración de melaza en la dieta.

2.4.3. Uso en la alimentación de la cerda reproductora

Los trabajos con niveles altos de melaza en reproductoras se justifican de dos maneras; primero, permiten disminuir costos de alimentación, aun a pesar de disminuir la eficiencia y los problemas de manejo del alimento e instalaciones, segundo y quizás el punto más relevante que ha alcanzado, es la inducción de la secreción de insulina, a través del estímulo de los azúcares absorbidos de la melaza; la cantidad de fructosa podría ser la causa de una aparición de glucosa en la sangre y este hecho ocasionar una secreción más continua de insulina (Cuarón, 1996), asociado a un mayor número de comidas por efecto del nivel alto de melaza. Se ha observado que las inyecciones de insulina han favorecido un incremento en el número de ovulaciones (Cox *et al.*, 1987), reafirmando el papel importante que juega en el eje reproductivo. De ahí, que la manipulación de la secreción de esta hormona haya sido factible con el uso de melaza (Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990), además que disminuye costos y manejo del animal

comparado al aporte directo de insulina (Johnston, 1994). En los siguientes trabajos se considera la inducción de insulina por la melaza para mejorar o generar estimadores productivos y reproductivos similares a dietas convencionales.

Rodríguez-Márquez y Cuarón (1990), con tres fuentes de energía (sorgo-testigo, 20% aceite crudo de soya o 50% de melaza) en la dieta de cerdas nulíparas durante un ciclo estral previo al sacrificio, observaron que las cerdas alimentadas con melaza tuvieron más cuerpos lúteos ($P < .03$) respecto a las alimentadas con sorgo o aceite, sugiriendo un aumento del número de ovulaciones debido al efecto sostenido de la insulina inducida por la melaza. Así mismo, usando maíz (testigo) o melaza de caña (52%) en nulíparas de segundo a tercer celo, Oliva *et al.* (1992; 1993a) encontraron que la melaza aumenta ($P < .05$) el número de lechones nacidos y nacidos vivos (10.3 vs. 8.3 EEM = 0.65 y 9.5 vs. 7.5 EEM = 0.66, respectivamente), concluyendo los autores que altas concentraciones (52%) de melaza en la dieta durante el período previo a la monta incrementa la prolificidad en un 25%, existiendo así relación con lo previsto por Rodríguez-Márquez y Cuarón (1990). Ahora bien, cuando se comparan tres fuentes energéticas (sorgo, forraje+aceite y melaza) en el último tercio de la gestación previa alimentación con forraje en los dos primeros tercios, se encontró que las ganancias de peso de la cerda fueron similares, al tratamiento con forraje+aceite produjo lechones más ligeros y más grasa en calostro, mientras que la melaza resultó en menor tasa de desecho de las cerdas, lo cual aumenta el número de partos en producción por cerda (Angeles y Cuarón, 1990). A lo anterior se puede agregar la sugerencia de Díaz *et al.* (1992), que para cerdas preñadas usando 12-18% de fibra se recomienda que se incluya la melaza como fuente energética.

Por otra parte la melaza usada (36.9%) en dietas 5 a 7 días antes del parto y durante la lactancia y hasta 10 días posdestete, comparada con otras dos

fuentes energéticas (sorgo 79.8% y aceite 13.2%; Oliva *et al.*, 1990a; 1991), mostró intervalos destete-estro similares, aun así, en primíparas fue más largo ($P < .01$) que en múltiparas, la duración del estro y prolificidad subsecuente fue sin cambio, aunque se observaron cambios en la concentración de progesterona sanguínea (día 9 posdestete) siendo mayor con aceite y melaza, argumentando un aumento en la sobrevivencia embrionaria, lo que aumento el tamaño de la camada al usar de 50 a 52% de melaza, tal como se observó en trabajos previos (Oliva, 1990; Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990). En otros trabajos usando las fuentes energéticas anteriores (sorgo, aceite y melaza) en las mismas proporciones, se encontró que la dieta con melaza aumentó el consumo de alimento y proteína cruda (Rosas, 1991), resultando en iguales consumo de energía metabolizable y pérdida en el grosor de la grasa dorsal. Las diferencias encontradas fueron en un aumento del peso del lechón al día 14 y al destete (melaza vs. sorgo o aceite) a pesar de que la composición y producción de la leche fue similar entre tratamientos (Oliva, 1990; Oliva *et al.*, 1990b; Rosas, 1991), siendo más marcado en los lechones de las múltiparas vs primíparas.

El uso de melaza (36%) como fuente de energía comparándose con dietas sorgo+pasta de soya o sorgo+pasta de soya+12.6% de aceite en cerdas en lactación bajo 2 zonas climáticas, se observó que en el trópico la melaza aumenta el consumo de alimento, mientras que el contenido de grasa en leche fue igual sin influir en la productividad respecto a los otros tratamientos (Angeles *et al.*, 1990ab). Al respecto, Camacho *et al.* (1991) no observaron diferencias por el uso de melaza sobre la composición y producción de leche; sin embargo, existió un aumento en el peso de la camada al destete. Por otro lado, durante tres ciclos reproductivos (melaza en lactancia), también incrementa la ganancia de peso en lechones y aumenta el peso de la cerda (Barrios *et al.*, 1990). No obstante, el uso de 40% de melaza sólida durante la lactación y posdestete no aceleró el retorno a estro posdestete o incrementó el subsecuente número de lechones en la camada, aun usando diferentes concentraciones de lisina o energía metabolizable

(Johnston *et al.*, 1994), sin embargo es de recordar que la fuente de melaza para este experimento fue un producto sólido que se obtiene por precipitación con calcio; proceso mediante el cual se diluye la cantidad de glucosa y de energía, razón que puede explicar la inconsistencia de estos resultados con los indicados en líneas anteriores.

En otros experimentos, donde se usaron niveles altos de melaza durante el intervalo destete-estro (50% melaza, sorgo-testigo ó 20% de aceite; Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990) ó 24 días posteriores a la monta a partir de iniciado el primer estro posdestete (52% melaza o maíz-testigo; Oliva *et al.*, 1993b); los cambios de peso corporal de la cerda no difieren durante la fase experimental, mientras que el número de lechones nacidos y la prolificidad se incrementa en los tratamientos con melaza.

Resumiendo, es factible incorporar niveles altos de melaza en la dieta sin reducir la prolificidad, y en cerdas nulíparas y primíparas se ha favorecido el número de lechones al nacimiento y por consiguiente al destete. En multíparas se observa que niveles altos de melaza en la dieta de lactación, generan lechones más pesados al destete, sin afectar las pérdidas de peso y el intervalo destete estro. Lo anterior quizá suceda asociado a un aumento en la secreción de insulina lo que lleva a aumentar el número de ovulaciones y/o sobrevivencia embrionaria, mientras que la ganancia de peso del lechón puede deberse a una mayor producción de leche puesto que la composición es similar con y sin melaza.

2.5. El elemento Cromo

2.5.1. Particularidades del Cromo en la producción animal

La inclusión de Cromo en dietas de animales como el quelato de Cromo ha sido usado para disminuir la grasa corporal e incrementar el tejido magro en cerdos (Page *et al.*, 1991a; 1993; Lindemann *et al.*, 1993; Renteria, 1994), para favorecer la eficiencia del crecimiento de los animales en engorda después de haber sido sometidos a un estrés (Moonsie-Shageer y Mowat, 1993; Burton, 1995). También, el consumo de Cromo ha mejorado el estado inmune de las vacas causado por el transporte (Chang y Mowat, 1992). Se favorece el número de lechones nacidos vivos y totales y destetados en cerdas primíparas (Lindemann *et al.*, 1994; 1995, Lindemann y Lu, 2019). Estas consecuencias han estado asociadas siempre a una disminución de colesterol sanguíneo, un incremento en la tasa de desaparición de glucosa en sangre, argumentando una mejor eficiencia de la hormona insulina a través de la interacción del Cromo orgánico trivalente en la forma de factor de tolerancia a glucosa (FTG); formando uniones receptores-FTG-insulina, como se mencionará en las líneas siguientes.

2.5.2. Función metabólica

El Cromo se establece como nutrimento esencial dentro de los minerales traza, a partir de los hallazgos de Schwarz y Mertz (1959) quienes demostraron que el Cromo trivalente es el ingrediente activo del factor de tolerancia a glucosa (FTG) y que su inclusión en la dieta corrige desórdenes de problemas metabólicos como la diabetes, así también favorece la tolerancia a glucosa (Mertz, 1993). Aunque Mertz (1993), menciona que existió y aún persiste cierta discrepancia por los componentes del FTG, así cobalto podría ser considerado el ingrediente activo, más que Cromo. Al respecto, Mertz *et al.* (1974), Steele *et al.* (1977), Anderson (1987, 1988), Mertz (1993), coinciden en mencionar al Cromo, ácido nicotínico y glutatióna (Acido glutámico, Glicina y Cisteina) como estructura del FTG. De igual manera, la literatura revisada reafirma al Cromo como parte de ese factor el cual potencializa o facilita la acción de la insulina (Steele *et al.*, 1977; Mertz, 1993; Mowat, 1994). Mertz (1993), menciona que la incorporación del Cromo al

metabolismo es en la forma trivalente, y hasta el momento la función metabólica a través del FTG, es la más investigada. Así también, en los 50's se postuló que el Cromo estaba involucrado en mantener la estructura íntegra de los ácidos nucleicos; interacción primeramente demostrada por Herrman y Speck (1956) citados por Anderson (1987) y verificada después por Wacker y Vallee (1959).

El sitio de síntesis del FTG es aún desconocido. El FTG es soluble en agua, extraíble con fenol e isobutanol y absorbible en resina de intercambio iónico (Schwarz y Mertz, 1959). Se describe que el FTG liga la insulina a los sitios receptores de la membrana de la célula (Kamen, 1994; citado por Coenders y Jacques, 1995), se ha sugerido además que los grupos amino α y ϵ de la insulina pueden estar involucrados a la unión del FTG (Evans *et al.* 1973) y que estas cantidades traza de Cromo facilitan la interacción tejido-insulina formando un complejo con la intracadena disulfido de la hormona (Campbell y Mertz, 1963). Sin embargo, su modo de acción no es claro (Seerley, 1993; Mertz, 1993), y se sabe al margen que la insulina responde a la presencia de Cromo, disminuyendo los niveles de glucosa sanguínea (Glinsmann *et al.*, 1966; Mertz, 1993).

2.5.3. Requerimientos de Cromo

Las dietas de cerdos están compuestas de ingredientes de origen vegetal, los cuales son usualmente bajos en Cromo (Giri *et al.*, 1990), por ello se requiere de adicionar una fuente de Cromo en la dieta. Sin embargo, los requerimientos de Cromo para cerdos no se han establecido (NRC, 1988, 1998, 2012). Existen evidencias de que el Cromo debe ser incluido en la dieta en ppm o mg/ton.

Lindemann y colaboradores (2004), calcularon que se requieren 7.5 μg de Cr^{+3} por kg peso corporal en cerdos y va a depender del grado de disminución de Cr en el organismo; se sabe que, si no hay una fuente como tal de cromo en la dieta, este disminuirá conforme aumente el número de parto. Con esta información

los valores calculados para cerdas reproductoras lo estimaron entre 500 y 600 ppb por unidad de peso vivo, y en la prueba (0, 200, 600 y 1200 ppb de Cr), observaron un efecto cuadrático con la respuesta máxima a 600 ppb. Sin embargo, la mayoría de los trabajos aceptan una dosis de 200 ppb de Cr⁺³, como una dosis estándar.

Se sabe que la disponibilidad del Cromo varía entre formas químicas, siendo las formas orgánicas las más absorbibles (Kutsky, 1981; Anderson, 1987; 1988). Al respecto, Anderson y Koslovsky (1985) y Anderson (1988) amplían más sobre los posibles rangos y mencionan que los compuestos inorgánicos son absorbidos en rangos de 1 a 3%, mientras que los compuestos naturales como levadura de cerveza se absorben en un rango de 10 a 25%. Dentro de los compuestos orgánicos más conocidos están: el glicinato crómico, oxalato crómico, el FTG y más recientemente Cr-Niacinamida, picolinato de Cromo (Page *et al.*, 1993) y a últimas fechas se puede encontrar Cromo-metionina (Zinpro, 2000; Perez-Mendoza *et al.*, 2003; Kemin Industries 2019). Si bien hay varios productos, el que mejor respuesta ha tenido en dietas para cerdos ha sido el picolinato de Cromo compuesto del ácido picolínico (derivado del metabolismo del Triptófano) y Cromo en su forma trivalente (Evans y Johnson, 1981; Evans y Bowman, 1992; Lindemann *et al.*, 2008; Lindemann y Lu, 2019; He *et al.*, 2023). Así también, se sabe que el picolinato como quelante incrementa la absorción de varios cationes como Fe, Zn, Co, Cd y Cr (Evans y Johnson, 1980; 1981). Por otro lado, las formas más activas de Cromo son los estados trivalentes (Cr⁺³) y hexavalente (Cr⁺⁶) (Mertz, 1969; Anderson, 1987, 1988; Evans y Pouchnik, 1993; Mowat, 1994), a pesar de ello el Cr⁺⁶ es absorbido más rápido que Cr⁺³, (Dowling *et al.*, 1989), solo que Cr⁺⁶ es más tóxico y no ha sido estudiado tan ampliamente como Cr⁺³ (Anderson, 1987). De lo anterior se puede explicar la preferencia y mejores resultados con picolinato de Cromo. Aunque, comercialmente aparte del picolinato de Cromo, también se pueden encontrar cloruro de Cromo, levadura enriquecida con Cromo, Cromo niacinamida, propionato de Cromo y Cromo metionina entre

otros; todos argumentando una forma química de Cromo trivalente unido al grupo aludido (i.e. Cromo metionina = Cromo trivalente + metionina).

En varios estudios, principalmente en humanos y roedores se han observado y/o generado deficiencias de Cromo (Jeejeebhoy *et al.*, 1977; Freud *et al.*, 1979, Anderson, 1987; 1988); los síntomas que se observaron fueron:

- a).- Hiperglicemia en ayuno
- b).- Deterioros en la tolerancia a glucosa
- c).- Elevada insulina circulante
- d).- Glicosuria
- e).- Elevado colesterol sanguíneo
- f).- Elevados triglicéridos sanguíneos
- g).- Disminución de insulina unida a receptores
- h).- Disminución en el número de receptores de insulina
- i).- Lesiones en córnea
- j).- Disminución de la longevidad

Se observa que estas deficiencias son sobre el metabolismo de carbohidratos y grasa y sabemos que insulina esta relacionada a estas funciones, de ahí la importancia y reafirmación de la interrelación entre insulina y FTG. Así también es importante mencionar que algunos de estos eventos metabólicos han sido modificados por la adición de Cromo en cerdos (Page *et al.*, 1993; Lindemann *et al.*, 1995, Lindemann y Lu, 2019).

Hasta el momento no se han listado los síntomas de toxicidad, aún así se ha estimado que la dosis terapéuticamente tóxica es cerca de 1/10,000 (Mertz *et al.*, 1965, Mowat, 1994). El Cromo trivalente es considerado virtualmente no tóxico (Mertz, 1969; NRC, 1980; Anderson, 1988).

2.5.4. Uso del Cromo en la alimentación de cerdos

La fuente de suplementación de Cromo en dietas para cerdos ha sido variada y fundamentada en trabajos con otras especies. En uno de los primeros trabajos en donde se evaluó Cromo en cerdos, se indicaba que no había alteración en el metabolismo de carbohidratos en cerdos magros u obesos por la adición de 100 g/ton de Cr^{+3} a partir de cloruro de Cromo hidratado (Steele *et al.*, 1982), posteriormente esta idea fue revertida por los trabajos reportados utilizando otras fuentes de Cromo y niveles mucho menores. En los párrafos sucesivos se hará referencia al nivel de 200 mg de Cr^{+3} /ton de alimento como un nivel aceptable a partir de los hallazgos de Page *et al* (1993).

El uso de 200 mg/ton de Cromo orgánico trivalente en dietas para cerdos en crecimiento y finalización permite ganancias de peso y eficiencias alimenticias similares al uso de dietas sin Cromo, sin embargo, la calidad de la canal se mejora por una disminución de la grasa dorsal y un aumento del área del ojo de la chuleta (Page *et al.*, 1991a; 1992; 1993; Lindemann *et al.*, 1993; 1995; Renteria, 1994;), siendo más notorio cuando se usa a partir de edades más tempranas (Page *et al.*, 1993) y principalmente en machos (Renteria, 1994). Por otra parte, se observó que la adición de Cromo en la dieta permite aumentar la eficiencia de acción de la insulina con 300 mg/ton a partir de picolinato de Cromo (Evoek-Clover *et al.*, 1993) e incrementa la sensibilidad de los tejidos a insulina (Amoikon *et al.*, 1995), este efecto también ha sido observado en cerdas en lactación (Trottier y Wilson, 1998). Así mismo, el consumo de Cromo orgánico en la dieta disminuye el colesterol sanguíneo (Page *et al.*, 1991b; 1993; Renteria, 1994), glucosa e insulina sérica durante el posprandio cuando se utiliza FTG sintético (Steele *et al.*, 1977). Por otro lado, Mooney y Cromwell (1995) no encontraron diferencias en los componentes que determinan la calidad de la canal al usar 200 o 400 mg/ton de picolinato de Cromo o en 5 ó 25 g/ton de cloruro de Cromo, observando un

aumento en el porcentaje de músculo en la canal, efecto constante en todos los trabajos mencionados anteriormente y que evaluaron características de la canal.

A pesar de la relativa abundancia de información con cerdos en crecimiento, los trabajos en cerdas reproductoras son pocos; existen evidencias que indican que el Cromo participa en las funciones reproductivas de las cerdas por su habilidad para hacer al tejido (en este caso ovarios) mas sensible a responder a la insulina y se ha sugerido un mecanismo de interacción Cromo-insulina-eje reproductivo (Trout, 1995). Al respecto, Lindemann *et al* (1994; 1995) indican un aumento en el número de lechones por camada al nacimiento y destete ($P < .02$) en cerdas suplementadas con picolinato de Cromo durante el crecimiento, lo que coincide con una disminución en la concentración de glucosa e insulina (antes y después de alimentarlas), manifestándose como una mejor función de insulina con el uso de 200 mg/ton de Cromo.

El uso de Cromo como picolinato, incrementa la eficiencia de acción de la insulina (mediante el FTG) sobre sus tejidos blanco, por consiguiente, se favorece el uso de los nutrimentos sanguíneos, así como un aumento en la sensibilidad de los tejidos en donde actúa insulina; así, es posible que se den cambios a nivel ovárico y quizás podría existir un aumento en la sobrevivencia embrionaria, lo que explica el aumento en lechones nacidos y lechones al destete (Lindemann, 2019).

De la revisión anterior se resume que las evidencias sobre la función del Cromo han sido ampliamente investigadas y que aún a pesar de encontrar ciertas discrepancias en su función, se visualiza e hipotetiza que la incorporación del Cromo trivalente al metabolismo es inmediata tal como lo evidenciaron los primeros resultados en ratas (Glinsmann *et al.*, 1966), por lo que la respuesta sobre el metabolismo de los carbohidratos, de ciertos ácidos grasos y en sí de la insulina son en las primeras horas. Sin embargo, la respuesta observable físicamente estará en función de la variable cuantificada, así, la disminución de

deposición y/o síntesis de grasa dorsal es mayor en la medida que se exponen los cerdos por más tiempo a dietas con Cromo (Page et al., 1993), efecto respaldado por varios trabajos publicados. Ahora bien, si se desea afectar el eje reproductivo, de igual manera se hipotetiza que el efecto metabólico es inmediato por lo que para hacer notar un incremento en el tamaño de camada se debiera administrar dietas con Cromo a partir del inicio (cerdas nulíparas) o reinicio (cerdas multíparas) de la actividad ovárica manteniendo las dietas hasta la concepción de los nuevos productos. Es de hacer notar que las investigaciones en cerdos en crecimiento-finalización a la fecha son más abundantes y completas, mientras que, en cerdas reproductoras poco se ha investigado, de ahí la importancia de esta línea de investigación.

El presente trabajo tuvo como finalidad indagar sobre el posible efecto conjugado del Cromo trivalente con el mecanismo de acción de altos niveles de melaza en la dieta (Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990; Oliva et al., 1997), en donde se observó que se mantenía una secreción más constante de insulina (por efecto de la incorporación de fructosa al ciclo de la glicólisis); esperándose se favoreciera la prolificidad al primer parto o subsecuente, en una magnitud mayor que la observada por Lindemann *et al.* (1995) y durante un tiempo de exposición al Cromo durante el inicio o reinicio de la actividad ovárica y hasta confirmar la gestación en la cerda (un ciclo estral previo a la concepción).

3.- HIPOTESIS GENERAL

La adición de Cr^{+3} a partir de tripicolinato de cromo y/o niveles altos de melaza en la dieta de cerdas reproductoras incrementa su eficiencia reproductiva y productiva al parto subsecuente.

4.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la adición del tripicolinato de cromo y melaza, así como su posible interacción, sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las cerdas al parto subsecuente.

5.- MATERIAL Y METODOS

5.1.- Sitio experimental

La fase experimental se realizó en la granja experimental porcina del CENID Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP, ubicado en el km. 1 de la carretera Ajuchitlán-Colón, Querétaro (20° 41' 43.66"N 100° 00' 55.24"O. El sitio está ubicado a 1970 msnm, con un clima semi-seco templado con lluvias en verano y una precipitación pluvial anual de 600 mm y temperatura media anual de 16°C (Soria et al., 1987).

5.2.- Experimento 1

5.2.1.- Hipótesis

La incorporación de Cromo orgánico trivalente como picolinato de Cromo y de melaza en la dieta al inicio de la actividad reproductiva, favorecerá el número de lechones y peso de la camada al parto en cerdas nulíparas.

5.2.2.- Objetivo

Evaluar el efecto de la adición del picolinato de Cromo y/o melaza durante el inicio de la actividad reproductiva en cerdas nulíparas sobre el número de lechones y peso de la camada al parto.

5.2.3.- Diseño experimental

Se utilizaron un total de 40 cerdas de reemplazo, provenientes de un cruzamiento alterno Duroc x Landrace, con un peso inicial promedio de 100.8 ± 7.65 kg y una edad de 188.97 ± 6.95 días. Se registraron todos los datos hasta el primer parto. Las cerdas fueron distribuidas al azar en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2×2 , donde un factor fue el nivel de melaza en la dieta (0 y 30%), y el otro factor fue la adición o no de Cromo trivalente (0 y 200 mg de Cr^{3+} /ton) a partir de picolinato de Cromo cuya concentración fue de 400 mg de Cr^{3+} /kg de producto comercial. La unidad experimental fue la cerda y cada combinación o Tratamiento tuvo 10 repeticiones cada uno. La raza del padre (Duroc o Landrace) de las cerdas utilizadas fue balanceada entre Tratamientos.

5.2.4.- Alimentación

Fase experimental: Las dietas usadas fueron principalmente en base sorgo+pasta de soya, con 0 o 30% de melaza y formuladas para proporcionar 3.2 Mcal de EM/kg, 12% de proteína digestible (PD) y 0.65% de lisina digestible (Cuadro 1). En el esquema de formulación se utilizó el patrón de proteína ideal propuesto por Hahn y Baker (1992) para cerdos en finalización. En función de la dilución de energía metabolizable resultante por el 30% de melaza, se ajustaron los demás nutrientes (i.e. de 12% a 10.2% de PD; de 0.65% a 0.55% de lisina digestible). El alimento se ofreció en forma restringida, para proporcionar consumos isoenergéticos e isoproteicos en función de la dilución de energía por el 30% de melaza; el consumo diario por cerda fue de 2 kg para las dietas sin melaza y 2.20 kg para las dietas con 30% de melaza. Una vez iniciado el experimento, la fase experimental consistió en dejar pasar el primer ciclo estral y dar servicio al segundo, manteniendo la dieta experimental hasta 24 días posteriores al servicio efectivo.

Gestación: Se formuló una sola dieta a base de sorgo+pasta de soya y 20% de forraje (rastroy de maíz molido). El balanceo de los ingredientes fue para proveer 2.9 Mcal de EM/kg, 9.51% de PD y 0.51% de lisina digestible con proporciones de 30, 70 y 19% respectivamente para metionina, treonina y triptófano digestibles en relación con la cantidad de lisina digestible (Cuadro 2). Se ofrecieron diariamente 2 kg de este alimento por cerda, dividido en dos comidas (1 kg por la mañana y otro por la tarde).

Durante la fase de lactación se ofreció una misma dieta a base de sorgo+pasta de soya formulada para proporcionar 3.35 Mcal de EM/kg, 12.8% de PD y 0.77% de Lisina digestible (Cuadro 2). Respecto a los aminoácidos, la estrategia de formulación fue al patrón de proteína ideal propuesto por Pettigrew (1993). El alimento se ofreció a libertad.

En todas las fases el agua fue ofrecida a libertad. Así como el alimento ofrecido se previó que siempre fuera fresco (menor a 15 días de elaboración).

5.2.5.- Instalaciones y manejo

Las cerdas se dividieron en grupos de 5 animales por Tratamiento. Los grupos fueron colocados en corrales colectivos frente a sementales, cada uno con 12 m², un comedero de concreto tipo canoa y un bebedero de chupón. En estos corrales permanecieron hasta confirmarse la gestación (24 días posmonta), posteriormente, las cerdas fueron colocadas en jaulas individuales metálicas con comedero de canaleta y bebedero de chupón al frente, donde permanecieron hasta el día 109 de gestación día en el que entraron a la sala de maternidad. El área de maternidad, esta provista de jaulas de piso elevado de malla de alambre entrelazado y lechonera frontal.

Las cerdas fueron pesadas al inicio del experimento, al día de monta y al día 109 de gestación.

Diariamente, desde iniciado el experimento hasta los 24 días posteriores al servicio efectivo, la estimulación y detección de estros se hizo con ayuda de un verraco, el cual se introducía al corral por espacio de 10 a 15 minutos por la mañana (0630 horas) y por la tarde (1700 horas). Se registró la fecha en que la cerda entró en estro y se pronosticó el siguiente, detectándolo de igual manera con la ayuda del verraco. Las cerdas fueron inseminadas en el segundo estro detectado; el servicio se hizo alternando con una monta natural e inseminación artificial en intervalos de 12 horas y hasta por 36 horas (i.e., 3 servicios). Las cerdas se mantuvieron en el corral por 24 días posteriores a la inseminación, tiempo en el cuál, si la cerda no repetía estro, se diagnosticaba gestante y era llevada a una jaula individual; de otra manera se volvía a inseminar durante el estro detectado. Posteriormente se confirmó la gestación con un equipo de ultrasonido modelo Aloka-S500 y un transductor de 5 MHZ entre los días 25 y 35 de gestación.

Al parto se hicieron los conteos de lechones nacidos y se pesó a la camada.

5.2.6.- Variables de respuesta

Las variables de respuesta a evaluar fueron:

- Edad y peso a primer servicio.
- Ganancia diaria de peso en gestación.
- Lechones nacidos totales.

- Lechones nacidos vivos.
- Peso de la camada a parto.
- Número de estros servidos a la concepción.
- Porcentaje de concepción.

5.2.7.- Análisis estadístico

Para las variables edad y peso a primer servicio, ganancia diaria de peso en gestación, lechones nacidos totales, lechones nacidos vivos, peso de la camada a parto y número de estros servidos a la concepción, se analizaron con la ayuda de los Procedimientos Lineales Generales del paquete estadístico SAS (v. 9.2). El modelo utilizado fue de acuerdo con el diseño experimental. Para la variable porcentaje de concepción el análisis estadístico se hizo por probabilidades condicionales (Steel y Torrie, 1993).

5.3.- Experimento 2

5.3.1.- Hipótesis

El uso de Cromo orgánico trivalente como picolinato de Cromo y melaza en dietas para cerdas multíparas, favorecerá la prolificidad al parto subsecuente.

5.3.2.- Objetivo

Evaluar el efecto de la adición de Cromo orgánico trivalente como picolinato de Cromo y melaza sobre el comportamiento productivo y reproductivo de cerdas multíparas.

5.3.3.- Diseño experimental

Se usaron un total de 90 cerdas multíparas híbridas provenientes de un cruzamiento alterno Duroc X Landrace, de la misma piara que en el Experimento 1. El experimento inició al día 109 de gestación y terminó después del destete de una segunda camada. Las cerdas fueron distribuidas al azar en un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial 2 x 2, donde el criterio de bloque fue el grupo de parición, el primer factor el nivel de melaza (0 y 30%) en la dieta y el segundo factor corresponde a la adición del picolinato de Cromo (0 y 200 mg de Cr³⁺/ton). La unidad experimental fue la cerda y se tuvieron de 2 a 4 repeticiones por Tratamiento.

5.3.4.- Alimentación

Las cerdas a partir del parto consumieron una misma dieta de lactación (Cuadro 2) que contenía 3.35 Mcal de EM/kg, 12.8% de PD y 0.77% de lisina digestible, formulada al perfil de proteína ideal propuesto por Pettigrew (1993). Durante el día el alimento se ofreció en 3 ocasiones; en la mañana (0700 a 0900 horas), a medio día (1200 a 1400 horas) y por la tarde (1800 a 2000 horas), para asegurar alimentación a saciedad, asegurando que la cerda siempre tuviera un remanente (aproximadamente 10% de lo ofrecido) en el comedero durante el día. Una vez terminados los partos del grupo en turno, se planeó el día del destete, para que de esta manera 14 días antes del destete se iniciara a ofrecer las dietas experimentales (Cuadro 3). El cambio de alimento fue paulatino en 3 días; 25:75,

50:50 y 25:75% para el primero, segundo y tercer día respectivamente. Se mantuvieron las 3 comidas al día, ofreciendo siempre alimento fresco. Un día antes del destete se privó de alimento a las cerdas para volver a ofrecerles el alimento al día siguiente del destete. Durante el intervalo destete estro, se dio la misma dieta experimental de lactación y esta fue de manera restringida: 2 y 2.25 kg de alimento/cerda/día para las dietas sin y con melaza respectivamente, a fin de lograr consumos isoenérgicos e isoproteicos. De la monta a los 24 días posteriores, se ofrecieron dietas de gestación (Cuadro 4) conservando el 0 o 30% de melaza y la adición o no del picolinato de Cromo (0 ó 200 mg. de Cr^{3+} /ton) y a partir del día 24 hasta el parto se ofreció una misma dieta de gestación (Cuadro 2), que se ofreció a razón de 2 kg/día/cerda.

5.3.5.- Instalaciones y manejo

Por grupos de parición, las cerdas fueron introducidas al área de maternidad el día 109 de gestación, dentro de las primeras 48 horas posparto se igualó el tamaño de camada. Este ajuste se hizo en cada grupo de parto, para que cada cerda tuviera el mismo número de lechones lactantes.

El día de destete se pesó la cerda y su camada, entonces los lechones fueron llevados a la sala de destete y las cerdas a corrales colectivos frente a sementales. La disposición de las cerdas en los corrales colectivos fue acorde al Tratamiento que recibieron en lactación, de esta manera las cerdas siempre estuvieron en cuatro grupos. La detección de calores se hizo como se describió en el Experimento 1. El servicio fue con tres montas naturales; al detectar el estro, a las 1200 horas y las 2400 horas posteriores. Las cerdas permanecieron en los corrales colectivos hasta terminar la última monta de la última cerda del grupo en turno, para después ser llevadas a jaulas individuales de gestación. Al día 109 ingresaron de nuevo a la sala de maternidad siguiendo el manejo antes descrito; detalles de las instalaciones y el manejo se describieron en el Experimento 1.

El pesaje de las cerdas se realizó; al día 109 de gestación (ingreso a la sala de maternidad), el día de parto (dentro de las 24 horas posteriores a este), el día de destete y después del servicio.

5.3.6.- Variables medidas.

- Peso de la cerda al día 109 de gestación.
- Peso de la cerda al parto.
- Peso de la cerda al destete.
- Peso de la camada al parto.
- Peso de la camada al destete.
- Ganancia de peso de la camada.
- Cambio de peso en la cerda.
- Cambio de peso neto.

Consumo diario de alimento (CDA), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) durante la lactancia antes (0-7 día) y durante la fase experimental (8-21 días), como se describe a continuación:

Consumo diario de proteína Cruda

$$\text{CDAPC} = \text{CDA} * \text{PC}$$

Consumo diario de proteína de 0 a 7 días

$$\text{CDA0-7PC} = \text{CDA0-7} * \text{PC}$$

Consumo diario de proteína de 8 a 21 días

$$\text{CDA8-21PC} = \text{CDA8-21} * \text{PC}$$

Consumo diario de energía metabolizable

$$\text{CDAEM} = \text{CDA} * \text{EM}$$

Consumo diario de energía metabolizable de 0 a 7 días

$$\text{CDA0-7EM} = \text{CDA0-7} * \text{EM}$$

Consumo diario de energía metabolizable de 8-21 días

$$\text{CDA8-21EM} = \text{CDA8-21} * \text{EM}$$

- Eficiencia productiva
- Eficiencia productiva neta
- Intervalo destete-estro.
- Número de lechones nacidos totales al parto subsecuente.
- Porcentaje de parición al parto subsecuente.

5.3.7.- Análisis estadístico

Las variables registradas se analizaron estadísticamente mediante los procedimientos lineales generales del paquete estadístico SAS (v. 9.2). El modelo

utilizado fue el de un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial (Steel y Torrie, 1993). Se consideró el efecto de bloque o grupo de parición, la edad (1 a 2, 3 a 5, o más de 6 partos) y los efectos de la adición de picolinato de Cromo y melaza.

Para los análisis estadísticos se desecharon aquellas cerdas que destetaron 5 o menos lechones durante la fase de dietas experimentales. Este efecto no estuvo asociado a ninguna combinación de factores ($P < 0.05$).

En el caso del porcentaje de fertilidad de las cerdas al parto subsecuente se analizó mediante una prueba de *Xi*-Cuadrada.

6.- RESULTADOS.

6.1.- Experimento 1.

La edad promedio a primer estro detectado fue de 195.1 ± 3.5 días y la monta se presentó al siguiente estro con un peso promedio de 116.16 ± 1.45 kg.; estas edades y pesos fueron similares ($P > 0.05$) entre Tratamientos (Cuadro 5). El peso al día 109 de gestación fue igual ($P > 0.05$). En ninguna de las variables evaluadas al parto se encontraron diferencias superiores al 95%. De esta manera se observa que los Tratamientos con picolinato de cromo tuvieron numéricamente más lechones nacidos vivos (9.81 vs. 8.65; $P < 0.20$ y EEM = 0.62) y nacidos totales (10.62 vs. 9.55; $P < 0.22$ y EEM = 0.60), efecto marcado con la interacción del factor melaza (Cuadro 5), estas diferencias también se observaron recíprocamente para el peso del lechón al parto, siendo numéricamente más livianos con picolinato de cromo ($P < 0.10$) y acentuado con picolinato de cromo mas melaza ($P < 0.24$), sin embargo, la estimación de la varianza muestral no fue lo suficiente consistente para determinar diferencias mayores al 95%. La respuesta a la adición de melaza en la dieta no tuvo cambios en ningún Tratamiento ($P > 0.05$).

Dietas con 30% de malaza y/o 200 mg de Cr^{3+} /ton para cerdas nuliparas no afecta el porcentaje de concepción y el porcentaje de desecho cuyo resultado fue de magnitudes similares ($P > 0.05$), mientras que el número de cerdas repetidoras fue superior ($P < 0.05$) con el uso de picolinato de cromo o de melaza (Cuadro 5), sin embargo, este efecto se dio por una cerda que recibió 3 servicios y que al excluirla las diferencias estadísticas desaparecen.

6.2.- Experimento 2.

Las cerdas utilizadas en el experimento tuvieron una duración de la lactación similar (23.6 ± 0.57 días; Cuadro 6), destetando 8.82 ± 0.24 lechones, lo

que fue independiente de la edad de la cerda ($P>0.05$). Ahora bien, el peso de las cerdas al parto y al destete estuvo relacionado directamente al número de parto, observándose que, a mayor edad, el peso de las cerdas es más alto (Cuadro 7). Se observó que con 14 días de exposición a las dietas experimentales, las cerdas suplementadas con cromo, fueron mas pesadas al destete (201 vs. 194 kg, EEM = 2.95, $P<0.12$); el cambio de peso durante la lactación de las cerdas suplementadas con 200 mg de $\text{Cr}^{3+}/\text{ton}$ fue menor (-5.95 vs. -11.86 kg, EEM = 1.69, $P<0.03$). La pérdida de peso durante la lactación también estuvo influenciada por la edad, en este sentido, cerdas con más de 6 partos, perdieron menos peso (1 a 2 partos = -10.66 kg, 3 a 5 partos = -11.99 kg y más de 6 partos = -4.06 kg EEM = 2.07, $P<0.05$). Respecto a la adición de melaza, las cerdas de 3 a 5 partos perdieron menos peso que aquellas en el mismo grupo de edad sin melaza, caso inverso con las cerdas de más de 6 partos cuya pérdida de peso fue mayor cuando se adiciono ($P<0.03$).

El uso del picolinato de cromo durante los últimos 14 días de lactación dio pauta a camadas ligeramente más pesadas al destete ($P<0.20$); el peso del lechón al destete fue evidentemente superior con la adición de picolinato de cromo (6.28 vs. 5.80 kg, EEM = 0.13, $P<0.02$), esto se dio con ganancias diarias más altas en el lechón por el uso de 200 mg de $\text{Cr}^{3+}/\text{ton}$ (200 vs. 184 g/d, EEM = 4.82, $P<0.03$) (Cuadros 8 y 9). Por otro lado, con la adición de 30% de melaza se obtuvieron lechones más ligeros (5.86 vs. 6.22 kg EEM = 0.13 $P<0.06$) y ganancias diarias en el lechón reducidas (185 vs. 200 g/d, EEM = 4.82 $P<0.05$). No se encontró efecto interactivo entre picolinato y melaza ($P>0.05$) para las variables mencionadas al destete. Ahora bien, se observo que el peso del lechón al destete es similar entre edades diferentes ($P>0.05$).

Cuando se considero la unidad experimental como la cerda más su camada (Cuadro 10), se observo que la ganancia total neta de peso, resultado del cambio de peso en la cerda mas la ganancia de peso en su camada, fue superior para el

Tratamiento con la adición de picolinato de cromo ($P < 0.003$), efecto persistente cuando se analizó como ganancia diaria neta ($P < 0.004$), esto se aprecia en el Cuadro 11. Así también, de estos datos se percibió una relación directa entre la edad de la cerda y su producción en kg globales ($P < 0.04$) o diarios ($P < 0.07$) durante la lactación. Por la adición de melaza no se encontró efecto ($P > 0.05$).

Uno de los criterios de respuesta mas relevantes de esta prueba fue el consumo diario de alimento, así se observo que durante el tiempo que recibieron una dieta común, el consumo diario fue igual entre Tratamientos ($P > 0.05$) y diferente entre grupos de partos (1 a 2 partos = 5.17, 3 a 5 partos = 6.03, más de 6 partos = 6.09 kg/d, EEM = 0.17, $P < 0.05$). Cuando las cerdas recibieron las dietas experimentales, se encontraron diferentes consumos en respuesta al uso de picolinato de cromo o de melaza (Cuadro 11 y Gráficos 1 al 6). Las cerdas alimentadas por 14 días previos al destete con dietas que contenían 200 mg de Cr^{3+} /ton, tuvieron consumos más altos (7.40 vs. 6.50 kg/d, EEM = 0.19, $P < 0.003$), aproximadamente 14% mas respecto al control, lo que se reflejo en consumos mas altos de proteína digestible (846 vs. 738 g/d, EEM = 21.17, $P < 0.002$) y de energía metabolizable (22.82 vs. 19.95 Mcal de EM/d, EEM = 0.44, $P < 0.003$). Ahora bien, se mencionó en la sección de materiales y métodos, que se planearon consumos isoenergéticos e isoproteicos en función de la dilución de energía por efecto de la adición de melaza y este efecto se logró durante los 14 días del tratamiento (Cuadro 12); al final de la lactación se tuvieron consumos superiores con el uso del 30% de melaza (7.53 vs. 6.37 kg/d, EEM = 0.19 $P > 0.0001$), con igual ingestión de proteína digestible ($P > 0.05$) y de energía metabolizable ($P > 0.05$). Es de mencionarse que no se encontró interacción entre cromo y(o) melaza y(o) grupo de edad ($P > 0.05$), aunque se apreció una tendencia positiva por efecto de la inclusión de los dos factores (Cuadro 12).

La ganancia diaria de la camada en relación al consumo diario de la cerda (Cuadro 13) fue superior cuando no se proporciono el 30% de melaza en la dieta

(0.29 vs. 0.24, EEM = 0.009, $P < 0.0003$) e indiferentes para la adición de picolinato de cromo ($P > 0.05$), mientras que, al relacionar la pérdida de peso en la cerda más la ganancia de peso en su camada respecto al consumo, las diferencias encontradas son a favor del uso de picolinato de cromo (0.22 vs. 0.18, EEM = 0.012 $P < 0.03$); las diferencias por efecto de la melaza persistieron (0.22 vs. 0.18, EEM = 0.012, $P < 0.03$). Al respecto, sería mas preciso hablar de la segunda opción, ya que se involucra la movilización de tejido corporal (pérdida de peso) para mantener la lactación. Es de hacerse notar que no todas las cerdas perdieron peso, sólo que los promedios así lo indican salvo en el Tratamiento con 200 mg de Cr^{3+} /ton sin melaza en cerdas de mas de 6 partos (Cuadro 7).

De las cerdas usadas se desecharon el 11.9% observándose que el porcentaje de fertilidad se mejora con el uso de 30% de melaza (90.47% vs. 67.41%, $X^2=3.227$, $P < 0.08$), esto sin la adición de cromo orgánico y numéricamente superior con 200 mg de Cr^{3+} /ton en la dieta (88.19% vs. 78.94%), lo cual se reflejará positivamente en la vida productiva de la cerda. Las causas de desecho fueron; cerdas que tuvieron fetos momificados o nacidos muertos al parto subsecuente (3), cerdas que permanecieron en anestro (3) que se asoció a cerdas primíparas, cerdas que repitieron estro (2), una cerda que murió y otra que se desechó por problemas locomotores de miembros posteriores (Cuadro 17). En cuanto al tiempo que transcurrió del destete a primer estro fue igual entre tratamientos ($P > 0.05$; Cuadro 14).

Las variables analizadas al parto subsecuente como una consecuencia del Tratamiento en lactación y hasta 24 días posmonta, se indican en los Cuadros 15 y 16. De estos resultados se aprecian que el mayor número de lechones nacidos vivos ocurrió en las de 3 a 5 partos ($P < 0.07$), pero con igual número de lechones nacidos totales ($P > 0.05$), sin embargo, se observo que las cerdas de mas de 6 partos son las que tuvieron mas lechones nacidos muertos o fetos momificados (Cuadro 15). Ahora bien, el efecto de cromo se manifestó con una interacción en

grupo de parto observando una respuesta positiva en lechones nacidos vivos en cerdas de 3 o más partos ($P < 0.09$), sin embargo, en lechones nacidos totales solo se manifestó en cerdas de 3 a 5 partos. En tanto que, la adición de melaza no tuvo un efecto estadístico, aunque, se percibe una diferencia numérica para lechones nacidos vivos y nacidos totales (Cuadro 15).

7.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

7.1.- Experimento 1.

De los resultados observados en este experimento, se mostró que en las cerdas nulíparas, la edad promedio a primer estro detectado o la monta, guarda una relación positiva con el peso de la cerda como lo han reportado otros autores (Oliva et al., 1997), aunque se menciona que la edad y peso a primer estro puede ser controversial y que no solo estos parámetros influyen sobre el inicio de la actividad reproductiva (Kirwood y Aherne, 1985), así también es de mencionar que el tratamiento con pícolinato de cromo y/o con melaza no fue lo suficientemente prolongado como para observar un efecto sobre estas variables. Sin embargo, por efecto del uso de melaza a consumos isoproteicos e isoenergéticos, no se ha reportado efectos sobre ganancia de peso (Fernández, 1989) o el peso y la edad a la monta (Oliva et al., 1992; 1997), situación similar para las investigaciones sobre cromo orgánico para ganancia de peso (Page et al., 1992; 1993; Rentería, 1994) o edad y peso a monta (Lindemann et al., 1995). Bajo las condiciones de este experimento se esperaría que en conjunto melaza-cromo tuvieran un efecto metabólico sinérgico y con ello favorecer el peso y quizás la edad a la monta de la cerda siempre y cuando las dietas sean ofrecidas a libertad, situación que no se dio en este diseño experimental, donde el consumo se ofreció para cantidad de proteína y energía iguales. En este mismo esquema en donde durante la gestación se dio una misma dieta y de manera restringida sucedió lo que se esperaba; que se tuviera un mismo peso al parto o dicho de otra manera una misma ganancia de peso en la gestación, estas observaciones son similares a las observadas por Lindemann y colaboradores (1995) en aquellas cerdas alimentadas con 200 o 500 ppb de cromo orgánico durante el crecimiento-inicio reproductivo y/o gestación, de igual manera ha ocurrido con los estudios hechos con dietas altas en melaza o alguna otra fuente energética en la dieta (Angeles y Cuarón 1990; Oliva et al., 1991; 1992).

La expectativa era que durante el uso de las dietas experimentales; la contribución de nutrientes inducidos por cromo o melaza a nivel metabólico, permitieran una mayor sobrevivencia embrionaria como lo observado en Rodríguez-Márquez y Cuarón (1990) y explicado por un efecto directo de la insulina sobre la cantidad de leptina; ya que al mantener insulina sanguínea por efecto de la fructosa, se esperaría hubiera una secreción de leptina; compuesto que estimula el sistema endocrino reproductivo de ratones y sugiere que sirve como un signo permisible para el sistema reproductivo en animales (Barash et al., 1996), así también se ha documentado que leptina podría jugar un papel importante en la estimulación del eje reproductivo (Martínez y Savón 2005, Martínez *et al.*, 2013). Si bien es cierto que esta hormona de descubrimiento más reciente, se sabe que se estimula su secreción por la presencia de insulina circulante; entonces ocurriría que melaza favorece la presencia de insulina, cromo potencializa el efecto del FTG; con lo cual tenemos que las cantidades de insulina podrían ser bajas aunque constantes.

Analizando los procesos metabólicos que se han descrito por los cuales intervienen melaza (Cuarón, 1992; 1996) o cromo orgánico trivalente (Mertz, 1993; Trout, 1995; 1998), en donde convergen en un punto metabólico que es a través de la insulina; la sacarosa de la melaza que prolonga la aparición posparto de glucosa a nivel sanguíneo y por consiguiente se estimula a las células beta del páncreas para producir insulina; mientras que el cromo potencializa el efecto de la insulina, a través del factor de tolerancia a la glucosa ligado a nivel de receptores celulares en combinación con insulina y a su vez se ha descrito que esta hormona ejerce un efecto positivo sobre el eje reproductivo (Adashi et al., 1981, Cox et al., 1987; Ramírez et al., 1997) incrementando el número de folículos liberados y el establecimiento de preñez. Esta situación explica el efecto directo sobre la respuesta en el número de lechones nacidos al parto en los trabajos previos (Rodríguez-Marquez y Cuarón, 1990; Oliva, 1990; Oliva et al., 1992; Lindemann et al., 1995), respuestas que no fueron contundentes para este experimento, en donde se aprecia aumento de un lechón por camada con una probabilidad del

22% por efecto de 200 ppb de cromo orgánico, mientras que para melaza la respuesta no ocurrió, así también no se dio el efecto sinérgico esperado entre cromo y melaza, esto quizás se deba que para alcanzar el efecto con melaza se necesite un nivel más alto al 30% como en trabajos previos, mientras que el uso de cromo trivalente generó la respuesta vía insulina sobre el eje hipófisis-ovario y por consecuencia la respuesta observada, sólo que las cerdas no fueron capaces de movilizar los nutrimentos para homogenizar un peso del lechón al parto y a diferencia con Lindemann y colaboradores (1995) fue el tiempo de exposición o de ajuste del sistema metabólico, pues mientras en este trabajo se impactó solamente sobre el inicio de la actividad ovárica concepción e implantación, en los trabajos previos con nuliparas (Lindemann et al., 1994; 1995) fue desde crecimiento, y las cerdas quizás regularon a tiempo su metabolismo o simplemente se adaptaron al sistema insulina-factor de tolerancia a glucosa-receptor, sin demeritar en el efecto sobre el ovario y por consecuencia en el tamaño de camada al parto y peso del lechón uniforme. Resultados muy similares con cromo también han sido reportados (Savoini et al., 1998) en donde se usó 330 ppb a partir de levadura enriquecida con cromo y de igual forma se comenta que una explicación razonable fue que sólo se usaron dietas con cromo 1 semana antes del parto y durante la lactación, que comparado con el experimento 1, la justificación sobre el aumento del lechón por camada se hipotetiza esta en la fuente usada; picolinato ha demostrado ser mejor compuesto que nicotinato y cloruros como molécula con cromo para ejercer un mayor efecto a nivel sanguíneo (Evans y Bownan, 1992) y dentro de los picolinatos la forma tri (Evans y Pouchnik, 1993).

7.2.- Experimento 2.

La respuesta más importante de este experimento fue la obtenida en consumo y las diferencias estadísticas encontradas en el resto de las variables se explican en torno a este aumento de ingestión de nutrimentos. Se observa que

cuando se dieron dietas con el 30% de melaza, la respuesta es muy similar a la encontrada en trabajos previos con melaza (Oliva, 1990; Oliva et al., 1991; 1997; Angeles et al., 1990ab; Angeles y Cuarón 1990; Beltrán, 1994) y de igual forma a lo estipulado en el diseño de la formula, ya que los consumos de proteína y energía fueron iguales. De esta respuesta a un nivel alto de melaza es válido mencionar que se estimulo la secreción de insulina vía fructosa producto del catabolismo de la sacarosa (Cuarón, 1996), y que esto dio origen a una mayor vida productiva de la cerda observado como una menor tasa de desecho; respuesta que ya ha sido reportada anteriormente (Angeles y Cuarón, 1990). Sin embargo, cabe mencionar que la adición de melaza no se reflejó en el aumento en el número de lechones nacidos al parto subsecuente como lo han reportado otros autores (Rodríguez-Marquez y Cuarón, 1990; Oliva 1990; Angeles et al., 1990ab; Beltrán, 1994), aunque si se ha observado la tendencia en aquellas cerdas primíparas a aumentar el número de lechones al parto subsecuente, sin afectar otras variables. De manera general al incrementar el consumo, se observa que las eficiencias alimenticias disminuyen, ya sea en forma individual o considerada la cerda con su camada en relación con su consumo por efecto del nivel de 30% de melaza.

En la respuesta por efecto de cromo fue contundente el incremento en el consumo calculado como un 10% más en toda la lactancia o un 14 % durante la fase de dietas con cromo. Sin embargo, contrasta con todos los reportes de la literatura al menos en cerdos. Se hipotetiza que este consumo en cerdas en lactación esta relacionado en base al diseño mismo del experimento, ya que se inicia 14 días previos al destete (es importante recordar que se tuvo una lactancia promedio de 23 días), momento en el cual se ha observado que la tolerancia a glucosa aumenta, de forma tal que se crea una resistencia a la insulina; dicho de otra manera la cantidad de insulina circulante deja de ser 100% funcional, lo que se traduce en un excedente de glucosa circulante o que tarda más tiempo en utilizarse por los tejidos periféricos aun a pesar de estimular *per se* una mayor

secreción de insulina para soportar el nivel de glucosa y una vez que se logra compensar el sistema se favorece la acción de la insulina que se puede apreciar en la fase final de una lactación (Weldon et al., 1994ab). Con la adición de cromo se actúa a nivel insulina-receptor a través del factor de la tolerancia a la glucosa; se incrementa la función de la insulina de modo más eficiente o como se ha descrito anteriormente “se potencializa la acción de la insulina” (Mertz, 1993); esta situación lleva a que por un lado se este internalizando al citoplasma celular una mayor cantidad de nutrimentos con la misma cantidad de insulina circulante, y por el otro lado se estimula la secreción en cadena de otras hormonas como la leptina que guarda una relación directa con la cantidad de insulina circulante y que *per se* estimula el apetito (Barb, 1999; Martínez *et al.*, 2013), aunado a ello la disminución de metabolitos sanguíneos, se traducen en estado de saciedad y después de apetito haciendo un ciclo más dinámico que aquellas cerdas sin suplementación de cromo. Todo este mecanismo que se hipotetiza en este experimento fue viable gracias a que se dio días después del parto, situación que no se espera halla ocurrido en aquellas cerdas que siempre tuvieron suplementación de cromo antes y/o durante toda la lactación tal como se ha reportado en trabajos previos (Lindemann et al., 1994; 1995; Campbell 1996; Savoini et al., 1998; Zinpro, 2000, Perez-Mendoza *et al.*, 2003), ya que de alguna forma al iniciar la lactación, se empieza a dar el proceso diabetogenico que llega en un punto que se rebasa la eficiencia de la insulina y se cae el efecto del mecanismo, encontrando consumos iguales. Esta explicación se aplica aún para la respuesta en combinación melaza con cromo, ya que al existir una estímulo más para secreción de insulina, a esta se potencializa, su efecto y en teoría su respuesta en consumo debe ser mayor; situación que se observa claramente en los gráficos y en los consumos de proteína y energía (Cuadro 12); los factores por si solos tienen un efecto positivo en aumento de consumo muy similar, pero en combinación es aun mayor, sin ser aditivos.

Estos efectos sobre consumo son importantes como se ha descrito por Koketsu et al. (1996a), ya que se evidencia que un aumento en el consumo de alimento o una menor disminución de la condición corporal medida durante la lactancia se refleja en una respuesta productiva más alta al parto siguiente principalmente en el número de lechones nacidos, así también en una disminución en la tasa de desecho, características que fueron encontradas en este trabajo y que ya han sido descritas con el uso de cromo (Campbell, 1996; Hagen et al., 1998). Otra consecuencia, de este mecanismo es favorecer las eficiencias ya que del consumo una parte se destina a mantenimiento y otra a producción (NRC, 1998), y en este caso al aumentar consumo se traduce en una mayor producción que bien puede ser leche o kg de lechón que invariablemente serán más sanos con una mortalidad menor como se encontró en este trabajo. En este sentido cabe mencionar, que las dietas con melaza aumentaron el consumo de alimento, pero no de nutrientes, por lo que se sustenta que el trabajo de Koketsu y colaboradores (1996b) se ajusta a lo observado en el presente trabajo. Otro punto que podría asociarse a cerdas con mayor condición corporal o menor pérdida de peso es la mayor síntesis de leptina a nivel de adipocitos y que tienen una respuesta positiva sobre el eje reproductivo (Martínez y Savón, 2005; Martínez et al., 2013), sin embargo, en este escenario no fue posible constatar este supuesto ya que no se midieron metabolitos sanguíneos.

Las respuestas en el número de lechones o mayor número de folículos no fueron repetibles a los trabajos previos para melaza (Oliva, 1990; Rodríguez-Marquez y Cuarón, 1990, Beltrán 1994) o para cromo (Lindemann et al., 1995, Perez-Mendoza *et al.*, 2003). Sin embargo, cerdas de tres a cinco partos responden mejor al parto subsecuente y en este sentido es de recordar que las cerdas de más partos han ido sufriendo un proceso de selección en el cual se eliminan las no aptas y/o bajas reproductivamente hablando, por lo que las cerdas que más responden siempre han sido las más jóvenes como se ha reportado en

otros trabajos (Oliva 1990; Oliva et al., 1991; 1997; Angeles et al., 1990a; Beltrán, 1994)

El usar picolinato de cromo en la dieta de reproductoras implica que se potencializa la acción de la insulina aumentando la eficiencia productiva de la cerda y en general de la piara donde sea usado. El aumento en el número de lechones no fue contundente, sin embargo, la tendencia existe por lo que en piaras donde se utilice el cromo orgánico se podrá favorecer el tamaño de camada. Por lo que a través de este trabajo se percibe que aún quedan líneas de investigación para constatar los probables efectos aquí encontrados, así como también la respuesta en los lechones después del destete, ya que presumiblemente se da transferencia de cromo vía leche y por consiguiente el estrés de los lechones será menor y la respuesta a un mejor inicio en la etapa de crecimiento es probable.

8.- CONCLUSIONES.

El uso de 200 mg de Cr^{3+} /ton (200 ppm), como tripicolinato de cromo ó 30% de melaza en cerdas nulíparas numéricamente incrementó el tamaño de camada al parto en un lechón, sin afectar el peso del lechón al nacimiento.

El ofrecer 200 ppm de Cr^{3+} como tripicolinato de cromo ó 30% de melaza en la dieta en cerdas nulíparas no tuvo efecto sobre la presentación del estro y el número de servicios para concepción.

El uso de 200 ppm de Cr^{3+} como tripicolinato de cromo durante los últimos 14 días de la lactación; incrementó el peso del lechón y de la cerda al destete, además de favoreció el consumo diario de alimento en 14%.

Cuando se adiciona en el alimento 200 ppm de Cr^{3+} como tripicolinato de cromo ó 30% de melaza en los últimos 14 días de lactación y hasta 24 días posmonta, se mejoró el porcentaje de cerdas paridas, disminuyó la tasa de desecho e incrementó la vida productiva de la cerda.

Durante la mitad del periodo de lactación (14 días antes del destete), y el empleo de 30% de melaza, se afectó negativamente la eficiencia de la cerda y el peso del lechón al destete.

El efecto benéfico del Cromo se reflejó en una mayor prolificidad al parto subsecuente en cerdas múltiparas, pero más notoria en cerdas de 3 a 5 partos.

Se hipotetizó que el cromo orgánico 14 días antes del destete, favoreció la acción de la insulina circulante, lo cual mejoró los efectos metabólicos de esta hormona y se reflejó en un mayor consumo de alimento de la cerda.

La relación que podría existir entre cromo orgánico y melaza se manifestó sólo en consumo de alimento.

9.- IMPLICACIONES.

El uso de cromo orgánico trivalente en cerdas reproductoras por 14 días previos al destete permite una mejor producción de la hembra visto como número de lechones al siguiente parto. Sin embargo, la relación esperada entre Cromo orgánico y melaza necesita revisarse aún más ya que los datos no son concluyentes, incluso considerar los efectos colaterales incluyendo la relación insulina y leptina; como una posible explicación a rutas metabólicas implicadas con el eje reproductivo.

10. LITERATURA CITADA.

- Adashi, E.Y., A.J. Hsueh and S.S. Yen. 1981. Insulin enhancement of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone release by cultured pituitary cells. *Endocrinology*. 108:1441-1449.
- Amoikou, E.K., J.M. Fernandez, L.L. Southern, D.L. Thompson, T.L. Ward and B.M. Olcott. 1995. Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance insulin sensitivity, plasma metabolites and growth in pigs. *J. Anim. Sci.* 73:1123-1130.
- Anderson, R. A. 1987. Chromium. In W. Mertz (Editor), Trace elements in human and animal nutrition. Academy Press Inc., NY, pp 225-244.
- Anderson, R. A. 1988. Chromium. In K.T. Smith (Editor), Trace minerals in foods. Marcel Dekker Inc., NY pp. 231-247.
- Anderson, R. A. and A. S. Kozlovsky. 1985. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 41:1177-1183.
- Ángeles, A.A., J. Oliva, F. Cisneros, R. Loeza and J.A. Cuarón. 1990a. Sow productive performance in response to lactation dietary energy source and environment. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl.) 366(Abstr.).
- Ángeles, A. A., J. Oliva, Z. López, F. Cisneros, R. Loeza y J. Cuarón. 1990b. Efecto de la fuente de energía en la dieta para cerdas lactantes en dos zonas climáticas. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Villahermosa, Tab., México.
- Ángeles, L. y J. A. Cuarón. 1990. Productividad y vida productiva en respuesta al tipo de suplemento energético durante el último tercio de la gestación en cerdas alimentadas con forraje. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Villahermosa, Tab., México.
- Archibong, A. E., D. C. England and F. Stormshak. 1987. Factors contributing to early embryonic mortality in gilts bred at first estrus. *J. Anim. Sci.* 64:474-478.
- Barash, I. A., C. C. Cheung, D.S. Weigle, H. Ren, E. B. Kabigting, J. L. Kuijper, D. K. Clifton and R. A. Steiner. 1996. Leptin is a Metabolic Signal to the Reproductive System. *Endocrinology*. Vol 137 (7): 3144

- Barb, C. R. 1999. The brain-pituitary-adipocyte axis: Role of leptin in modulating neuroendocrine function. *J. Anim. Sci.* 77:1249-1257.
- Barrios, A., J.A. Lan, V. Figueroa y A. Alfonso. 1990. Utilización de miel rica de caña de azúcar como única fuente energética para cerdas lactantes. *Cienc. Tec. Agric. (Ganado porcino)* 13:51-60.
- Beam, S. W. and D. W. Holcombe. 1992. Effect of insulin administration during follicular growth on serum glucose and hormone profiles in ewe lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 72:421-426.
- Beltrán, D. M. 1994. Efecto de la inclusión y de la duración del suministro de melaza en la dieta sobre el comportamiento productivo y reproductivos de cerdas lactantes. Tesis de Maestría. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Burton, J. L. 1995. Supplemental Chromium: its benefits to the bovine immune system. *Anim. F. Sci. Tec.* 53:117-133.
- Camacho, G., J. Oliva, F. Rosas y J. Cuarón. 1991. Efecto de la adición de melaza en la dieta de lactación sobre la eficiencia productiva de las cerdas multíparas. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Tamaulipas, Méx.
- Campbell, R. G. 1995. Lactating sow nutrition-impact on subsequent reproductive performance. *In: Annual Meeting American Association of Swine Practitioners: Management and nutrition of the lactating sow.* Omaha, Nebraska.
- Campbell, R. G. 1996. The effects of chromium picolinate on the fertility and fecundity of sows under commercial conditions. *In Mini-Symposium Chromium picolinate.* Prince Agri Products. Quincy Ill.
- Campbell, W. J. and W. Mertz. 1963. Interaction of insulin and chromium (III) on mitochondrial swelling. *Am. J. Physiol.* 204:1028-1030.
- Chang, X. and D. N. Mowat. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70:559-565.
- Cox, N. M. 1995. Insulin benefits litter size in large commercial swine herds. *Feedstuffs* 67(número 4):12-16.

- 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.
- Cuarón, J.A.1992. Sugarcane molasses in swine nutrition: Physiological and feeding considerations. In *Proceedings of the Maryland Nutrition Conference for feed Manufacturers*. Ed. Erman, R. A. pp. 54-67
- Cuarón, J.A. 1995. Revisión de algunos conceptos para la nutrición de las cerdas del pie de cría. *In: Memorias del Primer Simposio de Producción Porcina*. AMVECAJ. Tepatitlán de Morelos, Jal., México.
- Cuarón, J. A. 1996. Sugar cane molasses an untapped resource. *Feed Mix* 4(número 1): 38-42.
- Díaz, J., A. Elías and S. Castañeda. 1992. A note on the use of different levels of final molasses and feed with Saccharine for pregnant sows. *Nutr. Abstr. Revs.* 62:1423(Abstr.).
- Dowling, H.J., E.G. Offenbacher and F.X. Pi-Sunyer. 1989. Absorption of inorganic, trivalent Chromium from the vascularly perfused rat small intestine. *J. Nutr.* 119:1138-1145.
- Dziuk, P. 1991. Reproduction in the pig. *In: Reproduction in Domestic Animals*. Ed. Cupps P. T. Academic Press Inc. San Diego, California. USA.
- Evans, G. W. and T. D. Bowman. 1992. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *J. Inorg. Biochem.* 46:243-250.
- Evans, G. W. and E. C. Johnson. 1980. Zinc absorption in rats fed a low-protein diet supplemented with tryptophan or picolinic acid. *J. Nutr.* 110:1076-1080.
- Evans, G. W. and E. C. Johnson. 1981. Effect of iron, vitamin B-6 and picolinic acid on zinc absorption in the rat. *J. Nutr.* 111:68-75.
- Evans, G. W. and D. J. Pouchnik. 1993. Composition and biological activity of chromium-pyridine carboxylate complexes. *J. Inorg. Biochem.* 49:177-187.
- Evans, G. W., E.E. Roginski and W. Mertz. 1973. Interaction of the glucose tolerance factor (GTF)with insulin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 50:718-722.

- Evock-Clover, C. M., M. M. Polansky, R. A. Anderson and N. C. Steele. 1993. Dietary chromium supplementation with or without somatotropin treatment alters serum hormones and metabolites in growing pigs without affecting growth performance. *J. Nutr.* 123:1504-1512.
- Fernández, T. S. 1989. Valor energético de la melaza y complementación proteica en dietas para cerdos. Tesis de Maestría en Nutrición Animal. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Fernández, T. S. y J. Cuarón. 1989. Energía biodisponible de la melaza para cerdos en crecimiento. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* México, D.F.
- Fernández, S. and J.A. Cuarón. 1990. Nitrogen utilization and bioavailable energy of cane molasses diets for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68:(Suppl. 1):406(Abstr.).
- Freud, H., S. Atamian, J.F. Fischer. 1979. Chromium deficiency during total parenteral nutrition. *J. Am. Med. Assoc.* 241:496-498.
- Giri, J., K. Usha and T. Sunitha. 1990. Evaluation of the selenium and chromium content of plant foods. *Plant Foods Hum. Nutr.* 40:49.
- Glinsmann, W. H., F. J. Feldman and W. Mertz. 1966. Plasma chromium after glucose administration. *Science* 152:1243-1245.
- Gopinath, R. and T. D. Etherton. 1989a. Effects of porcine growth hormone on glucose metabolism of pigs: I. Acute and chronic effects on plasma glucose and insulin status. *J. Anim. Sci.* 67:682-688.
- Gopinath, R. and T. D. Etherton. 1989b. Effects of porcine growth hormone on glucose metabolism of pigs: II. Glucose tolerance, peripheral tissue insulin sensitivity and glucose kinetics. *J. Anim. Sci.* 67:688-697.
- Hagen C.D. 1998. Use of chromium tripicolinate to improve sow productivity under commercial conditions. *In Symposium on the use of supplemental chromium in sow diets.* Prince Agri Products. Des Moines IA.
- Hahn, J.D. and Baker D. H. 1995. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan and sulfur amino acids for finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:482

- Hansel, W. and E. M. Convey. 1983. Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 2):404-424.
- Harrison, L. M. and R. D. Randel. 1986. Influence of insulin and energy intake on ovulation rate, luteinizing hormone and progesterone in beef heifers. *J. Anim. Sic.* 63:1228-1235
- He, T., C. Wei, X. Lin, B. Wang and G. Yin. 2023. Meta-Analysis of the Effects of Organic Chromium Supplementation on the Growth Performance and Carcass Quality of Weaned and Growing-Finishing Pigs. *Animals* 2023, 13, 2014. <https://doi.org/10.3390/ani13122014>
- Hughes, P. E. y M. A. Varley. 1984. *Reproducción del Cerdo*. Ed. Acribia. Zaragoza España.
- Hughey, T. B., J. L. Howell, F. D. Lehman, N. M. Cox and A. B. Moore. 1993. Effects of exogenous insulin on intrafollicular hormones of preovulatory follicles during the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl 1):509(Abstr.).
- Jeejeebhoy, K. N., R. C. Chu, E. B. Marlis, G. R. Greenberg and A. Bruce-Robertson. 1977. Chromium deficiency, glucose intolerance, and neuropathy reverser by chromium supplementation, in a patient receiving long term total parenteral nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 30:531-538.
- Johnston, L. J. 1994. Dietary changes could optimize lactating sow performance. *Feedstuffs.* 66(número 83):12-17.
- Johnston, L. J., J. E. Pettigrew, M. E. Wilson, R. D. Walker and B. A. Crooker. 1994. Influence of dietary molasses on reproductive performance of lactating sows. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl. 2):1286 (Abstr.).
- Jones, H. R., W. A. Bennet, T. G. Althen and N. M. Cox. 1983. Effects of dietary energy and exogenous insulin during the period of follicular growth on ovulation rate and LH patterns. *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 1):346(Abstr.).
- Kemin Industries. 2019. *The Effect of Chromium Propionate on Piglets and Sows in a Commercial Swine Herd*.
- Kirwood, R. N., and F. X. Aherne. 1985. Energy intake, body composition and reproductive performance of the gilt. *J. Anim. Sci.* 60:1518-1529.

- Kirwood, R. N., B. N. Miatru, A. D. Gooneratne, R. Blair and P. A. Thacker. 1988. The influence of dietary energy intake during successive lactations on sow prolificacy. *Can. J. Anim. Sci.* 68:283.
- Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigree., W.E. Marsh, V.L. King. 1996a. Influence of impose feed intake patterns during lactation on reproductive performance and on circulating levels of glucose, insulin, and luteinizing hormone in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 74:1036-
- Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigrew and V.L. King. 1996b. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 74:2875-2884.
- Kornegay, E.T., Z. Wang, C.M. Wood, and M.D. Lindemann. 1997. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1319-1323.
- Kutsky, R. J. 1981. Handbook of vitamins, minerals and hormones. 2a ed. Cap. 10:113-123. Van Nostrand Reinhold Company USA.
- Landenheim, R. G., M. Tesone and E. H. Charreau. 1984. Insulin and characterization of insulin receptors in rat luteal cells. *Endocrinology* 115:752-756.
- Lehninger, A. L. 1991. Bioquímica. 15ª reimpresión. Ed. Omega S. A. Barcelona España. pp. 827-831.
- Lienhard, G. E., J. W. Slot, D. E. James and M. M. Mueckler. 1992. How cells absorb glucose. *Scientific American* (January). pp 86-91.
- 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. *J. Anim. Sci.* 86:2971–2978
- Lindemann, M. D., A. F. Harper and E. T. Kornegay. 1994. Reproductive response in swine to the supplementation of chromium from chromium picolinate. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl. 2):123(Abstr.).
- Lindemann, M.D., Lu, N., 2019. Use of Chromium as an animal feed supplement. In: Vincent, J. (Ed.), *The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)*, second ed. Elsevier, Amsterdam, pp. 79–128.

- Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper and E. T. Kornegay. 1993. Chromium picolinate additions to diets of growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):53(Abstr.).
- Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay and R. A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 73:457-465.
- 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.* 2004. 82:2972–2977
- Loeza, R., J. Cuarón, F. Cisneros, J. C. Vinay y A. A. Angeles. 1990. Perdida de lisina disponible en dietas de iniciación con 10% de melaza después de periodos de almacenamiento. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Villahermosa, Tab., México.
- Loeza, L. R., T. Fernández y J. A. Cuarón. 1987. Estrategias para el uso de niveles altos de melaza en la alimentación de cerdos en México. *In: Memorias del III congreso de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal.* Cocoyoc, Mor., México.
- Ly, J. y M. Velázquez. 1970. Algunas observaciones sobre la glucosa sanguínea en cerdos alimentados con dietas basadas en azúcar y miel final, miel rica o granos. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 4:201.
- Martínez, M., Savón L. 2005. La leptina, hormona clave en la regulación del consumo de alimentos y el balance energético del organismo animal. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* Tomo 39 Núm 1:3
- Martínez, S., C. Campos, J. Madrid, J. J. Cerón, J. Orengo, A. Tvarijonaviciute, L. Valera y F. Hernández. 2013. Conocimiento actual de las hormonas reguladoras de la ingestión de alimentos en la especie porcina. *An. Vet. (MURCIA)* 29: 7-22 (2013).
- May, J. V. and D. W. Schomberg. 1981. Granulosa cell differentiation in vitro: Effect of insulin on growth and functional integrity. *Biol. Rep.* 25:421-431.

- McDonald, L. E. 1971. *Veterinary Endocrinology and Reproduction*. Ed. Lea & Febiger. Philadelphia USA. pp 1-22, 68-81.
- Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *J. Nutr.* 123:626-633.
- Mertz, W. 1969. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiol. Rev.* 49: 163-233
- Mertz, W., E. E. Roginski and R. C. Reba. 1965. Biological activity and fate of trace quantities of intravenous chromium (III) in the rat. *Am. J. Physiol.* 209:489-494.
- Mertz, W., E. W. Toepfer, E. E. Roginski and M. M. Polansky. 1974. Present knowledge of the role of chromium. *Fed. Proc.* 33:2275-2280.
- Mooney, K. W. and G. L. Cromwell. 1995. Effects of chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:3351-3357.
- Moonsie-Shageer, S and D. N. Mowat. 1993. Effect of level supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.* 71:232
- Mowat, D.N. 1994. Organic chromium: a new nutrient for stressed animals. *Nutr. Abstr. Revs.* 64:5333(Abstr.).
- Nelssen, J. L., A. J. Lewis, Jr. E. R. Peo and B. D. Moser. 1985. Effect of source of dietary energy and energy restriction during lactation on sow and litter performance. *J. Anim sci.* 60:171-178.
- Niksic, G.M., D. W. Holcombe, M.B. Judkins, D. M. Hallford, T. P. Ringkob and V.C. Pryor. 1993. Body condition and insulin administration effects on serum insulin, IGF-I, thyroxine, triiodothyronine and metabolites, and follicular development in ewe labs. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):511(Abstr.).
- NRC. 1980. Mineral tolerance of domestic animals: "Chromium" pp142-153. National Academy press, Washington, DC.
- NRC. 1988. *Nutrients Requirements of Swine* (9th Ed.). National Academy press, Washington, DC.
- NRC. 1998. *Nutrients Requirements of Swine* (10th Ed.). National Academy press, Washington, DC.

- NRC. 2012. Nutrients Requirements of Swine (11th Ed.). National Academy press, Washington, DC.
- Oliva, J. 1990. Efecto de diferentes fuentes de energía dietética sobre la eficiencia y funciones reproductivas de la cerda. Tesis de Maestría en Reproducción Animal. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Oliva, H.J., J. A. Cuarón I., A. Villa G. 1997. Efecto del clima y de la inclusión de melaza sobre el número de lechones nacidos en cerdas núlparas. *Tec. Pecu. Mex.* 35:17-24.
- Oliva, H.J., M.F. Rosas, J.A Cuarón y A. Villa-Godoy. 1990a. Respuesta a tres fuentes de energía en la dieta de lactación sobre la productividad de las cerdas. II: Efectos sobre la función reproductiva posdestete. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Villahermosa, Tab., México.
- Oliva, H.J., M.F. Rosas, A. Villa-Godoy y J.A Cuarón. 1990b. Respuesta a tres fuentes de energía en la dieta de lactación sobre la productividad de las cerdas I: Efectos sobre producción de leche y el crecimiento de la camada. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Villahermosa, Tab., México.
- Oliva, H.J., M.F. Rosas, J.A Cuarón and A. Villa—Godoy. 1991. Influence of three sources of dietary energy on postweaning reproductive performance of primiparous and multiparous sows. *J. Anim. Sci.* 69(Suppl. 1):556(Abstr.).
- Oliva, H.J., S. Zapata, J.A. Cuarón y A. Villa. 1992. Alimentación de cerdas núlparas con dietas altas en melaza. Respuesta en prolificidad. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Chihuahua, Chih., México.
- Oliva, H.J., S. Zapata, J.A. Cuarón y Villa—Godoy. 1993a. Influencia de la época y del tipo de dieta premonta sobre la prolificidad de las cerdas núlparas. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Guadalajara, Jal., México.
- Oliva, H.J., S. Zapata, L.E. Villagómez, J.A. Cuarón y Villa—Godoy. 1993b. Alimentación de cerdas gestantes con dietas altas en melaza en dos épocas del año: Efecto

- sobre la prolificidad. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* Guadalajara, Jal., México.
- Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward, J. E. Pontif, T. D. Bidner and D. L. Thompson, Jr.. 1992. Effect of chromium picolinate on growth, serum and carcass traits, and organ weights of growing-finishing pigs from different ancestral sources. *J. Anim. Sci.* 70(Suppl. 1):389(Abstr.).
- Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward, J. E. Pontif, T. D. Bidner and D. L. Thompson, Jr.. 1993. Effect of chromium picolinate on growth, serum and carcass traits, and organ weights of growing-finishing pigs from different ancestral sources. *J. Anim. Sci.* 71:656-662.
- Page, T. G., T.L. Ward and L.L. Southern. 1991a. Effect of chromium picolinate on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 69(Suppl. 1):403(Abstract).
- Page, T. G., T.L. Ward, L.L. Southern, and D.L. Thompson. 1991b. Effect of chromium picolinate on growth hormone, cholesterol, insulin and others components in serum of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 69(Suppl. 1):404(Abstract).
- 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.
- Pereira, L. P., J. O. Hilgemberg, A. P. Holzmann and C. R. Lehnen. 2020. Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. *Livestock Science* 232 (2020):103919
- Perez-Mendoza, V. G.; Cuaron, J. A.; Rapp, C. J.; Fakler, T. M. 2003. Lactating and Rebreding Sow Performance in Response to Chromium-L-Methionine. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl. 2):71
- Pettigrew, J. E. 1993. Amino acid nutrition of gestating and lactating sows. *Biokyowa Technical Review*-5.
- Pettigrew, J. E. and J. Kusina. 1995. Optimal nutrition for performance during lactation. *In: Annual Meeting American Association of Swine Practitioners: Management and nutrition of the lactating sow.* Omaha, Nebraska.

- Pope, W. F., Wilde M. H. and S. Xie. 1988. Effect of electrocautery of nonovulated day 1 follicles on subsequent morphological variation among day 11 porcine embryos. *Biol. reprod.* 39:882-887.
- Prunier, A., J.Y. Dourmad and M. Etienne. 1993. Feeding level, metabolic parameters and reproductive performance of primiparous sows. *Livestock Production Science*, 37 (1993) 185-196.
- 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.
- Renteria, J.A. 1994. Efecto del tripicolinato de cromo sobre la producción y algunos metabolitos en cerdos. Tesis de Maestría en Nutrición Animal. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Real D. E., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D Goodband, S. S. Dritz, J. C. Woodworth and K. Q. Owen. 2008. Additive effects of L-carnitine and chromium picolinate on sow reproductive performance. *Livestock Science* 116 (2008) 63–69.
- Reese, D.E., B. D. Moser, E. R. Peo, Jr., A. J. Lewis, D. R. Zimmerman, J. E. Kinder and W. W. Stroup. 1982. Influence of energy intake during lactation on the interval from weaning to first estrus in sows. *J. Anim. Sci.* 55:590-598.
- Rodriguez-Marquez, M. C. and J. A. Cuarón. 1990. Dietary energy source on ovulation in swine. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):329(Abstr.).
- Rosas, F.E. 1991. Asociación entre producción y composición de leche con la ganancia de peso de lechones amamantados por cerdas que son alimentadas con almidones o azucares. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- Savoini, G., F. Cheli, V. Bontempo, A. Baldi, F. Fantuz, I. Politis and V. Orto. 1998. Effect of chromium yeast supplementation on performance, reproduction and immune function in pigs. *Ann. Zootech.* 47:273-278.
- Schillo, K. K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1271-1282.

- Schwarz, K. and W. Mertz. 1959. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch. Biochem. Biophys.* 85:292-295.
- Seerley, R. W. 1993. Organic chromium and manganese in human nutrition: important possibilities for manipulating lean meat deposition in animals. *In: Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium: Biotechnology in the feed industry.* Nicholasville, Kentucky.
- Soria, R. J., R. Avendaño y C. A. Ortiz. 1987. Levantamiento fisiográfico del estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP-SARH. Gto., México.
- Soriano, J. 1982. Causas y prevención de diarreas por consumo de melaza de caña en aves y cerdos. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Soriano, J. 1984. Mieles incristalizables. *In: Memorias del Simposio sobre tecnología nutricional en la fabricación de alimentos balanceados.* Ed. AMENA. México, D.F.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1993. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª edición (1ª en español). Ed. McGraw-Hill/Interamericana de México S. A. de C. V. México, D.F.
- Steele, N. C., M. P. Richards and R. W. Rosebrough. 1982. Effect of dietary chromium and protein status on hepatic insulin binding characteristics of swine. *J. Anim Sci.* 55(suppl. 1):300(Abstr.)
- Steele, N. C., T. G. Althen and L. T. Frobish. 1977. Biological activity of glucose tolerance factor in swine. *J. Ani. Sci.* 45:1341–1345
- Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, G. D. Dial, J. E. Wheaton, B. A. Crooker and L. J. Johnston. 1992. 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.
- Tribble, L. F. and Jr. D. E. Orr. 1982. Effect of feeding level after weaning on reproduction in sows. *J. Anim. Sci.* 55:608-612.
- Trottier, N. L. 1998. Effect of supplemental chromium tripicolinate on productivity and blood metabolites of sows. *In Symposium on the Use of Supplemental chromium in sow diets.* Prince Agri Products. Des Moines IA.

- Trout, W. E. 1995. Hypothesis provides possible explanation as to chromium's effect on reproductive efficiency in swine. *Feedstuffs* 67
- Trout, W. E. 1998 Chromium's mode of action to increase litter size- a hypothesis. *In* Symposium on the use of supplemental chromium in sow diets. Prince Agri Products. Des Moines IA.
- Veldhuis, J. D., Nestler J. E., J. F. Strauss III and J. T. Gwynne. 1986. Insulin regulates low density lipoprotein metabolism by swine granulosa cells. *Endocrinology* 118:2242-2253.
- Verstegen, M. W., J. Mesu, S. J. Kemben and O. Geerse. 1983. Energy balances of lactating sows in relation to feeding level and stage of lactation. *J. Anim. Sci.* 60:731-740.
- Wacker, W. E. C., and B. L. Vallee. 1959. Nucleic acids and metals. *J. Biol. Chem.* 234:3257-3262
- Weldon, W. C., A. J. Lewis, G. F. Louis, J. L. Kovar, M. A. Giesemann and P. S. Miller. 1994a. 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.
- Weldon, W.C., A.J. Lewis, G.F. Louis, J.L. Kovar, and P.S. Miller. 1994b. Postpartum hypophagia in primiparous sows: II. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, feeding behavior, glucose tolerance, and epinephrine-stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. *J. Anim. Sci.* 72:395-403.
- Wu, M. C., M. D. Hentzel y P. Dziuk. 1988. Effect of stage of gestation, litter size and uterine space on the incidence of mummified fetuses on pigs. *J. Anim. sci.* 66:3203-3207.
- Zinpro. 2000. The effect of chromium-L-methionine on sow performance. Technical Bulletin.

Cuadro 1.- Dietas experimentales para cerdas nulíparas previo a la aparición del estro (Experimento 1).

Ingredientes (%)	Sin Melaza	Con Melaza
Sorgo (grano molido)	78.530	47.470
Pasta de soya	13.879	18.289
Melaza de caña	0.000	30.000
Harina de carne y hueso	4.962	1.183
Fosfato dicálcico	0.526	1.111
Sebo	1.000	1.000
Sal Iodada	0.400	0.400
Premezcla de vitaminas y minerales*	0.450	0.450
L-Lisina-HCl	0.134	0.000
L-Treonina	0.066	0.040
DL-Metionina	0.002	0.007
Vehículo (rastroy de maíz molido)**	0.050	0.050
Análisis calculado		
Energía metabolizable (Mcal/kg.)	3.203	2.883
Proteína cruda (%)	15.569	14.277
Proteína digestible (%)	12.000	10.200
Lisina total (%)	0.771	0.662
Lisina digestible (%)	0.650	0.553
Calcio (%)	0.750	0.640
Fósforo (%)	0.600	0.510

*.- El aporte por tonelada a partir de la premezcla fue; 119.7 g de Ca, 91.3 g de Fe, 0.0945 g de Se, 0.35 g de I, 0.756 g de Co, 7.7 g de Cu, 100.45 g de Zn, 20.14 g de Mn, 9.45 g de Mg y 935 g de Na, mientras que, el aporte de vitaminas fue de 3,375,000 UI de vitamina A, 675,000 UI de vitamina D3, 5,000 UI de vitamina E, 1.2 g de riboflavina, 27 g de niacina, 17.5 mg de cianocobalamina, 6.7 g de ácido pantoténico y 200 g de colina.

**.- A expensas del vehículo se suplemento o no el tripicolinato de cromo en una dosis de 0.5 kg./ton para proporcionar 200 mg de Cr³⁺/ton.

Cuadro 2.- Dietas utilizadas durante la fase de lactancia y gestación en cerdas nulíparas y multíparas.

Ingredientes	Lactancia**	Gestación***
Sorgo (grano molido)	70.790	63.160
Pasta de soya	17.620	8.971
Rastrojo de maíz molido	0.000	20.000
Harina de carne y hueso	4.800	4.812
Sebo	4.580	1.000
Fosfato dicálcico	1.074	0.992
Sal Iodada	0.400	0.400
Premezcla de vitaminas y minerales*	0.450	0.450
L-Lisina-HCl	0.190	0.149
L-Treonina	0.081	0.066
DL-Metionina	0.015	0.000
Análisis calculado		
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.350	2.931
Proteína cruda (%)	16.600	12.598
Proteína digestible (%)	12.840	9.513
Lisina total (%)	0.900	0.601
Lisina digestible (%)	0.770	0.510
Calcio (%)	0.833	0.800
Fósforo (%)	0.700	0.650

*.- El aporte por tonelada a partir de la premezcla fue; 119.7 g de Ca, 91.3 g de Fe, 0.0945 g de Se, 0.35 g de I, 0.756 g de Co, 7.7 g de Cu, 100.45 g de Zn, 20.14 g de Mn, 9.45 g de Mg y 935 g de Na, mientras que, el aporte de vitaminas fue de 3,375,000 UI de vitamina A, 675,000 UI de vitamina D3, 5,000 UI de vitamina E, 1.2 g de riboflavina, 27 g de niacina, 17.5 mg de cianocobalamina, 6.7 g de ácido pantoténico y 200 g de colina.

**.- Esta dieta se ofreció a cerdas multíparas (experimento 2) desde el día 109 de gestación, hasta iniciar con las dietas adicionadas con tripicolinato de cromo y melaza (0 a 7 días de lactancia). Mientras que, a cerdas nulíparas (experimento 1) se les dio durante su primera lactancia.

***.- La dieta de gestación en ambos experimentos, se ofreció a partir del día 25 de gestación (después del diagnóstico positivo de gestación).

Cuadro 3.- Dietas experimentales para cerdas multíparas a partir de 14 días previos al destete y hasta servicio.

Ingredientes	Sin Melaza	Con Melaza
Sorgo (grano molido)	70.740	47.883
Pasta de soya	17.620	17.980
Melaza de caña	0.000	30.000
Harina de carne y hueso	4.800	1.040
Sebo	4.580	0.460
Fosfato dicálcico	1.074	1.570
Sal Iodada	0.400	0.360
Premezcla de vitaminas y minerales*	0.450	0.400
L-Lisina-HCl	0.190	0.145
L-Treonina	0.081	0.082
DL-Metionina	0.015	0.030
Vehículo (rastroy de maíz molido)**	0.050	0.050
Análisis calculado		
Energía metabolizable (Mcal/kg.)	3.350	2.850
Proteína cruda (%)	16.634	14.280
Proteína digestible (%)	12.837	10.200
Lisina total (%)	0.902	0.765
Lisina digestible (%)	0.770	0.658
Calcio (%)	0.833	0.700
Fósforo (%)	0.700	0.600

*.- El aporte por tonelada a partir de la premezcla fue; 119.7 g de Ca, 91.3 g de Fe, 0.0945 g de Se, 0.35 g de I, 0.756 g de Co, 7.7 g de Cu, 100.45 g de Zn, 20.14 g de Mn, 9.45 g de Mg y 935 g de Na, mientras que, el aporte de vitaminas fue de 3,375,000 UI de vitamina A, 675,000 UI de vitamina D3, 5,000 UI de vitamina E, 1.2 g de riboflavina, 27 g de niacina, 17.5 mg de cianocobalamina, 6.7 g de ácido pantoténico y 200 g de colina.

**.- A expensas del vehículo se adicionó o no el tripicolinato de cromo en una dosis de 0.5 kg/ton para proporcionar 200 mg de Cr³⁺/ton

Cuadro 4.- Dietas experimentales para cerdas multíparas a partir del día de servicio y hasta el día 24 de gestación.

Ingredientes	Sin Melaza	Con Melaza
Sorgo (grano molido)	63.110	30.782
Rastrojo de maíz molido	20.000	20.000
Pasta de soya	8.971	14.760
Melaza de caña	0.000	30.000
Harina de carne y hueso	4.812	0.963
Sebo	1.000	1.000
Fosfato dicálcico	0.992	1.547
Sal Iodada	0.400	0.400
Premezcla de vitaminas y minerales*	0.450	0.450
L-Lisina-HCl	0.149	0.000
L-Treonina	0.066	0.039
DL-Metionina	0.000	0.009
Vehículo (rastrajo de maíz molido)**	0.050	0.050
Análisis calculado		
Energía metabolizable (Mcal/kg.)	2.931	2.611
Proteína cruda (%)	12.598	11.797
Proteína digestible (%)	9.513	8.115
Lisina total (%)	0.601	0.517
Lisina digestible (%)	0.510	0.433
Calcio (%)	0.800	0.680
Fósforo (%)	0.650	0.552

*.- El aporte por tonelada a partir de la premezcla fue; 119.7 g de Ca, 91.3 g de Fe, 0.0945 g de Se, 0.35 g de I, 0.756 g de Co, 7.7 g de Cu, 100.45 g de Zn, 20.14 g de Mn, 9.45 g de Mg y 935 g de Na, mientras que, el aporte de vitaminas fue de 3,375,000 UI de vitamina A, 675,000 UI de vitamina D3, 5,000 UI de vitamina E, 1.2 g de riboflavina, 27 g de niacina, 17.5 mg de cianocobalamina, 6.7 g de ácido pantoténico y 200 g de colina.

**.- A expensas del vehículo se suplemento o no el tripicolinato de cromo en una dosis de 0.5 kg/ton para proporcionar 200 mg de Cr³⁺/ton.

Cuadro 5.- Respuesta de cerdas nulíparas a la adición de tripicolinato de cromo y melaza en la dieta de premonta y hasta 24 días posteriores al servicio.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0		200		
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Número de observaciones	10	8	8	8	
Peso inicial (kg)	99.4	101.9	101.1	101.3	2.74
Peso a la monta (kg)	116.6	116.9	114.0	117.1	2.41
Edad a primer estro detectado (días)	197.1	189.9	196.6	196.9	3.71
Edad a servicio efectivo (días)	221.4	213.1	216.5	225.6	6.20
# de estros servidos para concepción *	1.1	1.0	1.0	1.5	0.14
Peso a 109 días de gestación (kg)	171.2	173.6	165.0	175.1	4.45
Ganancia de peso en gestación (g/d)	596.0	656.0	561.0	520.0	6.90
Lechones nacidos totales **	9.6	9.5	10.1	11.1	0.85
Lechones nacidos vivos ***	8.8	8.5	9.1	10.5	0.88
Peso de la camada al parto (kg)	12.6	12.8	12.9	14.0	1.28
Peso del lechón al nacimiento (kg)	1.43	1.54	1.40	1.34	0.07

* .- (P<0.05)

** .- Efecto de la adición de tripicolinato de cromo (P<0.21)

***.- Efecto de la adición de tripicolinato de cromo (P<0.20)

Cuadro 6.- Duración de la lactancia y número de lechones destetados en respuesta a dietas adicionadas con tripicolinato de cromo y melaza en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Número de observaciones					
cerdas de 1 a 2 partos	7	7	9	7	
cerdas de 3 a 5 partos	7	8	7	8	
cerdas de 6 o más partos	4	6	6	8	
Duración de la lactancia (días) *					
cerdas de 1 a 2 partos	22.13	23.03	22.81	24.17	
cerdas de 3 a 5 partos	25.10	22.70	23.72	23.23	0.855
cerdas de 6 o más partos	23.55	23.83	22.17	24.29	
Número de lechones destetados *					
cerdas de 1 a 2 partos	8.38	8.99	8.42	8.65	
cerdas de 3 a 5 partos	8.86	8.79	9.48	8.73	0.576
cerdas de 6 o más partos	9.30	8.68	8.66	8.99	

*.- (P>0.05)

Cuadro 7.- Cambios en el peso de la cerda durante la lactancia por efecto de la adición de tripicolinato de cromo y melaza en la dieta durante 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Peso de la cerda al parto (kg) *					
cerdas de 1 a 2 partos	181.8	173.1	181.5	174.5	6.78
cerdas de 3 a 5 partos	209.8	208.0	216.0	216.3	
cerdas de 6 o más partos	222.1	244.2	233.0	223.6	
Peso de la cerda al día de destete (kg) ^Δ					
cerdas de 1 a 2 partos	166.5	161.4	172.7	167.6	7.22
cerdas de 3 a 5 partos	194.0	198.6	199.8	209.7	
cerdas de 6 o más partos	218.5	228.7	238.3	221.1	
Cambio de peso en la cerda durante la lactación (kg) ⁺					
cerdas de 1 a 2 partos	-15.31	-11.63	-8.79	-6.93	4.14
cerdas de 3 a 5 partos	-15.72	-9.34	-16.25	-6.63	
cerdas de 6 o más partos	-3.56	-15.59	+5.36	-2.47	

*.- efecto grupo de parto (EEM=3.39, P<0.0001)

^Δ.- efecto de grupo de parto (EEM=3.61, P<0.0001)

^Δ.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=2.95 P<0.12)

⁺.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=1.69, P<0.03)

⁺.- efecto de grupo de parto (EEM=2.07, P<0.05)

⁺.- efecto grupo de parto*melaza (EEM=2.93, P<0.03)

Cuadro 8.- Respuesta en el peso de la camada por la adición de tripicolinato de cromo y melaza a la dieta de lactación durante 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Peso de la camada al parto (kg) *					
cerdas de 1 a 2 partos	14.9	13.2	14.1	14.5	
cerdas de 3 a 5 partos	14.0	14.2	15.1	13.8	1.18
cerdas de 6 o más partos	12.3	13.0	13.0	13.4	
Peso de la camada al destete (kg) *					
cerdas de 1 a 2 partos	50.1	48.2	53.7	52.0	
cerdas de 3 a 5 partos	57.1	50.3	63.5	54.8	4.43
cerdas de 6 o más partos	53.7	49.5	50.2	55.8	
Ganancia total de peso en la camada (kg) **					
cerdas de 1 a 2 partos	35.2	35.0	39.6	37.5	
cerdas de 3 a 5 partos	43.1	36.0	48.4	41.0	3.51
cerdas de 6 o más partos	41.4	36.5	37.2	42.4	
Ganancia diaria de peso en la camada (kg/d) *					
cerdas de 1 a 2 partos	1.59	1.52	1.76	1.56	
cerdas de 3 a 5 partos	1.72	1.60	2.03	1.79	0.140
cerdas de 6 o más partos	1.79	1.57	1.67	1.75	

*.- (P>0.05)

**.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=1.43, P<0.15)

Cuadro 9.- Cambio de peso en el lechón por efecto de la adición de tripicolinato de cromo y melaza en la dieta de lactancia durante 14 días previos al destete en cerdas múltiparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Peso de los lechones al parto (kg) *					
cerdas de 1 a 2 partos	1.76	1.47	1.68	1.68	0.077
cerdas de 3 a 5 partos	1.58	1.58	1.60	1.58	
cerdas de 6 o más partos	1.34	1.50	1.51	1.50	
Peso de los lechones el día de destete (kg) ^Δ					
cerdas de 1 a 2 partos	5.93	5.39	6.54	6.06	0.308
cerdas de 3 a 5 partos	6.38	5.57	6.67	6.26	
cerdas de 6 o más partos	5.86	5.67	5.95	6.18	
Ganancia de peso en lechones (g/d) ⁺					
cerdas de 1 a 2 partos	190	171	211	182	11.8
cerdas de 3 a 5 partos	195	180	215	205	
cerdas de 6 o más partos	193	178	197	194	

*.- efecto de grupo de parto (EEM=0.038, P<0.02)

^Δ.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.126, P<0.02)

^Δ.- efecto de melaza EEM=0.126, P<0.06)

⁺.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=4.8, P<0.03)

⁺.- efecto de melaza (EEM=4.8, P<0.05)

Cuadro 10.- Respuesta de la cerda más su camada a la adición de tripicolinato de cromo y melaza en la dieta de lactancia durante 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0		200		
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Cambio de peso neto total (pérdida o ganancia de peso en la cerda + ganancia de peso en su camada) (kg) *					
cerdas de 1 a 2 partos	19.89	23.42	30.86	30.61	
cerdas de 3 a 5 partos	27.36	26.69	32.17	34.38	4.709
cerdas de 6 o más partos	37.88	20.89	42.55	39.89	
Ganancia diaria neta (Cambio de peso neto total/ días en lactancia) (kg/d) **					
cerdas de 1 a 2 partos	0.95	1.02	1.35	1.24	
cerdas de 3 a 5 partos	1.07	1.15	1.36	1.47	0.195
cerdas de 6 o más partos	1.70	0.93	1.88	1.68	

*.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=1.92, P<0.003)

*.- efecto de grupo de parto (EEM=2.353, P<0.07)

**.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.080, P<0.004)

**.- efecto de grupo de parto (EEM=0.098, P<0.04)

Cuadro 11.- Consumo de alimento durante la lactancia en respuesta a la adición de tripicolinato de cromo y melaza a la dieta durante 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Consumo diario de alimento durante la lactancia (kg/d) *					
cerdas de 1 a 2 partos	5.44	5.80	5.94	6.49	
cerdas de 3 a 5 partos	5.62	6.99	6.91	7.22	0.342
cerdas de 6 o más partos	5.90	7.11	6.70	7.38	
Consumo diario de alimento de 0 a 7 días de lactancia (kg/d) ^Δ					
cerdas de 1 a 2 partos	4.98	4.96	5.20	5.54	
cerdas de 3 a 5 partos	5.80	6.36	6.10	5.87	0.320
cerdas de 6 o más partos	6.03	6.12	6.02	6.21	
Consumo diario de alimento de 8 a 21 días de lactancia (kg/d) ⁺					
cerdas de 1 a 2 partos	5.67	6.38	6.39	7.29	
cerdas de 3 a 5 partos	5.53	7.49	7.41	8.18	0.467
cerdas de 6 o más partos	6.06	7.85	7.15	7.98	

*.- efecto de melaza (EEM=0.140, P<0.0006)

*.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.140, P<0.004)

*.- efecto de grupo de parto (EEM=0.171, P<0.005)

^Δ.- efecto de grupo de parto (EEM=0.160, P<0.0007)

⁺.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.191, P<0.003)

⁺.- efecto de melaza EEM=0.191, P<0.0001

Cuadro 12.- Consumos estimados de proteína y energía durante la lactancia en dietas adicionadas con tripicolinato de cromo y melaza durante 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0		200		
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Consumo diario estimado de proteína digestible durante la lactancia (g/d) *					
cerdas de 1 a 2 partos	704	666	773	744	
cerdas de 3 a 5 partos	739	797	903	815	41.8
cerdas de 6 o más partos	785	812	877	845	
Consumo diario estimado de proteína digestible de 8 a 21 días de lactancia (g/d) **					
cerdas de 1 a 2 partos	723	650	812	742	
cerdas de 3 a 5 partos	716	762	956	836	51.9
cerdas de 6 o más partos	776	803	916	815	
Consumo diario estimado de energía metabolizable durante la lactancia (Mcal/d) ^Δ					
cerdas de 1 a 2 partos	18.1	17.5	19.8	19.7	
cerdas de 3 a 5 partos	18.8	21.2	23.1	21.8	1.08
cerdas de 6 o más partos	20.0	21.6	22.5	22.4	
Consumo diario estimado de energía metabolizable de 8 a 21 días de lactancia (Mcal/d) ⁺					
cerdas de 1 a 2 partos	18.9	18.2	21.3	20.7	
cerdas de 3 a 5 partos	18.6	21.3	24.9	23.3	1.41
cerdas de 6 o más partos	20.3	22.4	23.9	22.8	

*.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=17.1, P<0.004)

*.- efecto de grupo de parto (EEM=20.9, P<0.003)

**.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=21.2, P<0.002)

**.- efecto de grupo de parto (EEM=25.9, P<0.05)

^Δ.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.44, P<0.003)

^Δ.- efecto de grupo de parto (EEM=0.54, P<0.004)

⁺.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.57, P<0.002)

⁺.- efecto de grupo de parto (EEM=0.70, P<0.05)

Cuadro 13.- Eficiencias productivas en cerdas en lactancia expuestas a dietas con la adición de tripicolinato de cromo y melaza por 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Relación ganancia diaria en la camada / consumo diario de la cerda durante la lactancia *					
cerdas de 1 a 2 partos	0.296	0.269	0.309	0.248	
cerdas de 3 a 5 partos	0.305	0.233	0.302	0.253	0.021
cerdas de 6 o más partos	0.301	0.221	0.247	0.240	
Relación ganancia diaria neta (ganancia o pérdida diaria en la cerda + ganancia diaria en la camada) / consumo diario de la cerda durante la lactancia **					
cerdas de 1 a 2 partos	0.174	0.161	0.231	0.191	
cerdas de 3 a 5 partos	0.181	0.168	0.195	0.206	0.029
cerdas de 6 o más partos	0.269	0.137	0.283	0.228	

*.- efecto de melaza (EEM=0.009, P<0.0003)

**.- efecto de melaza (EEM=0.012, P<0.03)

**.- efecto de tripicolinato de cromo (EEM=0.012, P<0.03)

Cuadro 14.- Respuesta en el intervalo destete estro (horas) por la adición del tripicolinato de cromo y melaza en la dieta de lactancia ofrecida desde 14 días previos al destete en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
cerdas de 1 a 2 partos	132	129	137	126	
cerdas de 3 a 5 partos	108	119	112	129	9.297
cerdas de 6 o más partos	135	119	137	125	
efecto de grupo de parto (EEM=4.6, P<0.14)					
efecto de grupo de parto*melaza (EEM=6.57, P<0.12)					

Cuadro 15.- Efecto de la adición de tripicolinato de cromo y melaza desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo, sobre algunas variables al parto subsecuente en cerdas multíparas.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Lechones nacidos vivos *					
cerdas de 1 a 2 partos	8.5	12.5	8.1	8.0	
cerdas de 3 a 5 partos	10.4	10.4	11.0	11.6	1.134
cerdas de 6 o más partos	8.1	7.9	8.2	9.5	
Total de lechones nacidos (vivos + muertos + momias) **					
cerdas de 1 a 2 partos	9.12	13.30	10.19	10.43	
cerdas de 3 a 5 partos	10.61	11.99	12.03	12.18	1.039
cerdas de 6 o más partos	11.96	10.76	10.53	10.59	
Peso del lechón nacido vivo al parto (kg) **					
cerdas de 1 a 2 partos	1.75	1.52	1.70	1.47	
cerdas de 3 a 5 partos	1.64	1.50	1.47	1.38	0.107
cerdas de 6 o más partos	1.40	1.43	1.52	1.46	

*.- efecto de grupo de parto (EEM=0.57, P<0.07)

*.- efecto de grupo de parto*tripicolinato de cromo (EEM=0.80, P<0.09)

**.- (P>0.05)

Cuadro 16.- Porcentaje de fertilidad al parto subsecuente* por efecto de la adición de tripicolinato de cromo y melaza en la dieta de cerdas en lactancia desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton			
	0	0	200**	200
	% de melaza en la dieta**			
	0	30	0	30
cerdas de 1 a 2 partos	55.56	71.43	66.67	100.00
cerdas de 3 a 5 partos	80.00	100.00	100.00	87.50
cerdas de 6 o más partos	66.67	100.00	100.00	75.00

*Relación de cerdas paridas entre el número de cerdas incluidas en tratamiento. Prueba de X²

**.- efecto de tripicolinato de cromo sin melaza por grupo de parto ($\chi^2= 5.367$, P< 0.07)

**.- efecto de melaza sin cromo ($\chi^2=3.227$, P< 0.08)

Cuadro 17.- Causas de desecho en cerdas multíparas expuestas a dietas con la adición de tripicolinato de cromo y melaza desde 14 días previos al destete y hasta 24 días posteriores al servicio efectivo.

Variables analizadas	mg de Cr ³⁺ /ton				EEM
	0	0	200	200	
	% de melaza en la dieta				
	0	30	0	30	
Cerdas que parieron fetos momificados o lechones nacidos muertos (%)					
cerdas de 1 a 2 partos	14.3	0.0	0.0	0.0	3.6
cerdas de 3 a 5 partos	14.3	0.0	0.0	0.0	
cerdas de 6 o más partos	0.0	16.7	0.0	0.0	
Mortalidad y/o desechadas por problemas de miembros posteriores (%)					
cerdas de 1 a 2 partos	0.0	0.0	11.1	0.0	2.4
cerdas de 3 a 5 partos	0.0	0.0	0.0	12.5	
cerdas de 6 o más partos	0.0	0.0	0.0	0.0	
Cerdas que repitieron estro (%)					
cerdas de 1 a 2 partos	0.0	14.3	0.0	0.0	2.4
cerdas de 3 a 5 partos	0.0	0.0	0.0	0.0	
cerdas de 6 o más partos	25.0	0.0	0.0	0.0	
Cerdas que permanecieron en anestro o no presentaron signos de estro (%)					
cerdas de 1 a 2 partos	14.3	0.0	11.1	0.0	3.6
cerdas de 3 a 5 partos	0.0	0.0	0.0	0.0	
cerdas de 6 o más partos	0.0	0.0	0.0	12.5	
Cerdas desechadas en total (%)					
cerdas de 1 a 2 partos	28.6	14.3	22.2	0.0	11.9
cerdas de 3 a 5 partos	14.3	0.0	0.0	12.5	
cerdas de 6 o más partos	25.0	16.7	0.0	12.5	

(P>0.05)

Gráfico 1.- Consumo diario promedio en cerdas en lactancia con dietas 0% melaza y 0 mg de Cr/ton

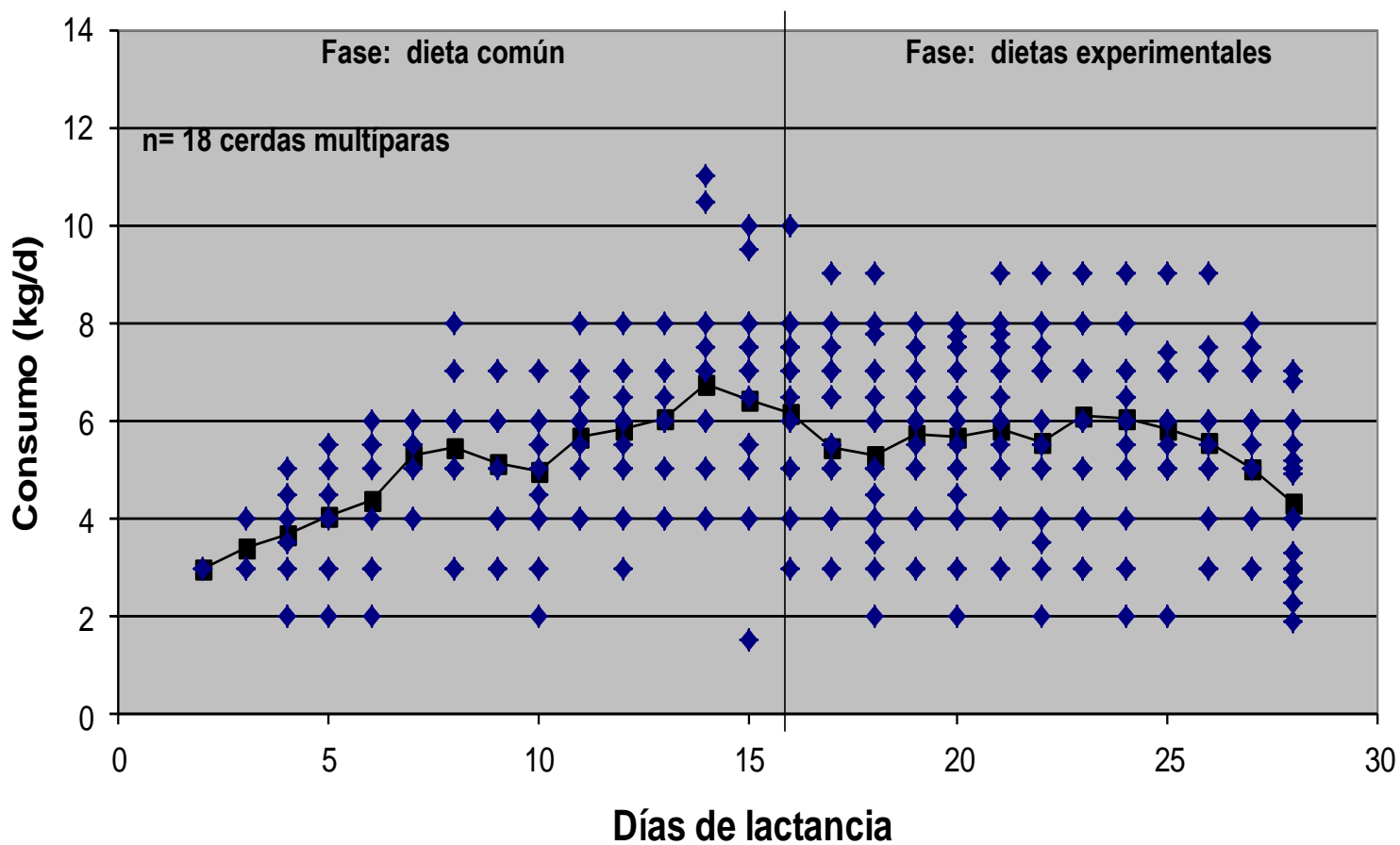


Gráfico 2.- Consumo diario promedio en cerdas en lactancia con dietas 30% melaza y 0 mg de Cr/ton

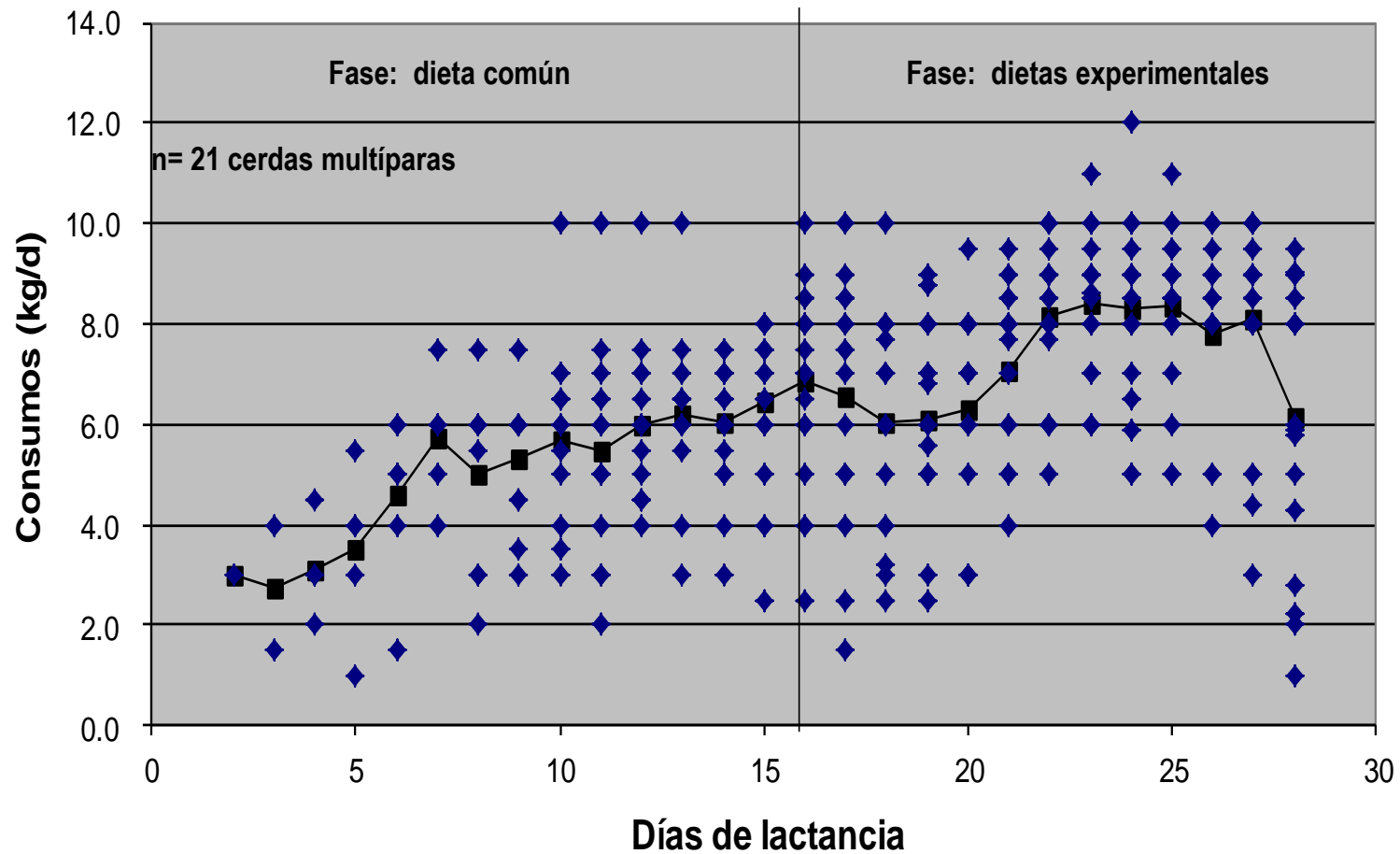


Gráfico 3.- Consumo diario promedio en cerdas en lactancia con dietas 0% melaza y 200 mg de Cr/ton

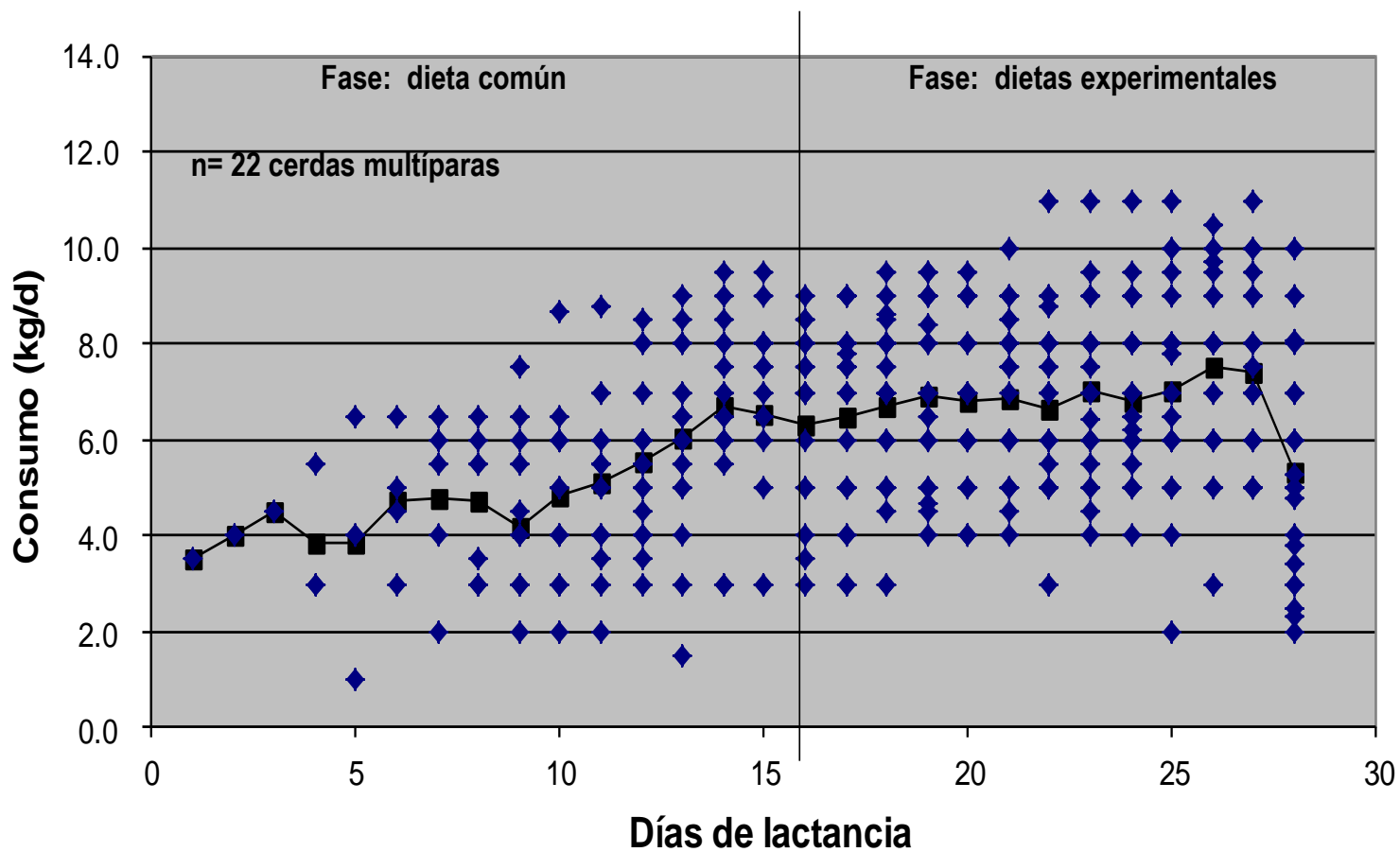


Gráfico 4.- Consumo diario promedio en cerdas en lactancia con dietas 30% melaza y 200 mg de Cr/ton

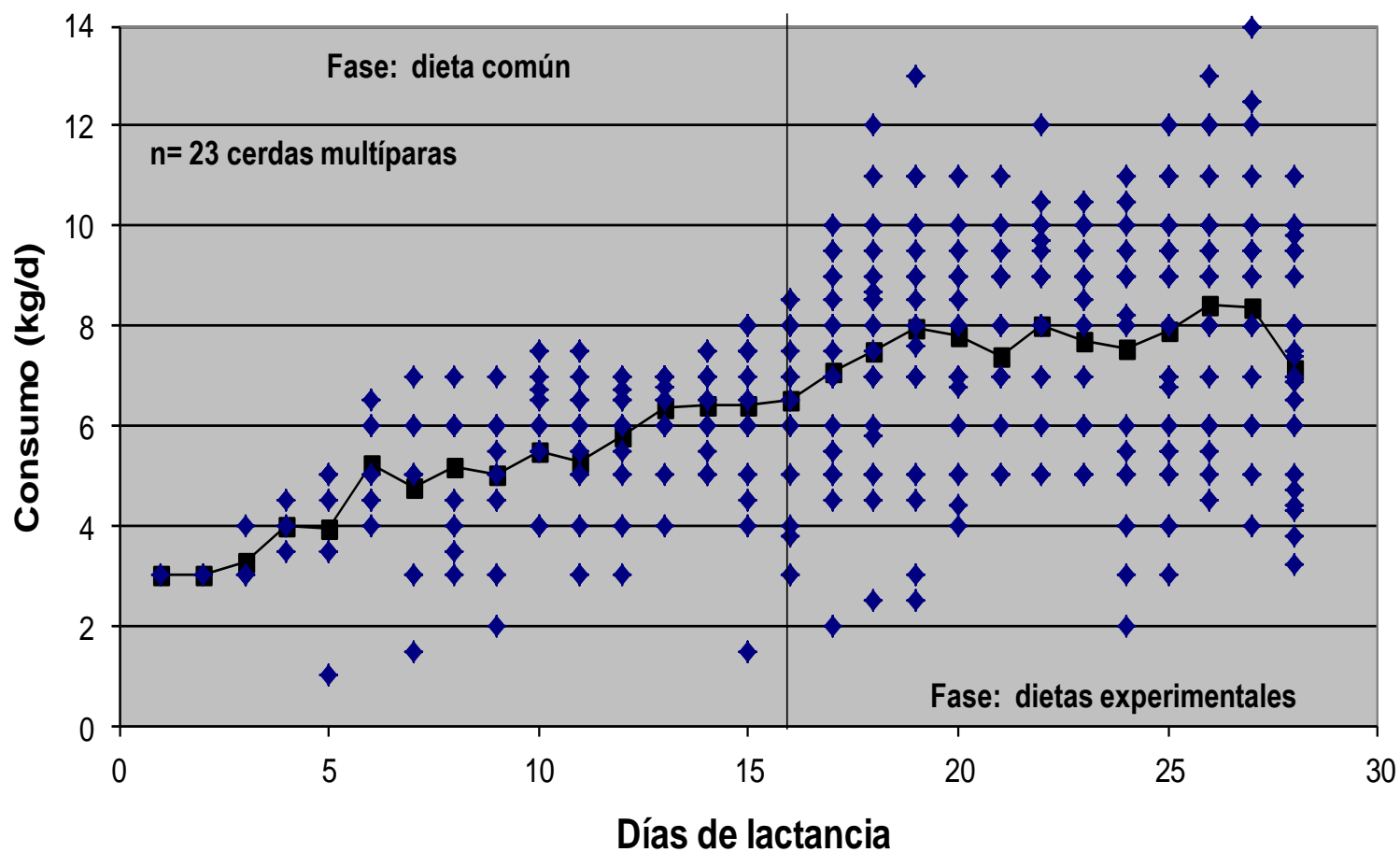


Gráfico 5.- Respuesta en consumo de cerdas en lactancia por efecto de la adición de melaza y cromo orgánico en la dieta.

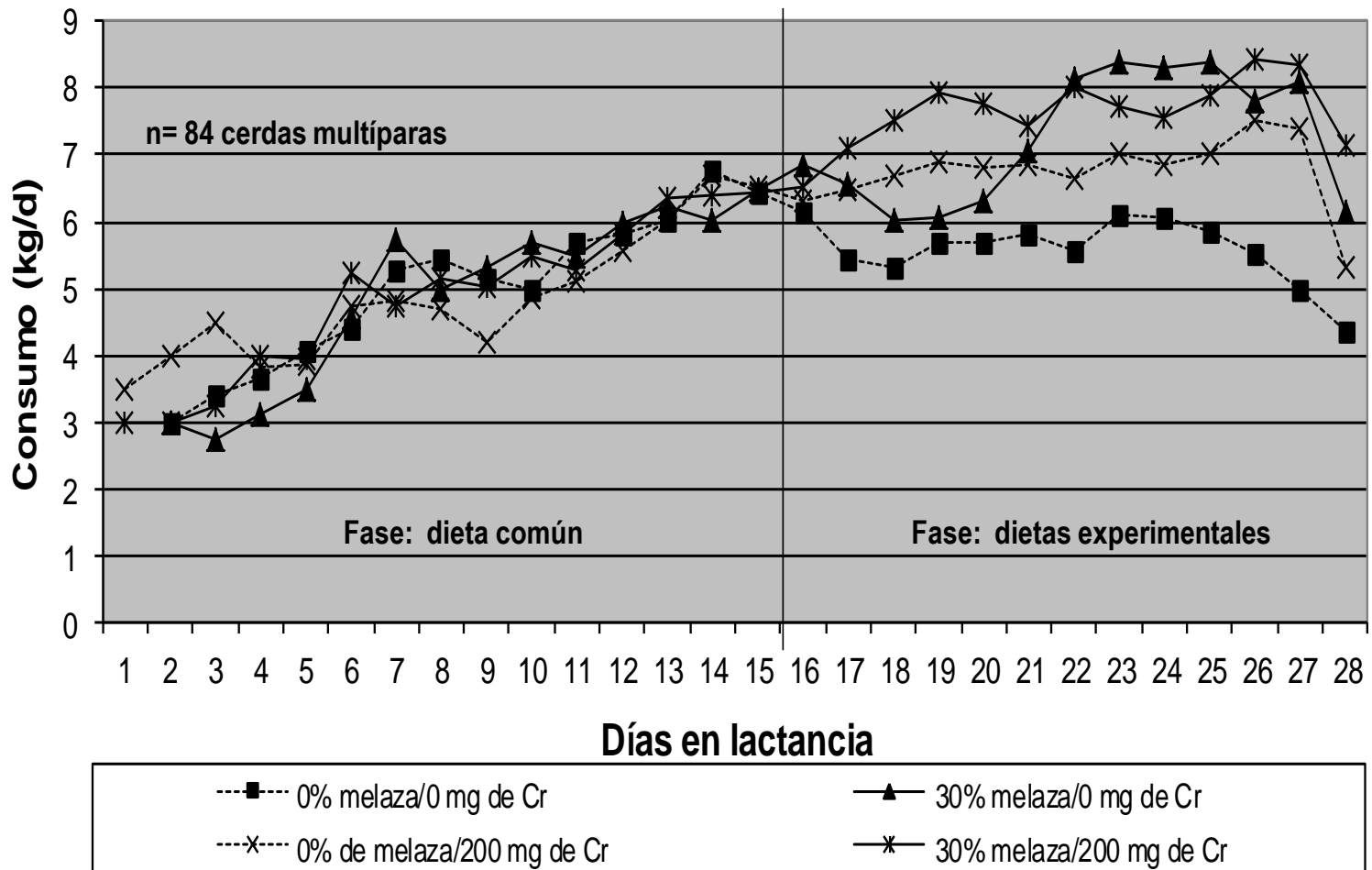


Gráfico 6.- Respuesta acumulada en consumo de cerdas en lactancia por efecto de la adición de melaza y cromo orgánico en la dieta

