

01674



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCION Y DE LA SALUD ANIMAL**

**EFFECTO DE LA ADICION DE BICARBONATO DE SODIO EN LA
DIETA DE CERDAS LACTANTES SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO Y ANALITOS SANGUINEOS**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

J A I M E C R U Z C O R T E Z

TUTOR:

DR. GERMAN BORBOLLA SOSA

COMITE TUTORAL:

DR. JAN BOUDA

DR. GERARDO MARISCAL LADIN



MEXICO, D.F.

2005

m. 339904



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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recaptional.

NOMBRE: Saimé Cruz Cortez

FECHA: 11/01/03

FIRMA: GA. Gabriela A. Velázquez T.
diploma.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE.....	1
LISTA DE CUADROS.....	2
LISTA DE ABREVIATURAS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Consumo de alimento posparto.....	7
Catabolismo de la cerda durante la lactancia.....	8
Balance electrolítico de la dieta.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	13
HIPÓTESIS.....	14
OBJETIVO.....	15
MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
Animales y toma de muestras.....	16
Tratamientos.....	17
Variables y diseño experimental.....	18
RESULTADOS.....	20
Comportamiento productivo de la hembra.....	20
Equilibrio ácido-base.....	21
Analitos sanguíneos.....	21
DISCUSIÓN.....	24
CONCLUSIÓN.....	29
CUADROS.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	33

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas primerizas durante la lactancia sobre su comportamiento productivo.....	34
Cuadro 2. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas primerizas durante la lactancia sobre el balance electrolítico de la sangre.....	36
Cuadro 3. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas de primer parto durante la lactancia sobre analitos en suero sanguíneo.....	38

Lista de abreviaturas

0.5% NaHCO₃: cero punto cinco por ciento de bicarbonato de sodio

1% NaHCO₃: uno por ciento de bicarbonato de sodio

Na⁺: sodio

K⁺: potasio

Cl⁻: cloro

NaHCO₃: bicarbonato de sodio

HCO₃⁻: bicarbonato

EB: exceso de base

AGL: ácidos grasos libres

CK: creatina cinasa

mmol/l: milimoles por litro

g/l: gramos por litro

kg: kilogramos

g: gramos

CDA: consumo diario de alimento

PPC: pérdida de peso de la cerda

pCO₂: presión parcial de bióxido de carbono

RESUMEN

Se utilizaron treinta y seis cerdas de primer parto para determinar el efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta sobre el comportamiento productivo y analitos sanguíneos durante 21 días de la lactancia después del parto. Las cerdas se distribuyeron aleatoriamente en tres dietas experimentales (n=12). Una dieta control (C) propia de la granja; una dieta control adicionada con 0.5% de NaHCO_3 (0.5% NaHCO_3) y dieta control con 1% de NaHCO_3 (1% NaHCO_3). Al parto y destete se registraron el peso de la cerda, el espesor de grasa dorsal a nivel de la décima y última costilla, y el tamaño y peso de la camada. A los 3, 12 y 21 días de lactancia, se evaluó la glucosa, urea, proteínas totales, albúmina, creatina cinasa, triglicéridos, ácidos grasos libres y electrolitos (Na^+ , K^+ , Cl^-) en suero sanguíneo. Entre los 10 y 12 días de lactancia, se determinó el pH, pCO_2 , HCO_3^- y exceso de base en sangre. El modelo de mediciones repetidas se utilizó para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de analitos sanguíneos, y un modelo completamente aleatorizado para el comportamiento productivo y equilibrio ácido-base. El peso de la cerda al parto y tamaño de camada se utilizaron como covariable. La adición de NaHCO_3 en la dieta incrementó ($P < 0.001$) el consumo diario de alimento; sin embargo, éste no se reflejó en las demás variables del comportamiento productivo. Igual que el consumo de alimento, el pH sanguíneo se incrementó ($P < 0.02$) con la adición del 1% de NaHCO_3 en la dieta, comparado con el pH de las cerdas del grupo control. Así mismo, la adición de bicarbonato de sodio tendió ($P < 0.08$) a disminuir la pCO_2 , pero el exceso de base y HCO_3^- permanecieron sin cambio. Los analitos en suero no mostraron indicio de movilización de tejido muscular, sin embargo, los ácidos grasos libres indicaron una mayor ($P < 0.019$) movilización de tejido graso en las cerdas del grupo control, comparadas con sus contrapartes, sobre la mitad y final del periodo de lactancia.

Palabras clave

Cerdas primerizas, lactancia, bicarbonato de sodio, consumo de alimento, pérdida de peso corporal, analitos sanguíneos, equilibrio ácido-base.

ABSTRACT

Thirty six primiparous sows were used to determine the addition of sodium bicarbonate on reproductive performance and blood analytes after farrowing and during lactation. The sows were randomly distributed on three treatments (n=12): a control group (C), the control group adding 0.5% of NaHCO₃ (0.5% NaHCO₃) and the control group with 1% of NaHCO₃ (1% NaHCO₃). At farrowing and lactation were recorded the live weight of sows, thickness backfat at 10th and 13th rib; also the size and weight of litter was recorded. At 3rd, 12th, and 21st days of lactation, were analyzed: glucose, urea, total proteins, albumin, creatinine kinase, triglycerides, free fatty acids and electrolytes (Na⁺, K⁺, Cl⁻) on blood serum. Between the 10th and 12nd days of lactation, were determined pH, blood pCO₂, HCO₃⁻ and base excess on blood. An experimental model of repeated measurements and a randomly complete model were used to determine the effect of treatments on blood analytes, and reproductive performance and acid-base status, respectively. The live weight of sows and the size of litter were used as covariable. The addition of NaHCO₃ on diet increased (P<0.001) the daily feed intake, but this variable do not affect other variables of the reproductive performance. Also the pH was increased (P<0.02) with the addition of 1% de NaHCO₃ on diet, compared with the pH of control group. The addition of sodium bicarbonate tended (P < 0.08) to decrease the blood pCO₂, but the base excess and HCO₃⁻ were not affected. The analytes of serum did not show changes on tissue mobilization; however, the free fatty acids exhibited a higher (P < 0.019) mobilization of lipids on control group sows, compared with the other experimental groups, on the middle and the end of the lactation.

Key words

Primiparous sows, lactation, sodium bicarbonate, feed intake, weight loss, blood analytes, acid-base status.

INTRODUCCIÓN

La producción de cerdos esta influida en parte, por algunos aspectos asociados con el control del comportamiento reproductivo de la cerda; la edad a primer servicio, prolificidad en cada parto, duración de la lactancia y la reducción del intervalo entre el destete y la siguiente monta,¹ son los principales factores relacionados con la productividad de la cerda y por ende con la producción del número de cerdos para abasto. Con el paso del tiempo, estos eventos han ido cambiando, con la finalidad de mejorar la productividad de la cerda y la rentabilidad de la producción. Actualmente, los adelantos en genética animal, así como en la nutrición, han propiciado que hoy en día se tengan animales genotípica y fenotípicamente diferentes en relación con los de las décadas anteriores.² Uno de los principales avances en la producción de cerdos en los últimos treinta años, ha sido el incremento de la productividad de la cerda, que ha pasado de 16 a 22 lechones criados por cerda por año;^{1,2} además, la cerda contemporánea no solamente es más prolfica sino que también es más pesada a la madurez sexual y han llegado a ser más magras, con una reducción de hasta el 50% de grasa corporal, de acuerdo a sus predecesoras de hace tres décadas.^{2,3}

Los adelantos en la mejora de la condición corporal de los cerdos, han sido también una consecuencia de la presión ejercida por parte del consumidor actual que demanda alimentos de origen animal más saludables y nutritivos. Aunado a esto, mejoras en el acondicionamiento ambiental (instalaciones), estado de salud y nuevas prácticas de manejo han favorecido que ahora la cerda haya sido seleccionada especialmente para ser más prolfica, para una mayor capacidad de producción láctea, mayor habilidad materna y para una canal con mucho menos grasa y mayor cantidad de tejido muscular.

Con respecto a las prácticas de manejo, el destete a edades tempranas ha propiciado un menor desgaste corporal de la cerda lactante, lo que conlleva a un aumento de vida productiva de ésta, además de disminuir la transmisión de algunas enfermedades a la camada.^{4,5} Sin embargo, estos beneficios han tenido sus repercusiones principalmente en el aspecto nutricional y en la condición corporal de la cerda. A este respecto, los requerimientos nutricionales de la cerda contemporánea, tanto en gestación como en lactancia han cambiado,^{7,8} debido a las prácticas de manejo más intensivas (por ejemplo periodos de lactancia más cortos).

Consumo de alimento posparto

Trabajos recientes^{1, 8} mencionan que la cerda actual tiene una alimentación más crítica que la cerda de los 80's, por lo que demanda mayores requerimientos nutricionales para su mantenimiento y producción de leche, debido al mayor peso corporal a la madurez, porcentaje magro y prolificidad. Desafortunadamente, el consumo de alimento en la cerda no se ha incrementado en proporción a la gran demanda nutricional exigida para las características antes mencionadas,^{1,6,7,9} más aún, ha tendido a disminuir.¹⁰ La continua selección para características reproductivas y de magrez sin incremento en el consumo de alimento durante la lactancia, resulta en una gran proporción de cerdas jóvenes que consumen cantidades insuficientes de alimento para soportar adecuadamente la lactancia.^{11,12} Por otra parte, el parto está seguido de una depresión en consumo de alimento en los primeros días; este bajo consumo en la etapa inicial de la lactancia puede afectar la habilidad reproductiva subsecuente de la cerda.^{7,8} Las cerdas con baja ingesta de alimento durante la lactancia están más propensas a disminuir el peso de su camada y extender el anestro posdestete.¹³

Algunos de los factores que afectan el consumo de alimento en la etapa inicial de la lactancia son: letargia posparto, capacidad limitada del tracto gastrointestinal y estrés del parto; pero el principal factor nutricional es el relacionado con un nivel elevado de consumo de alimento o excesivo acúmulo de grasa corporal durante el periodo de gestación.¹⁴ Estos efectos usualmente están relacionados con el consumo de alimento de la cerda en su fase inicial de la lactancia. Dichos efectos, aunados al bajo consumo de alimento de los genotipos modernos, y a que la cerda primípara tiene menos reservas corporales y consume menor cantidad de alimento que la múltipara, hace más crítica su nutrición; por otra parte, la cerda primeriza requiere consumir energía extra para su mantenimiento, crecimiento corporal y producción de leche.^{1,13} Así, el apetito disminuido y las elevadas demandas nutricionales para mantenimiento, crecimiento y principalmente para la producción de leche, ocasionan que la cerda tenga que echar mano de sus reservas corporales, movilizandoo gran cantidad de tejido (músculo y grasa) para soportar la producción láctea.^{7,9} Lo anterior, se reflejan en un estado catabólico crítico en esta etapa si se descuida el estímulo del consumo de alimento en estos animales, probablemente incrementando el

porcentaje de desecho de cerdas debido a fallas reproductivas y reducida vida productiva.¹⁴

Catabolismo de la cerda durante la lactancia

Se ha calculado un aumento en la productividad de la cerda actual en un 25% arriba del promedio de los genotipos de décadas pasadas.⁴ Sin embargo esta presión fisiológica pone más en estrés al animal, especialmente durante la lactancia.^{1,4,9} Se espera que las cerdas lactantes produzcan grandes cantidades de leche de manera que desteten lechones más pesados y además que se recuperen rápidamente de su gestación anterior, todo esto en la mitad de tiempo de lo que lo hacían anteriormente (2 vs. 4 semanas).

Como se menciona anteriormente, los genotipos de cerdas de este tiempo tienen menos grasa y más músculo que las cerdas de hace dos décadas. Esta diferencia en la composición corporal significa que las cerdas modernas tienen que usar varios tejidos para soportar la lactancia,^{4,7,9} especialmente tejido muscular a diferencia con los genotipos con mayor cantidad de tejido adiposo. Los animales con mayor porcentaje de magreza utilizan el tejido muscular más que la grasa corporal para apoyar la lactancia,^{4,9} ya que sus reservas corporales de músculo son mayores que las de tejido adiposo. Además, el catabolismo del tejido muscular es una fuente menos eficiente en cuanto a la producción de energía comparado con el catabolismo de la grasa.^{2,9}

El estado catabólico que atraviesa la cerda durante la lactancia, es resultado de un consumo insuficiente de alimento principalmente en las cerdas primerizas,^{8,9,12} lo que ocasiona que la cerda tenga que movilizar tejido muscular y grasa, para sostener la demanda de nutrientes para la producción de leche. Por esta razón reviste gran importancia estimular el consumo de la cerda durante esta etapa y evitar en lo posible que la cerda utilice sus reservas corporales, para soportar la demanda metabólica para el crecimiento óptimo de los lechones a través de la leche; además, propiciar un nuevo servicio lo más pronto posible posterior al destete.

Es bien conocido que el tamaño de la camada es uno de los principales factores que influyen en la producción de la leche^{3,15,16} y la ganancia de peso de la camada.^{9,16} Al respecto, la producción de leche se ha incrementado substancialmente en las últimas dos décadas⁷ produciendo ahora cerca de 10 kg diarios de leche por cerda primeriza, lactando diez o más lechones. Los sustratos

para la producción láctea son aportados vía exógena, a través de la dieta y vía endógena, a través de reservas corporales de la hembra.^{9,12} Debido a la gran cantidad de nutrientes utilizados para la producción de leche por parte de la cerda y principalmente por la de primer parto, estas son incapaces de cubrir sus requerimientos mediante el consumo de alimento particularmente en los primeros días de lactancia; lo que conlleva generalmente a un balance negativo de energía, pérdida importante de músculo y tejido adiposo.^{9,17} Este proceso se exagera cuando las hembras lactan camadas grandes como es el caso de las cerdas modernas.^{9,12}

Por otra parte, el exceso de tejido movilizado influye negativamente con los días de servicio posdestete y sobre todo en la productividad de la cerda en los ciclos siguientes.^{12,18,19} A este respecto se ha reportado que el efecto del bajo consumo de alimento y la excesiva movilización de tejido corporal durante la lactancia disminuye la habilidad reproductiva de la cerda;⁷ por ejemplo un bajo peso de la camada al nacimiento y destete, además de anestro prolongado.^{7,20} Estos problemas son de mayor importancia en la cerda de primer parto debido a que si estos animales pierden una mayor cantidad de músculo en su primera lactación, difícilmente recuperan la condición corporal deseada (3-3.5),^{7,9,20} por otra parte, esto resulta en un elevado costo económico para recuperara a estas cerdas. Aunado a lo anterior, las cerdas primerizas requieren ingerir energía adicional para alcanzar su peso adulto.²¹

Balance electrolítico de la dieta

A principios de los 80's, el balance electrolítico (BE) de la dieta tomó un interés particular en la nutrición de aves,²² peces,²³ bovinos²⁴ y cerdos.²⁵ Todas estas investigaciones demostraron la estrecha relación entre el balance de cationes y aniones de la dieta y el comportamiento productivo de las respectivas especies. Existen dos maneras de estimar el BE de la dieta, los cuales han sido propuestos por Patience y Austic²⁵ uno, y el más complejo es el aniones indeterminados de la dieta (Dietary Undetermined Anion) de sus siglas en inglés dUA, el cual se calcula de la siguiente manera: $dUA = (Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}) - (Cl^- + H_2PO_4^- + HPO_4^{2-} + SO_4^{2-})$ y la segunda, llamada balance electrolítico de la dieta: $dBE = Na^+ + K^+ - Cl^-$. Este último método es más conveniente ya que considera solo tres análisis, aunque ignora la contribución potencial de los iones polivalentes, sin embargo, en diferentes estudios^{26,27,28} que analizan el efecto del

equilibrio ácido-base de la dieta, este método ha resultado adecuado. El BE de la dieta se obtiene dividiendo la cantidad de Na^+ , K^+ y Cl^- contenidos en la dieta, entre su respectivo peso atómico y multiplicado por su valencia, siendo el resultado final expresado en mmol/kg MS: $\text{dBE (mmol/kg MS)} = (\text{Na}^+/23 \times 1 + \text{K}^+/39 \times 1 - \text{Cl}^-/35.5 \times 1) \times 1000$.

El BE de la dieta ha comenzado a tomarse en cuenta debido al uso cada vez más frecuente de aminoácidos de síntesis que sustituyen la adición de cantidades importantes de ingredientes proteicos (pasta de soya, principalmente) comúnmente utilizados en la dietas de monogástricos con la finalidad de disminuir la emisión de nitrógeno por parte del animal al ambiente; además estos aminoácidos tienen una mayor disponibilidad comparados con los encontrados en los insumos utilizados en la dietas de cerdos, incrementando así la calidad de la dieta, traducida en mejor comportamiento productivo de los animales. Así, el balance electrolítico de la dieta depende del contenido de proteína y del tipo de suplemento de sodio utilizado; hay que destacar que la reducción en el contenido de proteína vegetal en la dieta y el uso de aminoácidos de síntesis en ésta, se traduce en una fuerte disminución del balance electrolítico debido a la reducción de potasio, electrolito presente en cantidades importantes en los vegetales.

Los primeros estudios en monogástricos sobre los efectos del equilibrio electrolítico de la ración sobre el comportamiento productivo fueron realizados en los 70'S por Sauveur y Mongin²⁹ quienes encontraron una respuesta curvilínea de la velocidad de crecimiento en pollos cuando se incrementaba el BE de la dieta. Como en avicultura, en cerdos se ha observado generalmente una respuesta curvilínea de la velocidad de crecimiento al aumentar el balance electrolítico de la dieta; por ejemplo, en cerdos de entre 7 y 11 semanas de edad, Patience y Wolynetz³⁰ observaron una reducción importante de la velocidad de crecimiento cuando el balance (catión – anión) de la dieta pasó de 300 mmol a -80 mmol/kg MS, obteniendo la mejor respuesta de crecimiento entre 150 y 170 mmol/kg MS. Haydon *et al.*,³¹ igualmente observaron un mejor comportamiento productivo en cerdos entre 20 y 105 kg de peso vivo cuando la dieta contenía entre 200 y 250 mmol/kg MS. Tanto en avicultura como en porcicultura, el incremento del balance electrolítico de la dieta se ha realizado adicionando KHCO_3 , NaHCO_3 o ambos.

La adición de NaHCO_3 a cerdos miniatura a quienes se les provocó un ayuno prolongado, logró disminuir la excreción de amonio.³² Por su parte, Patience

y col.²⁶ adicionando 25.9 g de NaHCO₃/kg de alimento en dietas de cerdos en crecimiento observaron un aumento significativo en el consumo de alimento y en la ganancia diaria de peso comparada con los cerdos del grupo control. Madubuike³³ observó un mayor crecimiento de cerdos alimentados con dietas deficientes en lisina con la adición de esta sal. Como se mencionó anteriormente, la cerda lactante atraviesa por un estado catabólico de sus reservas corporales (grasa y músculo) importantes para la síntesis de leche.^{34,35} A este respecto, la oxidación de la proteína generalmente es considerada como un contribuidor neto de ácido,²⁸ aunque esto depende del perfil de aminoácidos.^{36,37} La participación del catabolismo del músculo esquelético sobre la acidosis metabólica fue demostrado por Hannaford *et al.*,³⁸ quienes además describieron que la administración de NaHCO₃ o KHCO₃ en dieta, conserva la masa de tejido muscular en humanos con acidosis inducida por un ayuno prolongado.

En un estudio similar, en la década de los 80's las dietas en humanos para bajar de peso, consistían en consumir grandes cantidades de proteína en la dieta y muy bajas cantidades de alimentos energéticos, con el objetivo de movilizar el tejido graso almacenado en el cuerpo.³⁹ Sin embargo este tipo de dietas ocasionaba en las personas un estado de cetosis debida a la oxidación de las grasas, además cursaban con acidosis metabólica, con aumento en la excreción de amoniaco y una disminución en la síntesis de urea, con la concomitante pérdida de proteína de músculo esquelético. Gougeon *et al.*,³⁹ adicionando NaHCO₃ en la alimentación de estas personas, lograron contrarrestar la acidosis metabólica y disminuir la pérdida de tejido magro.

En estudios más recientes²⁷ la adición de NaHCO₃ en concentración del 1.15% sobre la materia seca de la ración de cerdos en finalización mejoró (P < 0.05) la ganancia diaria de peso y tuvieron una tendencia mejor en cuanto a la conversión alimenticia. En Italia, Bonsembiante *et al* ⁴⁰ describieron un efecto significativo en el consumo de alimento y conversión alimenticia con la adición del 1.5% de NaHCO₃.

La modificación del consumo de alimento en respuesta a las variaciones del balance electrolítico de la dieta parece explicar, al menos en parte, los efectos observados sobre la velocidad de crecimiento. Este efecto sobre el rendimiento productivo coincide con lo generalmente observado cuando el consumo de alimento se incrementa. Si estos resultados se confirman, la adición de bicarbonato de sodio puede ser interesante en el periodo de lactancia, cuando el consumo de alimento es muy inferior a las necesidades nutricionales demandadas por la camada, particularmente en hembras de primer parto.

JUSTIFICACIÓN

La continua selección para características reproductivas y de magreza sin incremento en el consumo de alimento durante la lactancia, resulta en una gran proporción de cerdas primerizas que consumen cantidades insuficientes de alimento para soportar adecuadamente la lactancia y crecimiento de su camada; además, de que la mayoría de estas cerdas presentan un alto grado de catabolismo de tejidos corporales lo que trunca su futura reproducción. La adición de NaHCO_3 en la ración ha demostrado, en trabajos anteriores incrementar el consumo de alimento; si estos resultados se confirman, el bicarbonato de sodio puede ser una alternativa al estímulo de consumo en la cerda primeriza durante la lactancia. Por otra parte, la tendencia actual de utilizar dietas con menor contenido de proteínas para reducir la excreción de nitrógeno al ambiente, se acompaña de un descenso del balance electrolítico, debido principalmente a la reducción del nivel de potasio de las dietas, a este respecto el bicarbonato de sodio puede incrementar dicho balance. El presente estudio además podrá permitir tener un mayor conocimiento en la movilización de tejidos corporales durante la primera lactación, analitos y gases sanguíneos, áreas poco estudiadas.

HIPÓTESIS

Los niveles de 0.5 y 1.0% de bicarbonato de sodio en dietas de cerdas lactantes estimulan el consumo de alimento y evitan la pérdida del peso corporal, comúnmente observada durante el periodo de lactancia.

OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto fue determinar el efecto de la administración de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas lactantes, sobre el comportamiento productivo, equilibrio ácido-base y los analitos de glucosa, urea, proteínas totales, albúmina, creatinina, triglicéridos, ácidos grasos libres, Na^+ , K^+ y Cl^- en suero sanguíneo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y toma de muestras

El presente estudio se realizó en la granja de ciclo completo "Hacienda la Flor" ubicada en San Sebastián, Zumpango, Estado de México.

Se utilizaron 36 cerdas de primer parto, provenientes de la cruce (Yorkshire x Landrace) x Largewhite, las cuales fueron distribuidas al azar en tres grupos experimentales ($n = 12$ cerdas). Las cerdas se seleccionaron desde el último tercio de la gestación (109 días), momento en cual fueron movidas a la sala de maternidad donde permanecieron alojadas durante toda la lactancia (21 ± 2 d) en jaulas individuales de 0.6 m x 2.1 m con espacio para los lechones de 0.47 m x 2.1 m a ambos lados. Estas salas cuentan con un total de 20 jaulas de maternidad con drenaje común y ventilación natural a través de ventanas. Todas las jaulas están elevadas a 70 cm del piso de la nave y cuentan con un comedero con capacidad para 10 kg de alimento y dos bebederos de chupón, uno para la cerda y otro para la camada; además, cada jaula tiene una lechonera de madera equipada con un calentador eléctrico como fuente de calor. Las jaulas y accesorios fueron lavados y desinfectados dos días antes de su ocupación.

Al parto, se registró el peso de la cerda y grosor de la grasa dorsal, así como el número y peso de los lechones que conformaron la camada de cada cerda. La medición de grasa dorsal se realizó a nivel de la décima y última costilla a 5 cm de la línea media, utilizando un equipo de ultrasonido* especial para cerdos, esta variable, al igual que el peso corporal de la cerda, tamaño y peso de la camada se registró al día del parto y destete.

Durante el periodo de lactancia (21 días), las cerdas tuvieron libre acceso a la dieta y agua de bebida. Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular en los días 3, 12 y 21 después del parto, en el periodo de lactancia, una parte de la sangre se colectó en un tubo vacutainer sin anticoagulante. Una vez colectada la sangre, los tubos de cada cerda se dejaron por aproximadamente una hora para permitir la formación del coagulo, posteriormente, los tubos se centrifugaron a una velocidad de 3000 rpm por 10 minutos. Después de la separación del suero, este se colocó en nuevos tubos vacutainer sin anticoagulante los cuales se identificaron

*Renco Corporation, MPLS., MN, USA.

con datos de la cerda y día de lactancia y se almacenaron en congelación a -20°C para su posterior determinación en laboratorio.

Las concentraciones de glucosa, urea, proteínas totales, albúmina, ácidos grasos libres, triglicéridos, creatina cinasa, se determinaron mediante espectrofotometría (Cobas-Mira, Roche). Las concentraciones séricas de Na^+ , K^+ y Cl^- se determinaron mediante un analizador de electrolitos (Modelo 644; Ciba-Corning). Dichos análisis se realizaron en la sección de laboratorio de Patología Clínica del Departamento de Patología de la FMVZ-UNAM. Otra muestra de sangre fue tomada en el día 12 del periodo de lactancia, utilizando una jeringa con anticoagulante (heparina de sodio con 5000 UI/ml); una vez tomada la muestra, se sacó el aire de las jeringas y las agujas se sellaron con un tapón de goma para evitar la salida de gases de las muestras de sangre y se almacenaron a una temperatura entre 0°C y 4°C en un termo con agua y hielo. Después de aproximadamente 4 horas las muestras de sangre con anticoagulante fueron analizadas con un aparato de gasometría (pH/blood gas analyzer 238, Ciba-Corning) para determinar el pH, pCO_2 , HCO_3^- y exceso de base, en el Hospital de Pequeñas Especies de esta misma facultad. Al término de la lactancia (día 21), se registró el grosor de la grasa dorsal en los puntos anteriormente mencionados y el peso de la cerda, además del número de lechones destetados y peso de la camada.

Tratamientos

Cada uno de los tres tratamientos estuvo integrado por 12 cerdas; las hembras del grupo uno recibieron una dieta (Control) de lactancia propia de la granja, la cual contenía 170 mmol/kg MS; mientras que las cerdas de los tratamientos dos y tres recibieron 0.5% y 1.0% de bicarbonato de sodio (0.5% NaHCO_3 y 1.0% NaHCO_3) en la dieta de lactancia, cuyo balance electrolítico obtenido en laboratorio fue de 230 y 300 mmol/kg MS, respectivamente). Las dietas se realizaron utilizando una base de micronutrientes (Nutec^{MR}) a la cual se le adicionó sorgo, pasta de soya, grasa animal y antibiótico. Los tratamientos (dietas experimentales) se administraron desde el inicio de la lactancia, día cero y hasta el destete de la camada, día 21.

Composición de la dieta de lactancia.

Ingrediente	kg
Base	20
Sorgo	267
Pasta de soya	127.5
Grasa animal	22.5
Salvado de trigo	60.5
Secuestrante**	1.5
Antibiótico	1.0
Análisis químico proximal	%
Materia seca	92.01
Proteína cruda	17.91
Extracto etéreo	8.76
Cenizas	5.14
Fibra cruda	3.99
Extracto libre de nitrógeno	56.21

*Nutec, S.A. C.V.

**Alltech, S.A. C.V.

Variables y diseño experimental

Las variables analizadas en el presente trabajo fueron, la pérdida de peso corporal de la cerda, calculado como la diferencia entre el peso al parto y el peso al destete (día 21), y diferencia en el grosor de la grasa dorsal a nivel de la décima y última costilla al día de parto y al destete.

Los analitos en suero (glucosa, urea, proteínas totales, albúmina, ácidos grasos libres, creatina cinasa, Na^+ , K^+ y Cl^-) se analizaron en los días 3, 12 y 21 de la lactancia. El equilibrio ácido-base (pH, pCO_2 , HCO_3^- y exceso de base) se analizó considerando la toma de muestra sanguínea obtenida al día 12 posparto. Además, se registró el consumo diario de alimento de la cerda restando el alimento rechazado al ofrecido, la ganancia diaria de peso de la camada y el número de cerdos destetados.

Todos los datos se analizaron utilizando el procedimiento GLM del SAS,⁴¹ con la cerda como unidad experimental. El modelo de mediciones repetidas fue utilizado para determinar el efecto de los tratamientos sobre los analitos sanguíneos; mientras que para las variables relacionadas con el comportamiento productivo de la cerda y su equilibrio ácido-base en la sangre, se analizaron con un diseño completamente aleatorizado. El peso corporal de la cerda al parto y el tamaño de camada se utilizaron como covariables para el análisis del cambio de peso y grasa dorsal, consumo de alimento de la cerda y ganancia de peso de la camada. El valor de $P < 0.05$ y el análisis de varianza fue utilizado para determinar las diferencias significativas entre los grupos experimentales.

RESULTADOS

Comportamiento productivo de la hembra

Los resultados del efecto de la adición de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en la dieta de cerdas lactantes de primer parto, sobre su comportamiento productivo, se muestran en el Cuadro 1.

Respecto a la variable consumo diario de alimento, las cerdas del presente estudio a las que se les ofreció una dieta adicionada con 5% y 1% de bicarbonato de sodio (0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente) mostraron un incremento ($P < 0.001$) del 17.8% y 14.7%, respectivamente, comparado con el registrado por las cerdas del grupo Control (4.28 kg vs. 5.21 kg y 5.02 kg de alimento consumido por día por cerdas del grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente). A pesar del mayor consumo de alimento en los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , esta variable no se vio reflejada en las demás variables del comportamiento productivo de la cerda y su camada.

Referente a la pérdida de peso registrada por las cerdas del presente estudio, las hembras que consumieron las dietas adicionadas con NaHCO_3 no mostraron ($P < 0.496$) una menor pérdida de peso corporal, comparadas con las cerdas del grupo Control (9.25 kg, 8.19 kg y 7.68 kg de peso perdido para cerdas del grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente). Así mismo, el cambio en la profundidad de la grasa dorsal a nivel de la décima costilla (3.39 mm, 2.46 mm y 2.52 mm de grasa dorsal movilizados para cerdas del grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente) y última costilla (2.49 mm, 2.61 mm y 2.35 mm de grasa para Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente) no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre los grupos evaluados. Similarmente, la variable ganancia de peso de la camada fue semejante en el grupo Control como en los grupos con NaHCO_3 (30.48 kg, 33.63 kg y 30.25 kg, de ganancia de peso para el grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente).

La mortalidad de lechones durante la lactancia (21 días) no tuvo diferencia al adicionar el bicarbonato de sodio a la dieta de las cerdas utilizadas en este trabajo (0.36, 0.36 y 0.37 lechones muertos en cerdas del grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente).

Equilibrio ácido-base

El efecto de la adición de NaHCO_3 en la dieta de cerdas lactantes sobre el equilibrio ácido-base en sangre venosa es mostrado en el Cuadro 2.

La adición de la sal de bicarbonato de sodio durante la lactancia, incrementó el pH sanguíneo ($P < 0.08$) a 7.401 y ($P < 0.020$) a 7.416 en los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente, comparados con el pH (7.36) registrado por las hembras del grupo Control. A pesar del incremento en los valores de pH en los grupos de cerdas que consumieron bicarbonato de sodio en la dieta, los parámetros restantes del equilibrio ácido-base no mostraron diferencia con respecto a los obtenidos por las cerdas del grupo Control (Cuadro 2).

El valor de la presión parcial de bióxido de carbono (pCO_2) en cerdas del grupo Control fue 14.7% y 15.4% mayor que la obtenida por aquellas de los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente, no mostró diferencia estadística ($P < 0.089$) (45.14 mmHg, 38.50 mmHg y 38.16 mmHg, para el Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente). Asimismo, el consumo de alimento con bicarbonato de sodio por la cerdas de los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 no aumentó ($P > 0.05$) el bicarbonato (HCO_3^-) en sangre (25.62 mmol/l, 27.48 mmol/l y 28.15 mmol/l para el grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente). Igualmente, el exceso de base, a pesar de un incremento numérico en los grupos de cerdas que consumieron las dietas con NaHCO_3 , no mostró diferencia ($P > 0.05$) comparados con el exceso de base obtenido por las cerdas del grupo Control.

Analitos sanguíneos

Los resultados de los analitos en suero sanguíneo evaluados en el presente estudio se muestran en el Cuadro 3. El análisis de estos analitos se realizó, comparando los valores de los mismos entre tratamientos pertenecientes al mismo día de lactancia (3, 12 21 días) y entre días en un mismo grupo experimental.

Los valores de glucosa en los grupos experimentales evaluados no mostraron ser diferentes ($P > 0.05$) en ninguno de los días evaluados en el periodo de lactancia; tampoco se registró diferencia significativa cuando se compararon los valores obtenidos en los diferentes días al interior de cada grupo experimental. Los valores de urea al interior de cada grupo, no mostraron diferencia. Sin

embargo, la urea registró un incremento ($P < 0.01$) a la mitad de la lactancia (12 días) en los grupos de cerdas que consumieron una dieta adicionada con 0.5% y 1% de bicarbonato de sodio (4.66 mmol/l vs. 5.92 mmol/l y 5.87 mmol/l, de urea para grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente). Este incremento se mantuvo hacia el final de la lactancia (21 días) (4.55 mmol/l vs. 5.78 mmol/l y 5.66 mmol/l de urea, para cerdas del grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente).

Respecto a los analitos, proteínas-totales y albúmina en suero, los valores no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre los grupos de animales evaluados a lo largo de lactancia; así mismo, estas variables tampoco se mostraron diferentes al compararlos hacia el interior de cada grupo. Concerniente a los triglicéridos, la adición de bicarbonato de sodio no produjo cambios significativos ($P > 0.05$) en el valor de este analito, en comparación con los valores del grupo Control. Similarmente, la enzima creatin cinasa no mostró cambios ($P > 0.05$) entre los grupos de cerdas evaluados en este estudio.

Los resultados de los electrolitos Na^+ , K^+ y Cl^- son presentados en el Cuadro 3. La adición de bicarbonato de sodio al 1% en la dieta incrementó ($P < 0.05$) la concentración de sodio, comparado con lo observado en las cerdas que consumieron la dieta adicionada con 0.5% de bicarbonato de sodio (143.25 mmol/l vs. 140.23 mmol/l, respectivamente), únicamente a la mitad del periodo de lactancia (día 12). La comparación de las concentraciones de sodio en suero al interior de cada tratamiento, no mostró diferencia en el grupo de cerdas que consumieron la dieta sin bicarbonato de sodio, al igual que en aquellas que consumieron la dieta adicionada con la sal.

La concentración de potasio en suero no reveló modificaciones en las cerdas que consumieron las dietas adicionadas con bicarbonato de sodio, comparadas con aquellas del grupo Control. Por otra parte, tampoco se observaron diferencias en las concentraciones de este electrolito al interior de los grupos de cerdas evaluados. Referente al ion cloro, el consumo de las dietas con NaHCO_3 no alteró ($P > 0.05$) los niveles de dicho anión cuando se comparan con los niveles registrados por cerdas del grupo Control. Así mismo, los valores al interior de cada tratamiento permanecieron sin cambio ($P > 0.05$) tanto en las cerdas del grupo Control como en sus contrapartes.

Concerniente a los ácidos grasos libres, las dietas adicionadas con 0.5% y 1% de bicarbonato de sodio, redujeron ($P < 0.01$) la concentración de éstos en más del 80% con respecto a los valores obtenidos en cerdas del grupo Control (0.617 mmol/l vs. 0.074 mmol/l y 0.127 mmol/l, para grupo Control, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente), en el día 12 del periodo de lactancia (Cuadro 3). Contrario al día 12 de lactancia, en el día 21, las cerdas que consumieron la dieta adicionada con 0.5% de bicarbonato de sodio, incrementaron ($P < 0.01$) la concentración de los ácidos grasos libres comparado con aquellas del grupo 1% NaHCO_3 (0.533 mmol/l vs. 0.31 mmol/l, para 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente).

Acerca de lo observado al interior de cada tratamiento, los ácidos grasos libres tuvieron un comportamiento diferente, en el grupo Control se obtuvo un mayor incremento ($P < 0.01$) en el día 12 de lactancia; mientras en el grupo 0.5% NaHCO_3 , dicho incremento ($P < 0.01$) se registró al día del destete (0.158 mmol/l, 0.074 mmol/l vs. 0.533 mmol/l, para el día 3, 12 y 21 de lactancia, respectivamente). Sin embargo, en las cerdas que consumieron la dieta de lactancia con 1% de bicarbonato de sodio, los niveles de los ácidos grasos libres permanecieron sin cambio ($P > 0.05$) durante los tres días de muestreo (0.212, 0.127 y 0.131, para los días 3, 12 y 21, respectivamente).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo, la adición de bicarbonato de sodio al 0.5% y 1% en la dieta de las cerdas lactantes, incrementó en un 17.8% y 14% el consumo de alimento, respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Bonsembiante *et al.*,²⁷ quienes al incluir NaHCO_3 en la dieta, incrementaron el consumo de alimento en cerdos durante la etapa de finalización, mejorando también su conversión alimenticia. En otro estudio de estos investigadores,⁴⁰ similarmente con la adición de bicarbonato de sodio en 1% en la dieta, incrementaron el consumo de alimento de las cerdas durante el periodo de lactancia. A este respecto, la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de pollos de engorda ha sido utilizada para incrementar el consumo de alimento en estados de estrés por calor.

En los estudios de Bonsembiante *et al.*^{27, 40} la adición de esta sal tuvo un efecto similar al de pollos, pues los estudios se realizaron bajo una temperatura (26°C) por arriba del confort térmico de las cerdas en maternidad.^{6, 14} Sin embargo, la temperatura promedio (21°C) en el presente estudio estuvo en los límites superiores del confort térmico. A pesar del resultado positivo sobre el consumo de alimento en este trabajo, De Rouche *et al.*⁴⁷ no encontraron incremento en el consumo de alimento en cerdas lactantes mantenidas en ambiente termoneutral, al incrementar el balance electrolítico con la adición de NaHCO_3 en la dieta. Por otra parte, Dourmand y Lebret⁴² no encontraron diferencia en este parámetro productivo, adicionando similares porcentajes de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdos en crecimiento y finalización.

Posiblemente la diferencia en los resultados sobre el consumo de alimento con el presente trabajo, se deba a que De Rouche *et al.*⁴⁷ utilizaron cerdas de un promedio de 2.2 partos, lo cual puede marcar la diferencia en la ingesta diaria de alimento en esta etapa; por otra parte, el trabajo de Dourmand y Lebret⁴² se realizó en cerdos en crecimiento y finalización, los cuales tienen diferente patrón de consumo de alimento.

A pesar del incremento en el consumo de alimento por parte de las cerdas de los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , la adición del bicarbonato de sodio, solamente disminuyó de manera numérica ($P < 0.496$) la pérdida de peso de las cerdas al final de la lactancia (9.25kg, 8.19kg y 7.68kg, para el grupo C, 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , respectivamente) y no disminuyó la movilización de grasa

dorsal. Así mismo, la ganancia de peso de la camada no se vio afectada por la adición de la sal de bicarbonato de sodio en la dieta. Estos resultados difieren de los encontrados por Bonsembiante *et al.*,⁴⁰ quienes al aportar a la dieta un 1% de NaHCO₃, además de observar un mejor consumo de alimento en cerdas lactantes, hubo una reducción ($P < 0.05$) en la pérdida de peso corporal y ligero aumento en los lechones al destete.

El incremento en el consumo de alimento en cerdas suplementadas con bicarbonato de sodio, puede ser explicado por el balance electrolítico contenido en estas dietas. Existen evidencias en la literatura que señalan que una disminución del balance electrolítico de la dieta ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$, mEq/kg) puede provocar una disminución en el consumo de alimento en pollos²² y cerdos.²⁵ Las dietas utilizadas en el presente estudio contenían un balance electrolítico de 170 mmol/kg, 230 mmol/kg y 300 mmol/kg, para la dieta del grupo Control, 0.5% NaHCO₃ y 1% NaHCO₃, respectivamente. Similares valores de balance electrolítico (150, 210 y 270 mmol/kg de alimento)⁴² en cerdos en crecimiento-finalización, no mostraron diferencia en el consumo de alimento; sin embargo, la diferencia con nuestros resultados se puede deber al diferente patrón de consumo de alimento que hay entre cerdos para abasto y hembras lactantes, dado por sus diferentes necesidades metabólicas.³

En el estudio de Bonsembiante *et al.*,⁴⁰ el balance electrolítico de la dieta de lactancia fue de 199 mmol/kg y 245 mmol/kg; estos investigadores sólo encontraron una tendencia a un mayor consumo de alimento en aquellas cerdas a las que se les ofreció la dieta con 1% de bicarbonato de sodio. Este mayor balance electrolítico de la dieta sin bicarbonato, con respecto al obtenido en nuestro estudio puede marcar la diferencia en el consumo de alimento de cerdas de los grupos con bicarbonato de sodio. Por otra parte, Yen *et al.*,⁴³ y Dersjant-Li *et al.*,⁴⁴ explican que, la disminución en el consumo de alimento puede deberse a que los cerdos alimentados con una dieta con bajo balance electrolítico (< -100 mmol/kg) incrementan la concentración de Cl en plasma y por consiguiente disminuyen el pH sanguíneo, ocasionando un estado de acidosis. Sin embargo, en el presente estudio el pH de las cerdas del grupo Control, a pesar de mostrar diferencia ($P < 0.002$) con respecto a las cerdas de los grupos restantes, sus valores de pH no indican un estado de acidosis metabólica.⁴⁵

Dove y Haydon⁴⁶ no encontraron una mejora en la ganancia de peso y sobrevivencia de la camada cuando el balance electrolítico de la dieta de lactancia

se incrementó de 130 mmol/kg a 250 mmol/kg. En otro estudio⁴⁷ el cambio del balance electrolítico de la dieta de 0 mmol/kg a 500 mmol/kg, no afectó la ganancia de peso de la camada. La pérdida de peso corporal, grasa dorsal y ganancia de peso de la camada, obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los resultados de De Rouchey *et al.*⁴⁷

Por otra parte, el balance electrolítico de las dietas en este estudio estuvo en un rango intermedio de aquel utilizado en el estudio anteriormente citado. Además, el no encontrar mejoría en las variables antes mencionadas, con la adición de NaHCO₃, posiblemente se deba a que el número de cerdos por camada (8) no exigió una gran demanda de las reservas corporales de las cerdas para soportar el crecimiento de sus camadas. Lo anterior hace pensar que si el tamaño de camada hubiese sido mayor, posiblemente el mayor consumo de alimento registrado por la cerdas de los grupos 0.5% NaHCO₃ y 1% NaHCO₃ se hubiese reflejado con mayor significancia en la variable pérdida de peso corporal y movilización de grasa dorsal durante la lactancia. Esta posibilidad puede sustentarse con el estudio realizado por Kim *et al.*³⁶ quienes al restringir a cuatro kilogramos el alimento ofrecido por día, observaron una similar pérdida de peso corporal y grasa dorsal de las cerdas con un número de siete, ocho, nueve y diez lechones por camada; siendo mayor ($P < 0.05$) el peso perdido en la lactancia (21 días) en cerdas con una tamaño de camada con once lechones que en aquellas con sólo ocho cerdos por camada. Desafortunadamente, el efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de las cerdas no pudo ser observado con un mayor tamaño de camada, pues es una práctica de manejo en la granja donde se realizó este estudio, dejar con ocho o nueve lechones a las cerdas de primer parto.

Valores de pH menores a 7.0 o mayores a 7.7 en sangre pueden causar la muerte⁴⁸ por lo tanto, el pH está estrictamente regulado. En nuestro experimento, el pH se incrementó ($P < 0.02$) de 7.36 a 7.41 con la adición de 1% de bicarbonato de sodio en el alimento de las cerdas. El cambio del balance electrolítico de la dieta influyó en la concentración de H⁺ en la sangre de las cerdas lactantes, sin embargo no se observaron cambios en el temperamento de las hembras indicativos de alguna alteración del estado metabólico. Por otra parte, el valor de pH obtenido en las cerdas que consumieron las dietas con o sin bicarbonato de sodio, se encuentra en el rango de valores de referencia de pH para las especies domésticas (7.35-7.45).⁴⁹ Los restantes parámetros del equilibrio ácido-base de la sangre (pCO₂, HCO₃⁻ y exceso de base) no tuvieron modificaciones significativas

($P > 0.05$) en las cerdas, al consumir alimento con bicarbonato de sodio, posiblemente debido a que los valores de pH obtenidos no ocasionaron que los animales tuvieran que hacer modificaciones homeostáticas, incrementando o disminuyendo el CO_2 y demás parámetros del equilibrio ácido-base en sangre, de cerdas que consumieron NaHCO_3 en la dieta o en aquellas del grupo Control, respectivamente.

En trabajos anteriores^{42, 47} el incremento del balance electrolítico de cero a 500 mmol/kg en dietas de cerdas lactantes, aumentó el pH de 7.33 a 7.43, respectivamente; sin embargo, este incremento del pH no fue indicativo de un problema o mejora del estado metabólico de las cerdas. Por otra parte, Dourmand y Lebre⁴² no observaron cambios en el equilibrio ácido-base de la sangre ni en el comportamiento productivo de cerdos en desarrollo y finalización con el cambio de 150 mmol/kg a 270 mmol/kg.

La glucosa es la principal fuente de energía para los tejidos y deriva de la dieta y de la glucogénesis hepática. La concentración de glucosa sérica en las cerdas del presente estudio correspondió con el rango de valores determinados en la literatura.⁵⁰ La concentración de glucosa en plasma en otros estudios,⁵¹ donde a las cerdas se les restringió el consumo de alimento en menor cantidad, comparadas con el grupo Control de este trabajo, no se encontró diferencia en los valores de glucosa sanguínea. El no encontrar diferencia en los valores de glucosa, posiblemente se deba a que las cerdas tenían libre acceso a la dieta de lactancia, lo que les permitió mantener su concentración de glucosa entre el rango de valores de referencia al consumir de forma constante dichas dietas. Además, en este trabajo se les ofreció alimento tres veces al día, durante el periodo de lactancia, lo cual representa un estímulo para el consumo de alimento por parte de la cerda.

La urea, es un metabolito resultado del catabolismo de proteínas tisulares o provenientes de la dieta. Este analito ha sido sugerido como indicador del grado de movilización de tejido muscular en otros estudios.^{47, 51} Los valores obtenidos de urea sérica en este trabajo, se encuentran dentro de los rangos descritos en la literatura.⁵⁰ Sin embargo, las cerdas que consumieron las dietas con NaHCO_3 tuvieron un nivel mayor ($P < 0.019$) a las cerdas del grupo Control.

Estos resultados, pueden ser explicados, en su mayoría al incremento ($P < 0.05$) en un 15% en el consumo de alimento registrado por las cerdas de los grupos 0.5% NaHCO_3 y 1% NaHCO_3 , comparado con aquellas del grupo Control; a

este respecto, Wilson *et al.*⁵² mencionan que los cerdos que consumen mayor cantidad de proteína, incrementan su valor de urea plasmática. Además, dicha hipótesis puede sustentarse con la enzima creatina cinasa, cuyas actividades en suero no fueron indicativas de un incremento en la movilización de tejido muscular a favor de alguno de los grupos de cerdas del presente estudio. Por otra parte, la pérdida de peso corporal tampoco fue significativamente menor en las cerdas de los grupos con bicarbonato de sodio.

Respecto a los valores de proteínas totales y albúmina, obtenidos en el presente estudio, no mostraron diferencia entre los grupos experimentales. Kaneko *et al.*⁵⁰ mencionan que dichos analitos pueden alterarse por una nutrición deficiente en proteínas o por problemas de mala absorción intestinal, insuficiencia renal y deshidratación; clínicamente, sin embargo, ninguno de estos casos se observó en las cerdas de este estudio.

Los ácidos grasos libres han sido propuestos como analitos indicativos del grado de movilización de grasa corporal.^{50, 51} A pesar de no encontrar diferencias estadísticas en la grasa dorsal medida a nivel de la décima y última costilla, los valores de los ácidos grasos libres indican una mayor ($P < 0.019$) movilización de tejido graso en aquellas cerdas del grupo Control a partir de la mitad (día 12) del periodo de lactancia. Este incremento pudo ser resultado de un menor consumo de alimento por parte de estas cerdas. A este respecto, resultados similares fueron encontrados por Baidoo *et al.*⁵¹ en cerdas con consumo restringido a 3 kg /día durante la lactancia, comparado con cerdas alimentadas a libre acceso. Además, en un estudio realizado por Kim *et al.*,⁹ se observó que cerdas con un bajo consumo de alimento y tamaños de camada grandes, movilizan nutrientes a partir de diferentes órganos corporales.

El aporte del 1% de bicarbonato de sodio en la dieta, incrementó la concentración de sodio sérico, comparado con los valores de cerdas del grupo 0.5% NaHCO_3 , únicamente en el día 12 de la lactancia. Estos resultados concuerdan con lo reportado por otros investigadores^{53, 54} quienes al incrementar el balance electrolítico de la dieta de cerdos por medio de la adición de bicarbonato de sodio, observaron también, un incremento en los valores de sodio en sangre. Sin embargo, las concentraciones de sodio encontrados en este estudio, concuerdan con los valores encontrados en la literatura.⁵⁰

CONCLUSIÓN

En la actualidad el avance genético en la industria porcina ha propiciado una mayor eficiencia en las características productivas, incluyendo una disminución en el consumo de alimento. El incremento en la prolificidad de las cerdas combinado con una disminución en el consumo de alimento, propicia un mayor desgaste corporal si se descuida el estímulo en el consumo de alimento principalmente en las cerdas de primer parto. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, la adición de bicarbonato de sodio en la dieta (incremento del balance electrolítico) representa una estrategia más para estimular el consumo en la cerda durante la lactancia, sin alterar sus análisis sanguíneos ni comprometer el equilibrio ácido-base de la sangre.

Cuadro 1. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas primerizas durante la lactancia, sobre su comportamiento productivo

Variable	Tratamientos			P <
	Control n = 12	0.5% NaHCO ₃ n = 12	1% NaHCO ₃ n = 12	
CDA, kg	4.28±0.23 ^a	5.21±0.21 ^b	5.02±0.24 ^b	0.001
PPC, kg	9.25±1.55 ^a	8.19±1.46 ^a	7.68±1.62 ^a	0.496
GDPCam, kg	1.75±0.12 ^a	1.61±0.11 ^a	1.55±0.12 ^a	0.216
Mortalidad	0.36±0.16 ^a	0.36±0.15 ^a	0.37±0.16 ^a	0.970
P2 10 ^a Costilla, mm	2.49±0.36 ^a	2.61±0.36 ^a	2.35±0.40 ^a	0.641
P2 13 ^a Costilla, mm	3.39±0.41 ^a	2.46±0.40 ^a	2.52±0.45 ^a	0.181

CDA: consumo diario de alimento; PPC: pérdida de peso corporal; GDPCam: ganancia diaria de peso de la camada; P2 10^a y P2 13^a, grasa dorsal medida a nivel de la décima y última costilla, respectivamente.

^{a, b} Medias con distinta literal en un mismo renglón muestran diferencia estadística.

Cuadro 2. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas primerizas durante la lactancia, sobre el balance ácido base de la sangre

Variable	Tratamientos			P <
	Control n = 12	0.5% NaHCO ₃ n = 12	1% NaHCO ₃ n = 12	
pH	7.36±0.01 ^a	7.40±0.01 ^{a, b}	7.41±0.01 ^b	0.020
PCO ₂ , mm Hg	45.14±2.7 ^a	38.50±2.9 ^a	38.16±2.9 ^a	0.089
HCO ₃ ⁻ , mmol/l	25.62±1.5 ^a	27.48±1.7 ^a	28.15±1.7 ^a	0.163
EB, mmol/l	0.68±0.68 ^a	1.83±1.5 ^a	2.11±1.5 ^a	0.406

pH: pH de sangre; pCO₂: presión parcial de oxígeno; HCO₃⁻: bicarbonato; EB: exceso de base en sangre.

^{a, b} Medias con distinta literal en un mismo renglón muestran diferencia estadística.

Cuadro 3. Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la dieta de cerdas de primer parto durante la lactancia, sobre analitos en suero sanguíneo

Variable	Control*			0.5% NaHCO ₃			1% NaHCO ₃			P<		
	3	12	21	3	12	21	3	12	21	SE	a, b	A, B
Glucosa, mmol/l	4.67 ^a	4.65 ^a	4.41 ^a	5.05 ^a	5.15 ^a	4.42 ^a	5.06 ^a	4.80 ^a	4.40 ^a	0.25	0.207	0.32
Urea, mmol/l	5.26 ^a	4.66 ^b	4.55 ^b	6.13 ^a	5.92 ^a	5.78 ^a	5.44 ^a	5.87 ^a	5.66 ^a	0.37	0.019	0.26
Proteínas totales, g/l	71.76 ^a	68.69 ^a	67.66 ^a	68.53 ^a	70.58 ^a	68.53 ^a	68.30 ^a	70.30 ^a	67.70 ^a	2.0	0.553	0.19
Albumina, g/l	36.01 ^a	35.15 ^a	34.58 ^a	36.53 ^a	36.15 ^a	35.20 ^a	34.7 ^a	36.0 ^a	34.3 ^a	4.7	0.660	0.28
Triglicéridos, mmol/l	0.503 ^a	0.323 ^a	0.375 ^a	0.497 ^a	0.583 ^a	0.595 ^a	0.643 ^a	0.463 ^a	0.453 ^a	0.11	0.531	0.36
Creatina Cínasa, UI	2023 ^a	1555 ^a	1052 ^a	1228 ^a	1297 ^a	1713 ^a	1853 ^a	1461 ^a	1270 ^a	407	0.496	0.10
AGL, mmol/l	0.157 ^b	0.617 ^b	0.249 ^{ab}	0.158 ^b	0.074 ^b	0.533 ^a	0.212 ^a	0.127 ^a	0.131 ^a	0.11	0.019	0.02
Na ⁺ , mmol/l	142.73 ^a	142.23 ^{ab}	142.50 ^a	142.79 ^a	140.43 ^b	142.06 ^a	143.45 ^a	143.25 ^a	142.85 ^a	0.76	0.041	0.13
K ⁺ , mmol/l	4.58 ^a	4.30 ^a	4.37 ^a	4.47 ^a	4.39 ^a	4.45 ^a	4.50 ^a	4.42 ^a	4.42 ^a	0.11	0.830	0.15
Cl ⁻ , mmol/l	101.34 ^a	101.34 ^a	100.52 ^a	101.25 ^a	100.02 ^a	101.68 ^a	100.94 ^a	101.19 ^a	101.63 ^a	0.79	0.594	0.27

AGL: ácidos grasos libres

*La dieta Control no incluyó o la adición de NaHCO₃, la dieta 0.5% NaHCO₃ y 1% NaHCO₃ fueron adicionadas con 0.5% y 1% de bicarbonato de sodio sobre el total de la dieta.

a, b Distintas literales en la misma fila y correspondientes al mismo día, muestran diferencia estadística P < 0.05

A, B Distintas literales en la misma fila y en el mismo tratamiento muestran diferencia P < 0.05

BIBLIOGRAFÍA

1. Aumaitre AL, Dourmand JY, Dagorn J. Management system for high productivity of sows in Europe. *Pigs News and Information* 2000;21:389N-398N.
2. Newton B (1999). Los retos en la alimentación de la cerda moderna. *Cerdos-Swine*.16:3-6
3. Whittemore C. *The Science and Practice of Pig Production*. Blackwell Science. London, 1993.
4. Musfeldt R (2001). Alimentación y manejo del lechón y la cerda madre. *Cerdos-Swine* 40: 12-14.
5. Batista GL (1977) Evaluación de un sistema de destete temprano a través de la informática. Seminario sobre actualidades del destete temprano; julio 25-27; La Piedad Michoacán México. LADISA SA de CV. pp2-7.
6. Prunier A, Messias de Braganca M, Le Dividich J. Influence of high ambient temperature on performance of reproductive sows. *Livestock Prod Sci* 1997;52: 123-133.
7. Revell DK, Williams IH, Mullan BP, Ranford JL, Smits RJ. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, *weJ Anim Sci* 1998;76:1729-1737.
8. Dourmand JY, Noblet J, Etienne M. Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance, and body composition changes of sows during lactation. *J Anim Sci* 1998;76:542-550.
9. Kim SW, Easter RA. Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactating sows. *J Anim Sci* 2001;79:2179-2186.
10. Kerr JC, Cameron ND. Responses in gilt post-farrowing traits and pre-weaning piglet growth to divergent selection for components of efficient lean growth rate. *Anim. Sci.* 1996;63:523-531.
11. Cameron, N. D., J. C. Kerr, G. B. Garth, R. Fenty, and A. Peacock. 2002. Genetic and nutritional effects on lactational performance of gilts selected for components of efficient lean growth. *Anim. Sci.* 74:25-38.
12. Mullan BP, Williams IH. The chemical composition of sows during their first lactation. *Anim Prod* 1990; 51:375-387.
13. Koketsu Y, Gary DD, Pettigrew JE, Marsh WE, King VL. Influence of imposed feed intake patterns during lactation on reproductive performance and on

- circulating levels of glucose, insulin, and luteinizing hormone in primiparous sows. *J Anim Sci* 1996;74:1036–1046.
14. Eissen JJ, Kanis E, Kemp B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livestock Prod Sci* 2000;64:147-165.
 15. Auldish DE, King RH. Piglets role in determining milk production in the sow. *Australasian Pig Sci Association* 1995:114-118
 16. King RH, Toner MS, Dove H. Pattern of milk production in sows. E.S. Batterham (ed) Manipulation of pig production. *Australasian Pig Sci. Association* 1989: 98.
 17. Noblet J, Etienne M. Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. *J Anim Sci.* 1986;63:1888-1896.
 18. Reese DE, Moser BD, Peo ER, Lewis AJ, Zimmerman DR, Kinder JE, Stroup WW. Influence of energy intake during lactation on the interval from weaning to first estrus in sows. *J Anim Sci* 1982;55:590-598.
 19. Jones DB, Stahly TS. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows. *J Anim Sci* 1999;77:1513-1522.
 20. Koketsu Y, Dial GD, Pettigrew JE, King VL. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *J Anim Sci* 1996a;74:2875-2884.
 21. Kyriazakis I. A quantitative biology of the pig. CABI (ed). New York. 1999: 155
 22. Mongin P. Recent advances in dietary anion-cation. Effect of dietary fermentable carbohydrates on the pH of balance: Application in poultry. *Proc. Nutr. Soc.* 1981;40, 285–294.
 23. Chiu YN, Austic RE, Rumsey GL. Effect of dietary electrolytes and histidine on histidine metabolism and acid-base balance in rainbow trout (*Salmon gaidneri*). *Comp.Biochem. Physiol.* 1984;78B:777.
 24. Block E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J.Dairy Sci.* 1984;67:2939
 25. Yen JT, Pond WG, Prior RL. Calcium chloride as a regulator of feed intake and weight gain in pigs. *J. Anim. Sci.* 1981;52:778–782.
 26. Patience JF, Austic re, Boyd RD. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swine. *J Anim Sci* 1987;64:457-466.

27. Bonsembiante M, Chiericato GM, Rizzi C. The effect of sodium bicarbonate and electrolyte balance on the performance of finishing heavy swine. *Rivista-di-Suinicoltura* 1994;35:63-69.
28. Patience JF. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. *J Anim Sci* 1990;68:398-408.
29. Sauver B, Mongin P. *Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique*, 1978;18, 87-98.
30. Patience J F, Wolynetz MS. Influence of dietary undetermined anion on acid-base status and performance in pigs. *J. Nutr.* 1990;120:579-587.
31. Haydon K D, West JW, Newton GL, Dove CR. Effect of varying dietary electrolyte balance on performance and blood components of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. *J. Anim. Sci.* 1989 ;67(Suppl. 1):254 (Abstr.).
32. Muller MJ, Paschen U, Seitz HJ. Effect of ketone bodies on glucose production and utilization in the miniature pig. *J Clin Invest* 1984;74:249-261.
33. Madubuike FN. Nutritional interrelationships of minerals and basic amino acids in growing pigs. Ph.D. Thesis. Cornell Univ., Ithaca, NY. 1980.
34. Mullan BP. The catabolism of fat and lean by sows during lactation. *Pigs New Inf.* 1991;12:221-225.
35. Kim SW, Hurley WH, Han IK, Easter RA. Growth of nursing piglets related to the characteristics of nursed mammary gland. *J Anim Sci* 2000;78:1313-1318.
36. Brosnan JT, Brosnan ME. Dietary protein, metabolic acidosis, and calcium balance. In H. H. Draper (ed) *Advances in nutrition research*. NY; 1982:75-105.
37. Halperin ML, Jeejeebhoy KN, Levine DZ. Acid-base, fluid and electrolyte aspects of parenteral nutrition. In J.P. Kokko(ed) Philadelphia. 1986.
38. Hannaford MC, Goldstein MB, Josse RG, Halperin ML. Role of acidosis in the protein wasting of fasting in the rat and the rabbit. *Can J Physiol Pharmacol* 1982;60:331.
39. Gougeon R, Marliss EB. Effects of sodium bicarbonate on nitrogen metabolism and ketone bodies during very low energy protein diets in obese subjects. *Metabolism* 1989;38 (12):1222-1230.
40. Bonsembiante M, Chiericato GM, Rizzi Ch. L'impiego del bicarbonato di sodio in razioni per scrofe in gestazione e in allattamento. *Revista DI Suinicoltura.* 1994;7 :1-7.
41. SAS. *SAS User's Guide: Statics*. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 1988.

42. Dourmand JY, Lebret B. Influence de l'incorporation de bicarbonate de sodium dans l'aliment sur les performances du porc a l'engraissement. Journées Rech. Porcine en France. 2000,32:163-168.
43. Yen JT, Pond WG, Prior RL. Calcium chloride as a regulator of feed intake and weight gain in pigs. J. Anim. Sci. 1981;52:778-782.
44. Dersjant-Li Y, Verstegen MWA, Jansman A, Schulzes H, Schrama JW, Verreth JA. Changes in oxygen content and acid-base balance in arterial and portal blood in response to the dietary electrolyte balance in pigs during a 9-h period after a meal. J. Anim. Sci. 2002 ;80 :1233-1239.
45. Loeb WF, Quimby FW. The clinical chemistry of laboratory animals. Taylor&Francis. Second edition; Philadelphia, USA. 1999.
46. Dove CR and Haydon KD. The effect of various diet nutrient densities and electrolyte balances on sow and litter performance during two seasons of the year. J. Anim. Sci. 1994;72:1101-1106.
47. De Rouchev JM, Hancock JD, Hines RH, Cummings KR, Lee DJ, Maloney CA, Dean DW, Park JS, Cao H. Effects of dietary electrolyte balance on the chemistry of blood and urine in lactating sows and sow litter performance. J. Anim: Sci. 2003;81:3067-3078.
48. Seldin DW and Giebisch G. The regulation on acid-base balance. Raven Press, 1989. NY, USA
49. Siggaard-Andersen O. The acid-base status of the blood. 4 ed. Munksgaard, Copenhagen; 1974.
50. Kaneko JJ, Harvey WJ, Bruss LM. Clinical biochemistry of domestic animals. 5a. ed. Academic Press, 1997. San Diego, C. USA.
51. Baidoo SK, Lythgoe ES, Kirkwood RN, Aherne FX, Foxcroft GR. Effect of lactation feed intake on endocrine status and metabolite levels in sows. Can. J. Anim. Sci. 1992;72:799-807.
52. Wilson JD, Dhall DP, Simeonovic CJ, Lafferty KJ. A review of factors affecting blood biochemistry in the pig. British Veterinary Journal. 1972;128:596-610.
53. Patience JF, Chaplin RK,. The relationship among dietary undetermined anion, acid-base balance, and nutrient metabolism in swine. J. Anim. Sci. 1997;75:2445-2452.
54. Haydon KD, West JW. Effect of dietary electrolyte-balance on nutrient digestibility determined at the small intestine and over the total digestive tract in growing pigs. J. Anim. Sci. 1990;68:3687-3693.