

Revista Electrónica Nova Scientia

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche
Effect of addition of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) to the diet of lactating sows on the production and quality of milk

Ruy Ortiz-Rodríguez¹, Alejandro Orozco-Gaspar², Daniel Val-Arreola³, Liberato Portillo-Martínez⁴ y Rosa E. Pérez Sánchez²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán

²Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarimbaro, Michoacán

⁴Centro Universitario Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco

México

Rosa Elena Pérez Sánchez. E-mail: rosa_elenap@yahoo.com

Resumen

Se evaluó el efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche. 22 cerdas híbridas (Yorkshire x Landrace x Pietrain), próximas al parto fueron seleccionadas al azar, con las que se formaron dos grupos (G): G testigo (GT) (n=11) cerdas que recibieron alimento balanceado *ad libitum* y G experimental (GE) (n=11) cerdas que recibieron 1% d⁻¹ de nopal cerda⁻¹ (con respecto al peso corporal de la cerda antes del parto) más alimento balanceado *ad libitum* durante 21 días de lactación. Las variables evaluadas fueron: producción láctea en los días 6, 10 y 15 postparto, así como los porcentajes de: lactosa, proteína y grasa en leche en los días 3, 11 y 17 de lactación. La información recabada se analizó mediante la metodología de mediciones repetidas y las diferencias entre grupos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados. No se encontró efecto de grupo sobre la producción láctea (P = 0.4904). Sin embargo, el pico de producción láctea fue al 15^{vo} día de lactación: 9.1 y 8.7 kg de leche para GE y GT, respectivamente. Los promedios (%) generales de los componentes físico-químicos de la leche: lactosa (6.6±0.57), proteína (4.5±0.40) y grasa (7.9±1.6) no fueron afectados por el grupo (P>0.05). La adición de nopal a la dieta de cerdas lactantes no modifica la producción ni los componentes físico-químicos (proteína, lactosa y grasa) de la leche de las cerdas lo que asegura el desarrollo del lechón del nacimiento al destete (21 días de edad).

Palabras Clave: Alimentación; hipofagia lactacional; glucosa; lechón

Recepción: 16-11-16

Aceptación: 05-04-17

Abstract

It was evaluated the effect of adding prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) to lactating sow's diet on production and quality of milk. Twenty-two hybrid sows (Yorkshire x Landrace x Pietrain) close to farrowing were randomly selected and distributed in two groups (n=11): Control Group (GT) with a balanced concentrated *ad libitum* diet and Experimental Group (GE) with a 1% of prickly pear day⁻¹ sow⁻¹ (according to pre-farrowing sow's live weight) plus *ad libitum* balanced concentrated per 21 days of lactation. The variables evaluated were milk production on 6, 10 and 15d postpartum, as well as lactose, protein and fat percentages on 3, 11 and 17 d of lactation. The data were analyzed using repeated measures and the differences between groups were analyzed by least squares means. It was not observed differences among groups in milk production (P=0.4904), the milk production peak was observed at day 15 of lactation with 9.1 and 8.7kg for GE and GT, respectively. It was not observed effects of group on milk physical-chemical components: lactose (6.6±0.57), protein (4.5±0.40) and fat (7.9±1.6) (P>0.05). Adding prickly pears to lactating sows did not modify sow's milk production and physical-chemical components (protein, lactose and fat) which ensure the appropriated piglet development from birth to weaning (21days).

Keywords: Fed intake, hypophagia lactational, glucose, sucking pig

Introducción

La utilización de cerdos (*Sus scrofa domesticus*) mejorados genéticamente en los sistemas de producción porcina, tiene como objetivo incrementar la productividad del sistema de producción (mayor velocidad de crecimiento) y mejorar la calidad del producto (magrez de la canal) (Murillo *et al.*, 2013, 113). Sin embargo, las actuales líneas genéticas utilizadas en producción de cerdos, sobre todo las especializadas en velocidad de crecimiento, han mostrado problemas en la eficiencia reproductiva, puesto que en estas líneas genéticas se ha agudizado el fenómeno conocido como hipofagia fisiológica lactacional (Quesnel *et al.*, 2009, 533). Ésta condición provoca la disminución del consumo de alimento voluntario de las cerdas durante la primera semana de lactancia, para posteriormente restablecerse (Capdevila, 2006, 1). Al respecto, Kim y Wu (2008, 89) y Kim *et al.*, (2013, 2) establecieron que un menor consumo de alimento durante la fase de lactación afecta los indicadores productivos y reproductivos de las cerdas, manifestándose en una menor producción láctea, menor peso del lechón al destete, mayor pérdida de peso corporal de la cerda al destete, incremento en el intervalo destete-estro, así como, decremento en la fertilidad y prolificidad de las cerdas destetadas. Aspectos que repercuten negativamente en la productividad de los sistemas de producción e incrementan los costos de producción (Murillo *et al.*, 2013, 114).

La disminución del consumo de alimento de las cerdas, provocado por la hipofagia fisiológica lactacional, está ligado al cambio endocrinológico originado por la proximidad del parto y se acentúa, al inicio de la lactación (Cools *et al.*, 2013, 22; Pérez *et al.*, 2015, 146). Ante la proximidad del parto, se aumenta la concentración de glucosa sanguínea y, durante el parto, se incrementa la síntesis y liberación de estrógenos. Así, la combinación del incremento de la glucosa sanguínea y de estrógenos activan el mecanismo, a nivel hipotalámico, que estimula los receptores de proopiomelanocortina, principalmente MC3 y MC4 responsables de inhibir la sensación de apetito en las cerdas (Peré y Etienne, 2007, 109; Quesnel *et al.*, 2009, 539). Este mecanismo fisiológico es perfectamente soportado por hembras cuya selección no haya sido a través de indicadores tales como magrez y velocidad de crecimiento. Las hembras que poseen una aceptable cantidad de grasa dorsal (≥ 24 mm) toleran mejor la hipofagia fisiológica lactacional y su productividad subsiguiente al periodo de lactación no se ve tan afectada (Peré y Etienne, 2007, 109) como en aquellas hembras que genéticamente poseen menor grasa corporal (Murillo *et al.*, 2007, 384), esencial para enfrentar las consecuencias de una disminución del consumo de alimento voluntario durante la fase de lactación.

Entre las alteraciones metabólicas que afectan el consumo de alimento de las cerdas lactantes, destaca el incremento de sustratos energéticos (glucosa principalmente) a nivel sanguíneo, esenciales en esta fase para la síntesis y producción de leche (Valros *et al.*, 2003, 156; Quesnel *et al.*, 2009, 539). Motivo por el cual, el detrimento del consumo de alimento (hipofagia fisiológica lactacional) de las cerdas, durante la fase de lactancia, se seguirá presentando; debido a que es un efecto fisiológico inherente de la cerda.

Meunier *et al.*, (2001, 54) y Rajesh y Berrocoso (2016, 19) en investigaciones para mitigar la hipofagia lactacional en cerdas observaron efectos benéficos de la fibra dietética sobre el consumo de alimento en cerdas lactantes. Ello debido a los efectos favorables de la fibra dietética sobre el perfil metabólico, bacteriano, la fermentación, tiempo de tránsito de la ingesta, y, mayor capacidad de retención de agua (Serena *et al.*, 2007, 117); Rajesh y Berrocoso, 2016, 19). Otras estrategias implementadas para contrarrestar los efectos de la hipofagia fisiológica lactacional, se basan principalmente en: incrementar la energía y disminuir el volumen de proteína en las dietas o sustituir el almidón de cereales por almidón de guisantes más la adición de aminoácidos sintéticos en las dietas (Lovise *et al.*, 2013, 211) o incrementar lisina (1.10%) y proteínas (19.0%) en dietas de cerdas lactantes (Huang *et al.*, 2013, 483). Sin embargo, dichas estrategias han fracasado, puesto que no lograron controlar o manipular los efectos de la hipofagia fisiológica lactacional; ya sea, por ser económicamente inviables o por el hecho de que no resuelven el origen del problema: regulación de la glucosa sanguínea postparto (Péré y Etienne, 2007, 109).

En investigaciones recientes con cerdas híbridas (Yorkshire x Landrace x Pietrain) y en fase de lactación, se encontró que el consumo voluntario de alimento de éstas hembras se incrementó cuando se sometieron a una dieta complementada con nopal (*Opuntia ficus-indica*) (Ortiz *et al.*, 2014, 211); puesto que ésta cactácea posee propiedades hipoglucémicas e hipocolesterolemicas (Hwan *et al.* 2017). En investigaciones, la fibra dietética del nopal (*Opuntia spp*), se ha relacionado con una mejora en el metabolismo de la glucosa, debido a un efecto positivo sobre la síntesis de insulina (Núñez *et al.*, 2013, 10984). Por lo que, el consumo de nopal podría regular la glucosa sanguínea, aminorando la resistencia a insulina durante la fase de lactación y que en gran parte sería el factor de la presentación de la hipofagia fisiológica lactacional, en las cerdas (Péré y Etienne, 2007, 109; Mosnier *et al.*, 2010, 128).

Ortiz *et al.*, (2014, 216) observaron en cerdas lactantes que consumieron una dieta complementada con *O. ficus-indica* una disminución de los niveles de glucosa sanguínea (%), incremento del consumo de alimento voluntario de las cerdas hasta en 28% y menor pérdida de

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche

peso corporal ($\leq 10\%$) al término de la fase de lactancia. Sin embargo, se sabe que la modificación de la dieta de la cerda en fase de lactación, puede afectar la producción y calidad láctea (Shieck *et al.*, 2010, 2654; Loisel *et al.*, 2013, 5270) y, en consecuencia, el desarrollo del lechón, (Farmer y Quesnel, 2009, 59; Devillers *et al.*, 2011, 1605). Por ello, se debe tener en cuenta que, la inclusión de nopal a la dieta de cerdas lactantes puede afectar la producción y calidad de la leche, debido al efecto hipoglucémico e hipocolesterolemico que posee ésta catacea (Hwan *et al.* 2017). Si esto es así (cambio en la producción y calidad de la leche), sería nula la posibilidad de mejorar la productividad de la cerda, mediante esta estrategia. Puesto que, al cambiar la cantidad y calidad de la leche por efecto de la ingesta de nopal, se afectaría el desarrollo y la viabilidad de la camada. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de nopal (*O. ficus- indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en el Sector Porcino de la Posta Zootécnica perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicada en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, municipio de Tarimbaro, Michoacán, situada a 1,860 m snm, a 19° 40' 0" norte y 102° 9' 30" oeste, cuyas características climatológicas son: temperatura mínima de 25°C y máxima de 26,1°C; precipitación pluvial 609,0 mm; con heladas en diciembre y febrero (INEGI, 2010).

Se monitorearon 22 cerdas híbridas (Yorkshire x Landrace x Pietrain) con una edad promedio (medida en partos) de 4.0 ± 1.4 parto y con un peso promedio de 237.5 ± 32.5 kg, mismas que parieron en diferentes fechas; debido a la capacidad y características de la sala de maternidad donde fueron alojadas. Esta área solo permite alojar a seis hembras por mes. Por ello, en los primeros tres meses de la fase experimental se monitorearon a 18 cerdas (seis por mes) mientras que, en el cuarto mes, se monitorearon 4 cerdas puesto que solo ésta cantidad ingresó a la sala de parto y lactancia. El número de cerdas que ingresó al área de parto y lactancia por mes se dividió en dos grupos: grupo testigo (GT) y grupo experimental (GE).

El área de parto y lactancia cuenta con: seis jaulas elevadas del piso y cada jaula tiene un comedero tipo cangilón en acero inoxidable (44.5 cm/ancho, 37.0 cm/alto y 33.0 cm/fondo) y bebedero automático tipo chupón. La temperatura de ésta área se mantiene constante (18 °C; para

las cerdas y sus camadas) a través de un calefactor automático tipo infrarrojo marca Holme® con potencia de 750 a 1500 W. La ventilación se controló a través del manejo de cortinas.

Al entrar las cerdas al área de parto y lactancia se procedió a asignar a cada cerda de forma aleatoria, al grupo al cual pertenecería (GT o GE) de esta manera se monitorearon en el GT 11 hembras e igual número de hembras en el GE. A las hembras del GT se les ofreció alimento balanceado sin la adición de nopal a la dieta. El GE recibió alimento balanceado más 1% de nopal en base fresca (con respecto al peso pre-parto de cada cerda). Tanto el GT como el GE se sometieron a las mismas prácticas zootécnicas durante la fase de lactancia (21 días). El ingreso de las cerdas al área de maternidad se realizó a los cinco días antes de la fecha de parto probable. La alimentación de éstas cerdas (GT y GE) durante los cinco días previos al parto consistió en 2.5 kg diarios (d^{-1}) de alimento balanceado para hembras gestantes. Posterior al parto, a cada cerda de cada grupo se le ofreció alimento para hembras lactantes (Tabla 1) *ad libitum* durante 21 días de lactancia. Únicamente en el GE se adicionó al alimento balanceado de cada cerda el 1% de nopal (*O. ficus-indica*). La cantidad de alimento balanceado suministrado cerda⁻¹ d^{-1} fue de 8 kg, mismo que se dividió en dos porciones: la primera porción se proporcionó a las 8:00 h y la segunda, a las 13:00 h. La adición del 1% de *O. ficus-indica* nopal a la dieta del GE se realizó a las 7:30 h durante los 21 días de lactación.

Los cladodios de nopal *O. ficus-indica* (especie que carece de espinas) fueron recolectados de la parcela de la Posta Zootécnica de la FMVZ-UMSNH. Estos cladodios pertenecían al tercer nivel (del suelo hacia arriba) (Santos *et al.* 1990, citados por la FAO, 2003) y poseían una edad aproximada de 90 días. Las características morfológicas y bromatológicas de dichos cladodios se presentan en la Tabla 1. Una vez recolectados los cladodios, no se sometieron a proceso de lavado o de desinfección, únicamente se procedió a picarlos en trozos de 3x3 cm². Inmediatamente después de picar el nopal, se ofreció la cantidad correspondiente a cada cerda del GE, previo retiro del alimento sobrante del día anterior. Treinta minutos después de suministrar el nopal se ofreció el alimento balanceado a las cerdas de éste grupo.

Tabla 1. Características morfológicas y bromatológicas de los cladodios de *O. ficus-indica* del tercer nivel

Variable	Promedio	D.E. ⁺
Largo del cladodio (cm)	46.9	4.7
Ancho del cladodio (cm)	15.5	2.6
Peso fresco (kg)	1.1	0.3
Humedad (%) [*]	88.9	3.3
Cenizas (%) ^{&}	26.5	2.5
Fibra (%) ^{&}	32.9	1.2
Proteína cruda (%) ^{&}	5.2	0.8
Grasa (%) ^{&}	0.5	0.08
E.L.N. (%) ^{&}	34.6	2.6

+Desviación estándar.

* Se determinó en base fresca.

& Se determinó en base seca.

Después del parto, los lechones fueron pesados e identificados por medio de aretes enumerados. Las camadas (9.1 ± 2.3 lechones nacidos vivos camada⁻¹) se uniformaron a ocho lechones 24 h post-parto; cuidando que el peso del lechón (adoptado) fuera similar a los de la camada adoptiva. Ésta práctica se realizó para evitar sesgos en los resultados puesto que se sabe que el tamaño de camada influye en la producción de leche y en pérdida de peso corporal de las cerdas durante la fase de lactación (Kim *et al.* 2013, 5) Todas las camadas recibieron alimento comercial[®] (pre-iniciación) a partir del 15^{vo} día de edad.

Tabla 2. Insumos y análisis bromatológico del alimento para hembras gestantes y lactantes*

Ingredientes	Gestante	Lactante
	Contenido (g./kg)	Contenido (g./kg)
Sorgo	824.0	649.7
Pasta de soja	60.0	100.0
Pasta de canola	61.5	185.3
Aceite de soja	22.0	38.5
Sal	4.0	4.0
Ortofosfato	11.8	5.4
Carbonato de calcio	14.0	12.4
Lisina	1.2	2.5
Vitaminas y minerales	2.0	2.5

Análisis bromatológico

	Alimento ^{*&} para gestación	Alimento ^{*&} para lactación	Alimento ^{*&+} nopal ^{&} para lactación
	(G. Testigo y Experimental)	(G. Testigo)	(G. Experimental)
Humedad %	9.5	12.0	12.8
Cenizas %	5.6	10.0	9.9
Fibra %	3.5	4.3	4.5

Proteína Cruda %	12.5	17.5	17.4
Grasa %	4.8	4.5	4.4
Energía metabolizable, MJ/kd ^d	9.6	9.6	9.6

*Elaborado en el Sector de Alimentos perteneciente a la FMVZ-UMSNH con base a 16% de proteína cruda (PC); &= alimento en forma de harina

Las variables evaluadas fueron: consumo diario de alimento voluntario, producción láctea cerda⁻¹, calidad de la leche y pérdida de peso de la cerda durante la fase de lactación. El alimento sobrante d⁻¹ cerda⁻¹ en ambos grupos se pesó en una báscula digital (Dibatec®; capacidad de 40 kg y precisión de ± 5g); previo a la alimentación de las 8:00 h para obtener el consumo voluntario de alimento cerda⁻¹ d⁻¹. La estimación de producción láctea d⁻¹ de las cerdas se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Sinclair *et al.* (1999; citados por Laws *et al.*, 2009, 89), misma que consiste en el método pesaje succión–pesaje de cada lechón en los días 6, 10 y 15 de nacimiento. Cada lechón fue pesado (báscula digital, venta, Dibatec®; capacidad de 40 kg y precisión de ± 5g) antes y después de ser amamantados. Actividad que se realizó cuatro veces d⁻¹. Además, se registró el tiempo de amamantamiento y el intervalo entre estos. Con esta información se estimó la producción de leche cerda⁻¹ en los días 6, 10 y 15 de lactación y para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Producción de leche (kg)} = W + U + D + M$$

Dónde:

W= ganancia de peso (kg) del lechón⁻¹

U= pérdida de peso debido a la micción

D= pérdida de peso debido a la defecación

M= pérdida de peso metabólico

La pérdida de peso debido a la micción (U) fue calculada con la ecuación descrita por Klaver *et al.* (1981, 1093)

$$U = [NU * (2.9 * W^{0.75} + 18.7)]$$

Dónde: NU= número de micciones

W^{0.75} = peso metabólico.

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche

Se tomó en cuenta 10 g como pérdida por defecación (D) de acuerdo con Sinclair *et al.* (1999; citados por Laws *et al.*, 2009, 89), y la estimación para la pérdida de peso metabólico (M) se calculó usando la ecuación descrita por Noblet y Etienne (1986, 1890).

$$M (mg) = 60 \text{ por kg de peso } \text{min}^{-1}$$

Para la evaluación de la calidad de la leche, se extrajeron 10 mL de leche cerda⁻¹ d⁻¹ en el 3^{er}, 11^{vo} y 17^{vo} días de lactación. La extracción de esta fue de forma manual (ordeño), previa administración de 2 mL de oxitocina[®] vía intramuscular; un minuto después de la aplicación de oxitocina se procedió a dar masaje a la ubre y se realizó el ordeño. Cada muestra se colocó en envases esterilizados e identificados, mismos que se refrigeraron a 4°C para su posterior análisis mediante el equipo Lactoscan[®], el cual determinó el contenido de lactosa, proteína y grasa.

La pérdida de peso corporal de la cerda (PPC_{kg}) durante la fase de lactancia, se determinó mediante el peso vivo de las cerdas pre-parto (día 110 de gestación) menos el peso vivo de la cerda al culminar la fase de lactación (21 días post-parto). Estos pesos se obtuvieron mediante una báscula electrónica fija (STG-1500-T1500SL, OCONY[®]/México) con capacidad de 1-1500 kg.

$$PPC_{kg} = \text{Peso de la cerda preparto} - \text{Peso al destete}$$

También se evaluó el peso del lechón en los 14 días y al finalizar la fase de lactancia (destete), para ello, se pesó cada lechón cerda⁻¹ grupo⁻¹ (báscula digital, venta, Dibatec[®]; capacidad de 40 kg y precisión de ± 5g).

La información recabada en relación a consumo de alimento, producción y calidad de la leche se analizó estadísticamente a través de mediciones repetidas, utilizando para ello la metodología de modelos de efectos fijos (MIXED). Mientras que la información referente al peso del lechón y pérdida de peso de las cerdas se analizó a través de modelos lineales generalizados (GLM) y las diferencias entre grupos se obtuvieron mediante la metodología de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) a un $\alpha=0.05$. Para la estimación de la producción de leche, durante los 21 días de la fase de lactación, se calcularon los estimadores de la regresión polinómica (β_0 , β_1 y β_2) para ambos grupos utilizando el día de lactación como efecto lineal y cuadrático (SAS, 2000).

Resultados

Se encontró efecto de grupo ($P=0.0001$) y de la anidación grupo(semana) ($P=0.0001$) sobre el consumo de alimento voluntario d^{-1} cerda $^{-1}$. En la primera semana de lactación se observó menor consumo de alimento balanceado en ambos grupos ($P<0.05$) en comparación con el resto de semanas analizadas (Tabla 3). Sin embargo, el consumo de alimento balanceado, en cada una de las semanas evaluadas, fue mayor en el GE ($P<0.05$) en comparación con el consumo de alimento del GT (Tabla 3).

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para consumo voluntario de alimento en las cerdas en fase de lactación de acuerdo al grupo y a la semana de lactación.

Días Post-parto (semanas)	Grupo				
	Testigo (GT)	Experimental (GE)			
	Alimento*	Alimento*	Alimento* más nopal _(BS)	Nopal _(BF)	Alimento* más nopal _(BF)
	$\bar{x} \pm E.E.$	$\bar{x} \pm E.E.$	$\bar{x} \pm E.E.$	$\bar{x} \pm E.E.$	$\bar{x} \pm E.E.$
1-7 (1)	4.0 ^{a1} \pm 0.16	4.6 ^{a2} \pm 0.16	4.9 ^{a2} \pm 0.16	1.9 ^a \pm 0.04	6.6 ^{a2} \pm 0.17
8-14 (2)	4.9 ^{b1} \pm 0.16	6.0 ^{b2} \pm 0.16	6.2 ^{b2} \pm 0.16	1.8 ^a \pm 0.04	7.8 ^{b2} \pm 0.17
15-21 (3)	5.3 ^{b1} \pm 0.17	6.1 ^{b2} \pm 0.17	6.3 ^{b2} \pm 0.17	2.0 ^a \pm 0.04	8.1 ^{b2} \pm 0.18

*= Balanceado en base seca (BS); _{BF}= base fresca (kg)

Literales ^{a, b} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de columna.

Numerales ^{1, 2} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de fila.

En relación a la producción de leche de las cerdas, ésta no fue afectada por el grupo ($P=0.4904$). En este sentido, se encontró una producción promedio de 7.2 ± 2.2 y 7.4 ± 2.7 kg de leche cerda $^{-1}$ para GT y GE, respectivamente (Tabla 4). Sin embargo, de acuerdo con los estimadores de la regresión polinómica (GT: $\beta_1 = 1.0326$, $\beta_2 = -0.0341$, $P < 0.0001$ y; GE: $\beta_1 = 1.0844$, $\beta_2 = -0.0331$, $P > 0.0001$) sobre la producción de leche determinó que conforme la fase de lactación avanza la producción de leche se incrementa, siendo en el 15^{vo} día de lactación cuando las cerdas, de ambos grupos, mostraron el pico de producción: 8.7 y 9.1 kg de leche cerda $^{-1}$ para GT y GE, respectivamente.

En relación al contenido de lactosa, proteína y grasa de la leche de las cerdas, no se encontró efecto del grupo sobre éstos nutrientes ($P = 0.5635$, $P = 0.9396$ y $P = 0.0564$, respectivamente). En este sentido, los promedios generales de estos nutrientes fueron como sigue: $6.6 \pm 0.57\%$ para lactosa, $4.5 \pm 0.40\%$ para proteína y $7.9 \pm 1.6\%$ para grasa. No obstante, se encontró efecto de la anidación grupo(día lactación) sobre el contenido de lactosa, proteína y grasa de la leche

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche

($P > 0.001$). De esta manera, el mayor valor lo presentaron en el 3^{er} día de lactación ($P < 0.05$), ello en comparación con el 7^{mo} y 11^{vo} día de lactación (Tabla 4).

Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para producción y calidad de la leche de acuerdo al grupo y día de lactación.

Indicador	Día de lactación	Grupo	
		Testigo $\bar{X} \pm E.E.$	Experimental $\bar{X} \pm E.E.$
Producción de leche (kg)	3	3.7 ^{a1} \pm 0.46	3.2 ^{a1} \pm 0.46
	7	6.5 ^{b1} \pm 0.46	6.2 ^{b1} \pm 0.46
	11	8.2 ^{c1} \pm 0.46	8.2 ^{c1} \pm 0.46
	15	8.7 ^{c1} \pm 0.46	9.1 ^{c1} \pm 0.46
	19	8.2 ^{c1} \pm 0.46	8.9 ^{c1} \pm 0.46
	21	7.6 ^{c1} \pm 0.46	8.4 ^{c1} \pm 0.46
		$\bar{X} \pm E.E.$	7.2¹ \pm 0.19
Lactosa (%)	3	7.1 ^{a1} \pm 0.12	7.3 ^{a1} \pm 0.12
	11	6.6 ^{b1} \pm 0.12	6.9 ^{b1} \pm 0.12
	17	6.1 ^{c1} \pm 0.12	5.8 ^{c1} \pm 0.12
		$\bar{X} \pm E.E.$	6.6¹ \pm 0.07
Proteína (%)	3	5.0 ^{a1} \pm 0.08	5.1 ^{a1} \pm 0.08
	11	4.5 ^{b1} \pm 0.08	4.6 ^{b1} \pm 0.08
	17	4.0 ^{c1} \pm 0.08	3.8 ^{c1} \pm 0.08
		$\bar{X} \pm E.E.$	4.5¹ \pm 0.49
Grasa (%)	3	11.1 ^{a1} \pm 0.34	10.7 ^{a1} \pm 0.34
	11	7.9 ^{b1} \pm 0.34	7.1 ^{b1} \pm 0.34
	17	5.6 ^{c1} \pm 0.34	5.0 ^{c1} \pm 0.34
		$\bar{X} \pm E.E.$	8.2¹ \pm 0.19

Literales ^{a, b} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de columna e indicador.

Numerales ^{1, 2} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de fila.

En relación al peso del lechón no fue afectado por el grupo ($P = 0.6533$), de esta manera el peso a los 14 días de nacido, antes de que iniciara con el consumo de alimento sólido (pre-iniciador) y, al destete (21 días de edad) fue similar ($P > 0.05$) (Tabla 5). Finalmente, se encontró efecto de la pérdida de peso corporal y porcentaje de pérdida de peso (< 0.0001), de esta manera las cerdas del GT registraron mayor pérdida de peso (10.8 ± 2.0 %) durante la lactancia ($P < 0.05$) en comparación con el GE (6.5 ± 3.2 %) (Tabla 5).

Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados para el peso de los lechones y la pérdida de peso corporal de la cerda durante la fase de lactancia.

Indicador	Grupo	
	Testigo (GT) $\bar{x} \pm \text{E.E.}$	Experimental (GE) $\bar{x} \pm \text{E.E.}$
<i>Lechón</i>		
Peso a 14 días de lactancia (kg)	3.7 ^{a1} \pm 0.1	3.7 ^{a1} \pm 0.1
Peso a 21 días de lactancia (destete) (kg)	5.0 ^{b1} \pm 0.1	5.1 ^{b1} \pm 0.1
<i>Cerda</i>		
Pérdida de peso (kg)	25.2 ¹ \pm 0.6	16.3 ² \pm 0.6
Pérdida de peso (%)	10.8 ¹ \pm 0.2	6.5 ² \pm 0.2

Literales ^{a, b} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de columna e indicador.

Numerales ^{1, 2} indican diferencias ($P < 0.05$) dentro de fila.

Discusión

Los resultados sobre el consumo voluntario de las cerdas durante la fase de lactación (Tabla 3), en ambos grupos analizados, concuerdan (de manera general) con el comportamiento descrito en cerdas lactantes bajo los efectos de la hipofagia lactacional, es decir, en la primera semana de lactación se observa un menor consumo si se compara con la segunda y tercera semana de lactación (Martínez *et al.* 2014, 640). Sin embargo, los resultados del GE mostraron, que la ingesta de nopal mejoró el consumo de alimento en las cerdas lactantes, no solo en la primera semana, sino también en la segunda y tercera semana de lactación ($P < 0.05$). Esto pudiera sugerir que, el uso del nopal como complemento de la dieta de cerdas lactantes si no elimina el efecto de la hipofagia fisiológica lactacional, si lo aminora. Aspecto que puede ser reforzado con lo observado por Ortiz *et al.* (2014, 7), quienes al evaluar cerdas de genotipo Yorkshire x Landrace x Pietrain, bajo una dieta complementada con 1% de *O. ficus-indica* cerda⁻¹ d⁻¹ encontraron que éstas mostraron un mayor consumo de alimento voluntario durante la fase de lactación ($P < 0.05$): 4.5 y 6.8 kg d⁻¹ cerda⁻¹ en la primera y segunda semana de lactación, respectivamente; respecto al consumo de las cerdas que no recibieron en la dieta el complemento del nopal: 3.3 y 4.9 kg d⁻¹ cerda⁻¹ en la primera y segunda semana de lactación, respectivamente.

El comportamiento del incremento del consumo voluntario de las cerdas del GE, durante las tres semanas de lactación evaluadas (Tabla 3), pudiera explicarse a través del efecto hipoglucémico provocado por la ingesta de nopal. Al respecto, Ortiz *et al.* (2015, 825) observaron en 17 cerdas (Yorkshire x Landrace x Pietrain) sometidas a una dieta complementada con nopal una disminución ($P < 0.05$) de glucosa sanguínea (55.0 y 64.4 mg/dL de glucosa sanguínea pre y post-prandial, respectivamente) en comparación con los niveles sanguíneos de glucosa en cerdas

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche

(n=17) del mismo genotipo, a las cuales no se le adicionó nopal a la dieta (70.9 y 80.1 mg/dL pre y post-prandial, respectivamente). En este sentido, estos mismos investigadores reportan que las cerdas con menores niveles de glucosa sanguínea mostraron mayor consumo de alimento voluntario durante la fase de lactación ($P < 0.05$). Para González *et al.* (2006, 197) y Deldicque *et al.* (2013, 1) la respuesta del organismo ante la disminución de la glucosa sanguínea es la inhibición de la secreción de insulina y leptina (cuya acción es anorexígena) y, esta acción, provoca la expresión de neuropeptido-Y y el incremento de ghrelina; mecanismo que genera la sensación de apetito.

La hipoglucemia de las cerdas lactantes causada por la ingesta del nopal, puede asociarse al contenido Ca^{+2} (28.6 mg g^{-1} de materia seca) que poseen los cladodios de ésta planta (Hernández *et al.*, 2011, 1292), mismo que se ha asociado con la regulación de la glucosa sanguínea al estimular la secreción de insulina (Peri y Latha, 2005, 22). En relación al consumo de Ca^{+2} provisto por la cantidad de nopal ofrecido d^{-1} cerda $^{-1}$ en esta investigación (Tabla 3) y, asumiendo la cifra de 28.6 mg g^{-1} de materia seca, éste pudo estar dentro de un rango de 6.1 a 6.8 g de Ca^{+2} . Dicha cantidad aportada por el nopal más el aportado por el CaCO_3 provisto en el alimento balanceado (12.4 g kg^{-1} ; Tabla 2) pudo generar un consumo de este mineral cerda $^{-1}$ d^{-1} entre 63.1 a 82.4 g en las cerdas del GE de acuerdo al consumo d^{-1} semana $^{-1}$ (Tabla 3). Aporte de Ca^{+2} superior si se compara con la ingesta de calcio cerda d^{-1} en el GT: 49.6 a 65.7 g de CaCO_3 ; rango establecido de acuerdo al consumo d^{-1} cerda $^{-1}$ semana $^{-1}$ (Tabla 3).

La fibra dietética no fermentable también puede generar el establecimiento de las señales del apetito (González *et al.*, 2006, 197), puesto que estimula la liberación del péptido GLP-1, induciendo la liberación de insulina y la inhibición de la producción hepática de glucosa (Núñez *et al.*, 2013, 10984). Aspecto que no puede descartarse como un elemento más que pudiera explicar el incremento del consumo de alimento voluntario de las cerdas sometidas a la dieta adicionada con *O. ficus-indica*. Puesto que ésta cactácea contiene 28.45% de fibra dietética no fermentable (Castillo *et al.* 2013, 21).

Aún y cuando las cerdas del GE presentaron un mayor consumo de alimento balanceado a lo largo de las tres semanas de lactación evaluadas (Tabla 3), este incremento del consumo de alimento no se vio reflejado en la producción de leche de las cerdas de dicho grupo (Tabla 3). Aspecto que concuerda con Lovise *et al.* (2013, 215), quienes sugieren que las cerdas con condición corporal “adecuada”, el consumo adicional de alimento por parte de éstas no se refleja en la producción de leche; más bien, el alimento adicional, lo utilizan para reducir la pérdida de

peso durante la lactancia. Tal vez por esta razón, ambos grupos analizados presentaron el mismo comportamiento productivo (kg de leche d⁻¹). Lee *et al.* (2014; 5) observaron una producción promedio de 8.5 kg de leche cerda⁻¹ en lactancia de 21 días. Resultado mayor al encontrado en esta investigación: 7.2 ± 2.2 y 7.4 ± 2.7 kg de leche, para el GT y GE, respectivamente (Tabla 4). Esta diferencia entre lo reportado por Lee *et al.* (2014; 5) y los resultados de la presente investigación, pudo deberse principalmente a aspectos genéticos, ello sin descartar los aspectos ambientales (Farmer y Quesnel, 2009, 56).

Por otra parte, el comportamiento de la producción de leche observado a lo largo de la fase de lactación en esta investigación (Tabla 4) concuerda con Hansen *et al.* (2012, 2292), quienes al caracterizar la curva de producción de leche encontraron el pico de producción (7.4 a 8.4 kg de leche) dentro de un rango de 15 a 18 días en cerdas que amantaban a 8.0 lechones. Con respecto al descenso de la producción láctea, este comportamiento es característico de la especie (descenso en la producción láctea, a partir del 15^{vo} día de lactación) bajo condiciones de explotación comercial y es causado por una menor intensidad de amamantamiento, debido a que el lechón recibe una fuente de alimentación adicional (pre iniciador) alrededor del 7^{mo} o 14^{vo} día de edad (Sulabo *et al.*, 2010, 3154). Por lo cual, el descenso de la producción láctea coincide con el inicio del consumo de alimento sólido por parte de los lechones (Hurley *et al.*, 2003, 80; Theil *et al.*, 2006, 1697). Sin embargo, Farmer y Quesnel (2009, 59) y Devillers *et al.* (2011, 1605), determinaron que el cambio de la alimentación de la cerda, en la fase de lactación, puede afectar no sólo la producción de leche, sino también la calidad láctea. Aspectos que no ocurrieron en el grupo de cerdas que consumieron nopal como parte de su dieta (Tabla 4): la cantidad y la calidad de la leche fue similar al del GT ($P > 0.05$).

En cuanto a los valores de lactosa encontrados en esta investigación (Tabla 4), estos fueron similares a los observados por Hurley (2015, 200): 4.9% de lactosa. Hansen *et al.* (2012, 2293) encontraron que el mayor contenido de este carbohidrato, se encuentra durante la primera semana de lactación y que esto concuerda con el periodo de transición de calostro a leche madura. Además, la lactosa es el componente menos variable de la leche (Hurley 2015, 200). La similitud del contenido de lactosa en leche, en ambos grupos analizados, posiblemente se debió a que la energía contenida en ambas dietas fue similar (Tabla 3). Aunado a ello, los carbohidratos presentes en el nopal son fácilmente absorbidos desde el intestino delgado al torrente sanguíneo, lo que permitió que se utilizaran como precursores en la formación de lactosa (Stelwagen, 2011a, 367).

En relación al contenido de proteína en leche (Tabla 4), los valores promedio encontrados en la presente investigación (4.5 ± 0.47 y $4.5 \pm 0.72\%$ para GT y GE, respectivamente), son menores a lo observado por Hurley (2015, 205): 5.9%. No obstante, éste mismo investigador determinó que, la proteína de la leche de las cerdas fluctúa entre 4.6 a 9.9% en el 3^{er} día postparto. Anterior a éste día, la proteína de la leche se encuentra en su nivel más alto (13.8-19.7%), debido al mayor contenido de inmunoglobulinas que posee el calostro. Posterior al 3^{er} día postparto, la proteína en la leche de las cerdas disminuye. Stelwagen (2011b, 359) y Bionaz *et al.*, (2012, 285), sugieren que las fluctuaciones del contenido proteico de la leche de las cerdas pueden atribuirse a la menor disponibilidad de aminoácidos en la glándula mamaria y la disminución de energía presente conforme progresa la fase de lactación, debido a que la formación de proteína en la leche es uno de los mayores demandantes de energía por parte de la célula.

Con respecto al contenido de grasa en leche, al igual que en el caso de la lactosa y la proteína, ésta no fue modificada por el consumo de nopal (Tabla 4) y los valores encontrados (8.2 ± 2.76 y $7.6 \pm 2.84\%$ para GT y GE, respectivamente) concuerdan con lo observado por Hurley (2015, 200): 8.4% de grasa en leche. Sin embargo, el cambio de valor de éste nutriente conforma avanza la fase de lactación (Tabla 4) posiblemente se puede atribuir al periodo de transición de calostro a leche: durante las primeras 24 a 48 h postparto, la secreción mamaria contiene de 5 a 6% de grasa. Posteriormente, en el 3^{er} día postparto, la grasa en leche se incrementa hasta en un 13% (Theil *et al.*, 2014, 1023; Hurley, 2015, 202). Hansen *et al.* (2012, 2294), indican que la grasa en leche disminuye conforme transcurre la lactación. Mientras que, Laws *et al.*, (2009, 91) observaron que al final del periodo de lactancia (21 días de lactación) el contenido de la grasa en leche alcanza niveles del 4%. Este descenso paulatino del contenido puede ser atribuido a la pérdida de reservas corporales (grasa, principalmente) lo que involucra una menor movilización de ésta para su utilización en etapas avanzadas de la lactancia (Hansen *et al.*, 2012, 2294).

De acuerdo con los resultados, en torno a la cantidad y contenido nutricional de la leche de cerdas que consumieron nopal, se puede sugerir que los lechones de estas cerdas recibieron la misma cantidad y calidad de la leche que los lechones amantados por cerdas bajo una dieta convencional (GT). Aspecto que se pudo confirmar al establecerse que los pesos del lechón a los 14 o 21 días de edad fueron similares entre sí ($P > 0.05$), en ambos grupos analizados. Además, Vadmand *et al.* (2015, 2488) establecen que el crecimiento de los lechones durante la fase de lactancia está supeditado a la cantidad y calidad de los nutrientes que ingieran, sobre todo cuando la secreción mamaria es la principal fuente de alimentación.

Finalmente, los resultados sobre pérdida de peso corporal de la cerda indicaron que las cerdas del GT mostraron una mayor pérdida de peso corporal ($10.8 \pm 2.0 \%$) durante la fase de lactación en comparación con el GT ($6.5 \pm 3.2\%$). Ortiz *et al.*, (2014, 16) reportan el mismo comportamiento en cerdas lactantes complementadas con nopal (*O. ficus-indica*); el mayor consumo de alimento, por efecto de la complementación de la dieta de cerdas lactantes con nopal, favoreció a que éstas cerdas tuvieron menor pérdida de peso corporal (7.4%). En este sentido, la dieta complementada con nopal provocó mayor consumo de alimento voluntario por parte de las cerdas, lo que generó mayor disponibilidad de nutrientes y una menor movilización de reservas corporales durante la lactancia (Yang *et al.*, 2009, 211). Pérez *et al.*, (2015, 150) indican que un consumo de alimento inadecuado durante la lactancia se asocia con una menor producción láctea y a una mayor pérdida de peso corporal de las cerdas; por lo que, la adición de nopal en la alimentación de la cerda lactante puede ser una alternativa nutricional viable pues al parecer disminuye los efectos provocados por la hipofagia fisiológica lactacional sin afectar el crecimiento del lechón.

Conclusión

La dieta para cerdas en fase de lactación complementada con *O. ficus-indica* en base fresca puede ser una estrategia viable para mitigar la hipofagia fisiológica lactacional puesto que estimula a las cerdas lactantes a incrementar el consumo de alimento durante la fase de lactación. Además, dicha complementación de la dieta para cerdas en lactancia, no provoca un detrimento en la producción y calidad nutricional (lactosa, proteína y grasa) de leche de las cerdas, permitiendo el desarrollo normal del lechón durante la fase de lactancia.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por proveer las facilidades para realizar esta investigación, a CONACyT México, y a la Coordinación de Investigación Científica (CIC) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el apoyo financiero.

Referencias

Bionaz, M., Hurley, W., Loor, J., (2012). Milk Protein Synthesis in the Lactating Mammary Gland: Insights from Transcriptomics Analyses. Chapter 11 *INTECH* Pág 285-324

Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche

Capdevila, P.J. (2006). Alimentación de cerdas lactantes I. 3tres3 La página del cerdo. España. [En línea] Disponible en: http://www.3tres3.com/alimentacion_cerda/alimentacion-de-cerdas-lactantes-i_1636/ (10 de septiembre de 2016)

Castillo, S.F., Estrada, L., Margalef, M.I., Tóffoli, S.L. (2013) Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Dieta*. 31(141):20-26

Cools, A., Maes, D., Decaluwé, R., Buyse, J., Van kempen, T.A., Janssens, G.P. (2013). Peripartum changes inorexigenic and anorexigenic hormones in relation to back fat thickness and feedind strategy of sows. *Domestic animal Endocrinology* 45: 22-27

Deldicque, L., Van, K.P., Ramaekers, M., Pischel, I., Sievers, H., Hespel, P. (2013). Additive insulinogenic action of *Opuntia ficus-indica* cladode and fruit skin extract and leucine after exercise in healthy males. *J. of the Int. Soc. of Sports Nutrition*. 10(45): 1-6.

Devillers N., Le Dividich, J., Prunier, A. (2011). Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal* 5: 1605 – 1612

FAO (2003), El nopal (*Opuntia spp*) como forraje. En línea.

Farmer, C. y Quesnel, H. (2009). Nutritional, hormonal, and enviromental effects on colostrum in sow. *J.Anim.Sci*. 87(13): 56-64.

González, M.E.H., Ambrosio, K.G.M., y Sánchez, S.E. (2006). Regulación neuroendócrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energético. *Artemisa* 8(3): 191-200

Hansen, A., Strathe, A., Kebreab, E., France, J., Theil, P. (2012). Predicting milk yield and composition in lactating sows: A Bayesian approach. *J.Anim.Sci*. 90(7): 2285-2298.

Hernandez, M.I.U., Pérez, E.T., and Rodríguez, M.E.G. (2011) Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 8: 1287-1295.

Huang, F.R., Liu, H.B. Sun, H.Q., Peng, J. (2013). Effects of lysine and protein intake over two consecutive lactations on lactation and subsequent reproductive performance in multiparous sows. *Livestock Science* 157: 482-489

Hurley W.L (2015). The gestating and lactating sow Chapter 9: Composition of sow colostrum. *Wageningen Academic Publishers*

Hurley, W. L., Ford, J.A. y Kim, S. (2003). How does suckling status of a sow's mammary glands during one lactation impact productivity of the gland during the next lactation. *Technology&Research: allied and Integrated for livestock*. Departament of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, IL: USA. pág: 79-83.

Hwan, S.H., Jun, I.K., Sung, S.L. (2017) Antidiabetic Effect of Fresh Nopal (*Opuntia ficus-indica*) in Low-Dose Streptozotocin-Induced Diabetic Rats Fed a High-Fat Diet. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-8.

INEGI (2010). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario estadístico del estado de Michoacán Ed. 2009 Pág. 127-142.

Kim, S.W., Wu, G., (2008). Regulatory role for amino acids in mammary gland growth and milk synthesis. *Springer*. 37: 89-95.

Kim, S.W.; Weaver, A.C.; Shen, Y.B.; Zhao, Y. (2013). Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. *Journal of Animal Scienci and Biotechnology* 4(26):1-8.

Klaver, J., van Kempen, G.J.M., de Lange, P.G.B., Verstegen, M.W.A. and Boer, H. (1981). Milk composition and dally yield of different milk components as affected by sow condition and lactation/feeding régime. *J. Anim. Sci.* 52 (5): 1091-1097

Laws, J., Amusquivar, E., Herrera, E., Lean, I.J., Dodds, P.F., Clarke, L. (2009). Supplementation of sow diets with oil during gestation: Sow body condition, milk yield and milk composition. *Livestock Science*, 123: 88-96.

Lee, S.H., Joo, Y.K., Lee, J.W., Ha, Y.J., Yeo, J.M. and Kim, W.Y. (2014). Dietary conjugated linoleic acid (CLA) increases milk yield without losing body weight in lactating sows. *Journal of animal science and technology*. 56:11 1-9

Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P. and Quesnel, H. (2013). Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 91: 5269-5279.

Lovise, S. T., Helen, .A.G., Petter, N.K., Hetland, H., Framstad, T. (2013). Pea starch meal as a substitute for cereal grain in diets for lactating sows: the effect on sow and litter performance. *Livestock science*. 157: 210-217

Matínez, S., Valera, L., Villodre, C., Madrid, J., Orengo, J., Tvaeijonaviciute, A., Cerrón, J.J., Hernández, F. (2014) Effect of feeding on hormones related with feed intake in reproductive sows with different energy balances. *Can. J. Anim. Sci.* 94: 639646

Meunier, S.M.S., Edwards, S.A., Robert. S. (2001). Effect of dietary fibre on the behaviour and health of the restricted fed sow. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90, 53-69.

Mosnier, E., Etienne, M., Ramaekers, P., Pére, MC. (2010). The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. *Livestock Science*. 127, 127-136.

Murillo Aluja, A., Álvarez Rodríguez, J., Villalba Mata, D., Cano López, G. (2013). La composición de las dietas de las cerdas lactantes y la producción láctea. *FEDNA*. 113-145.

Murillo, G.C., Herradora, L.M.A. y Martinez, G.R. (2007). Relación entre la pérdida de grasa dorsal de cerdas lactantes con el consumo de alimento, tamaño de la camada, peso de los lechones al destete y días de lactancia. *Scielo*. 17(4): 380-385

Noblet J. and Etienne M. (1986). Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. *J. Anim. Sci.* 63: 1888-1896

Nuñez, M.A.L., Paredes, O.L. and Reynoso, R.C. (2013). Functional and hypoglycemic properties of nopal cladodes (*O. ficus-indica*) at different maturity stages using in vitro and in vivo test. *Journal of agricultural and food chemistry* 61, 10981-10986.

Ortiz-Rodríguez R., Ordaz-Ochoa G., Andrade-Hernández E.O., Saucedo P.A y Pérez-Sánchez R.E. (2014). El nopal (*O. ficus-indica*) como complemento de la dieta de cerdas lactantes sobre los niveles de glucosa sanguínea y consumo de alimento durante la fase de lactancia. Producción y aprovechamiento del Nopal y Maguey. Desarrollo y bienestar sustentables a través del nopal y maguey. XIII Simposium-Taller nacional y VII internacional. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. 9 y 10 de Octubre de 2014. Monterrey Nuevo León. México.

Ortiz-Rodríguez, R., Ordaz-Ochoa, G., Juárez-Caratachea, A., Pérez-Sánchez, R.E. (2015). Efecto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre niveles de glucosa sanguínea en cerdas lactantes y su repercusión en el consumo voluntario de alimento. XXIV congreso de la asociación latinoamericana de producción animal y XL congreso de la sociedad chilena de reproducción animal Sochipa. A.G. Que se llevó a cabo del 9 al 13 de noviembre en Puerto Varas Chile.

Pari, L. and Latha, M. (2005). Antidiabetic effect of *scoporia dulcis*: Effect on lipid peroxidation in streptozocin diabetes. *Gen. Physiol. Biophys.* 24: 13-26.

Pérez, M.C., Etienne, M. (2007). Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. *J Anim. Sci.* 85(1): 101-109.

Pérez, S.R.E., Ordaz, O.G., Juárez, C.A., García, V.A., Ortiz, R.R. (2015). Efecto del número de parto sobre el consumo de alimento voluntario de las cerdas durante la fase de lactancia y su repercusión en el intervalo destete-estro. Nota técnica. *Rev. Cient. FCV-LUZ.* XXV (2): 145-152.

Quesnel, H., Meunier-Salaün, M.C., Hamard, A., Guillemet, R., Etienne, M., Farmer, C., Dourmad, J.Y., Pérez, M.C. (2009). Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *J. Anim. Sci.* 87: 532-543.

Rajesh, Jha., Berrocso, J.F.D. (2016). Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 212: 18-28.

SAS (2000). Statistical Analysis System Institute. Guide for personal computers. Version 8.

Schieck, S., Kerr, B., Baidoo, S., Shurson, G., Johnston, L. (2010). Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. *J. Anim. Sci.* 88: 2648-2656.

Stelwagen K. (2011a). Mammary gland, milk biosynthesis and secretion Lactose. *Elsevier*

Stelwagen K. (2011b). Mammary gland, milk biosynthesis and secretion Protein. *Elsevier*

Sulabo, R.C., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Goodband, R.D., De rouche, J.M., and Nelssen, J.L. (2010). Effects of varyin creep feeding duration on the proportion of pigs consuming creep feed and neonatal pig performance. *J. Anim. Sci.* 88: 3154-3162.

Theil, P.K., Lauridsen, C., Quesnel, H. (2014). Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal* 8(7): 1021-1030.

Theil, P.K., Sejrsen, K., Hurley, W.L., Labouriau, R., Thomsen, B., Serensen, M.T. (2006). Role of sucking in regulating cell turnover and onset and maintenance of lactation in individual mammary glands of sow. *J. Anim. Sci.* 84: 1691-1698

Vadmand, C.N., Krogh, U., Hansen, C.F., and Theil, P.K., (2015). Impact of sow and litter characteristics on colostrum yield, time for onset of lactation, and milk yield of sow. *J. Anim. Sci.* 93: 2488-2500

Valros, A., Rundgren, M., Špinko, M., Saloniemi, H., Rydhmer, L., Hultén, F., Uvnäs-Moberg, K. Tománek, M., Krejčí, P., Algers, B. (2003). Metabolic state of the sow, nursing behaviour and milk production. *Livestock Prod. Sci.* 79, 155-167.

Yang, Y.X., Heo, S., Jin, Z., Yun, J.H., Choi, J.Y., Yoon, S.Y., Park, M.S., Yang, B.K., Chae, B.J. (2009). Effects of lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites,

hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows. *Animal Reproduction Science* 112: 199-214.

Serena, A. Hedemann, M.S., Bach, K.E.K. (2007) Feeding high fibre diets changes luminal environment and morphology in the intestine of sows. *Livestock science*. 109: 115-117.

