



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Efecto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado a la dieta de
cerdas lactantes sobre los niveles de glucosa sanguínea y consumo
de alimento durante la fase de lactancia.**

PMVZ. EDGAR OCTAVIO ANDRADE HERNÁNDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

MORELIA, MICHOACÁN. ENERO DE 2015.





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Efecto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado a la dieta de
cerdas lactantes sobre los niveles de glucosa sanguínea y consumo
de alimento durante la fase de lactancia.**

T E S I S

**Que Para Obetener el Titulo de
Medico Veterinario y Zootecnista**

QUE PRESENTA:

PMVZ. EDGAR OCTAVIO ANDRADE HERANÁDEZ

ASESOR DE TESIS

MC. ANTONIO GARCIA VALLADARES

CO-ASESOR DE TESIS

DRA. ROSA ELENA PÉREZ SÁNCHEZ

MORELIA, MICHOACÁN. ENERO 2015.



AGRADECIMIENTOS

A dios, por la vida y por haberme dado la mejor familia, por todo lo que he recibido, por haberme acompañado durante todo este tiempo siendo mi fortaleza para seguir adelante durante mi formación.

A mis padres, por su apoyo incondicional durante estos 5 años, por el esfuerzo que hicieron para darme esta oportunidad y por creer en mí todo este tiempo.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado apoyandome incondicionalmente.

A mi tío Rogelio, por todo el apoyo que me ha brindado durante todo este tiempo y por la confianza que me tuvo.

Al M.C Ruy Ortiz y a la Dra. Rosa Elena Pérez, por el apoyo que me brindaron durante toda mi carrera, por la paciencia y confianza, así como su valioso tiempo y dedicación para la realización de este tan importante trabajo.

Al M.C Gerardo Ordaz, por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo, por su tiempo y paciencia para la culminación del mismo.

Gracias al M.C Antonio García, por su apoyo, amabilidad y su valioso tiempo para la culminación de este trabajo.

INDICE GENERAL

	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANTECEDENTES	3
2.1 Situación actual de la porcicultura en México	3
2.2 Conducta de alimentación de la cerda	4
2.3 Desempeño productivo de la cerda	6
2.4 Hipofagia fisiológica lactacional	7
2.5 Utilización del nopal forrajero (<i>Opuntia ficus-indica</i>) en la alimentación de las cerdas.	9
3 OBJETIVOS	11
4 MATERIALES Y MÉTODOS	12
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
6 CONCLUSIONES	24
7 BIBLIOGRAFIA	25

INDICE DE TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Factores que influyen sobre la ingesta de alimento en cerdas lactantes.	5
Tabla 1. Características bromatológicas de <i>Opuntia ficus-indica</i> en base seca.	10
Tabla 2. Análisis bromatológico del alimento para las cerdas durante la lactancia en base seca.	12
Cuadro 1. Promedio de consumo de alimento (kg d^{-1}) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactancia	14
Cuadro 2. Promedio de consumo de alimento (kg d^{-1}) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactancia	16
Cuadro 3. Promedio de consumo de alimento (kg d^{-1}) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactancia	18
Cuadro 4. Promedio de glucosa sanguínea (mg/dl) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactancia	19
Figura 2. Alimento balanceado consumido (kg) durante la fase de lactancia más consumo de nopal en base fresca (kg) de acuerdo al tratamiento	20
Figura 3. Glucosa sanguínea (mg/dl) durante la fase de lactancia de acuerdo al tratamiento	21
Cuadro 5. Promedio de pérdida de peso corporal de las cerdas de acuerdo al tratamiento.	23

Efecto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado a la dieta de cerdas lactantes sobre los niveles de glucosa sanguínea y consumo de alimento durante la fase de lactancia.

Andrade-Hernández¹, E.O.; García-Valladares², A.; y Pérez- Sánchez³, R.E³.

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como complemento dietético en cerdas lactantes sobre la hipofagia fisiológica lactacional. Se utilizaron 12 cerdas de genotipo híbrido (Yorkshire x Landrace x Pietrain), en fase de lactancia (FL). Se formaron dos tratamientos: Tratamiento testigo (TT) (n=6) cerdas alimentadas con alimento balanceado y Tratamiento experimental (TE) (alimento balanceado + nopal fresco) (n=6). Las variables que se midieron fueron: peso vivo de las cerdas al momento de entrar a la sala de maternidad (5 días pre-parto) y al destete (21 días post-parto), consumo de alimento (CA), pérdida de peso corporal en la FL, así como, glucosa sanguínea (GS); para lo cual se utilizó un glucómetro para humanos marca ACCU-CHEK®. Se elaboró una base de datos para su análisis estadístico, mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) (SAS, 2000). Las diferencias entre tratamientos se realizaron bajo el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) (SAS, 2000). La adición del nopal no afectó ($P > 0.05$) el CA (base 88% de MS) para los tratamientos con y sin nopal promedio/día/semana durante FL: 2.992, 5.138 y 5.550 kg para la 1ª, 2ª y 3ª semana para el TE, y de 3.290, 4.904 y 5.100 kg durante la 1ª, 2ª y 3ª semana respectivamente, para el TT. Las hembras del TT presentaron concentraciones altas de glucosa 73.0, 65.6 y 64.6 mg/dl durante la 1ª, 2ª y 3ª semana de lactancia, en comparación de las cerdas del TE 60.3, 57.5 y 64.6 mg/dl en la 1ª, 2ª y 3ª semana respectivamente, encontrando diferencias ($P < 0.05$). La pérdida de peso corporal al destete de las cerdas del TT fue de 34.0 kg o del 14%. Mientras que, en las cerdas del TE fue de 17.6 kg o del 7.4%, valores diferentes entre sí ($P < 0.05$). Se concluye que, la adición del nopal en las cerdas durante la fase de lactación no afecta el consumo de alimento de las cerdas, reduce los niveles de glucosa sanguínea y disminuye la pérdida de peso corporal.

Palabras clave: hipofagia, consumo y pérdida de peso.

¹**Tesista.** Edgar Octavio Andrade Hernández. anhdz_octavio@hotmail.com

²**Asesor.** Profesor- investigador. Jefe del Sector de Alimentos de la FMVZ de la UMSNM. Km 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro Tarímbaro, Michoacán. agvantonio@yahoo.com

³**Co- asesor.** Profesor- Investigador. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N, Colonia Viveros. Uruapan, Michoacán. rosa_elenap@yahoo.com

ABSTRAC

The objective was to evaluate the effect of nopal (*Opuntia ficus-indica*) as a dietary supplement in lactating sows during lactational physiological hypophagia. 12 sows with a hybrid genotype (Yorkshire x Landrace x Pietrain) were used, lactating (FL). Witness Treatment (TT) (n = 6) sows fed balanced food and Experimental treatment (TE) (balanced food + fresh cactus) (n = 6): Two treatments groups were formed. The variables measured were: body weight of sows when entering the maternity pens (5 days pre-partum) and at weaning (21 days post partum), food intake (CA), body weight loss on the FL as well as blood glucose (BG); for which a human brand meter (ACCU-CHEK) was used. A database for statistical analysis was prepared with the method of Generalized Linear Models (GLM, acronym in English) (SAS, 2000). Difference between treatments was performed under the method of least squares means (LSMEANS, acronym in English) (SAS, 2000). The addition of nopal did not affect ($P > 0.05$) CA (base 88% DM) treatments with and without average / day / week during nopal FL: 2.992, 5.138 and 5.550 kg for 1st, 2nd and 3rd week he TE, and 3,290, 4,904 and 5,100 kg during the 1st, 2nd and 3rd week respectively for the TT. TT females showed high concentrations of serum glucose (73.0, 65.6 and 64.6 mg / dl) during the 1st, 2nd and 3rd week of lactation, compared to the bristles of TE 60.3, 57.5 and 64.6 mg / dl in the 1st, 2nd and 3rd week respectively, finding a statistical difference ($P < 0.05$). The loss of body weight in weaning sows TT was 34.0 kg or 14%. While in the bristles of TE were 17.6 kg, or 7.4%, different from each other values ($P < 0.05$). It is concluded that the addition of nopal in sows during lactation period does not affect food intake of sows, reduces blood glucose levels and reduces the of body weight loss.

Key words: hypophagia, consumption and weight loss.

¹**Tesista.** Edgar Octavio Andrade Hernández. anhdz_octavio@hotmail.com

²**Asesor.** Profesor-investigador. Jefe del Sector de Alimentos de la FMVZ de la UMSNM. Km 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro Tarímbaro, Michoacán. agvantonio@yahoo.com

³**Co- asesor.** Profesor- Investigador. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N, Colonia Viveros. Uruapan, Michoacán. rosa_elenap@yahoo.com

1.0 INTRODUCCIÓN

El principal desafío de los sistemas de producción porcina en la actualidad, es mantener la productividad constante para reducir los costos de producción y poder competir con economías de escala. De esta manera se generaría rentabilidad y supervivencia dentro del sector porcícola (Van Der Peet *et al.*, 2003). Para lograr dichos objetivos, se deben controlar y manipular cada uno de los procesos parciales de producción del sistema (Bello, 2000), priorizando los procesos que definen las fases servicio y gestación y, parto y lactancia; puesto que, el número de lechones producidos por cerda está determinada en dichas fases (Ortiz *et al.*, 2008). De aquí la importancia de la cerda como unidad fundamental del sistema, ya que determina la eficiencia reproductiva, productiva y económica de propio sistema (TOPIGS, 2010).

Con el propósito de mejorar el desempeño productivo de los cerdos, se han implementado diversas prácticas zootécnicas, entre las que se destacan el mejoramiento genético, mismo que se ha enfocado en la producción de cerdos con mayor magrez, mayor prolificidad, mayor producción láctea y mejor conversión alimenticia (Patullo, 2012). No obstante, estas mejoras también han repercutido negativamente en la productividad de las cerdas, debido a las características presentes en las cerdas actuales: 1) menor rusticidad, 2) mayor magrez y, 3) reducción del consumo voluntario de alimento, principalmente durante la lactancia; por mencionar algunos indicadores; características que inciden en una mayor pérdida de peso corporal al destete, asociada al balance energético negativo que presentan las cerdas durante la primera semana de lactancia (Illán, 2008; Neill y Williams, 2011).

El déficit en el consumo voluntario de alimento, por parte de las cerdas, es más marcado al inicio de la fase de lactación (1^{er} semana post-parto); fenómeno conocido como hipofagia fisiológica lactacional, el cual provoca pérdida de peso corporal de la cerda durante esta fase (Illán, 2008; Stephano, 2012), esta disminución del CA, se debe a una la elevada concentración de leptina y glucosa en tejido mamario,

originando resistencia a la insulina y a su vez una reducción en el consumo de alimento voluntario debido a que los metabolitos orexigenos no pueden ejercer su efecto (Gonzáles *et al.*, 2006; Rigon *et al.*, 2008). A la par de lo antes descrito, la elevada concentración de gonadotropinas (LH, FSH) y E2 post-parto también inciden en la reducción del consumo de alimento CA, debido a que inhiben a acción de los neuropeptidos-Y a nivel hipotalámico (Carrión y Mendel, 2002). De esta manera, el déficit en el consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia provoca pérdida de peso corporal (Illán, 2008).

2.0 ANTECEDENTES

2.1 Situación actual de la porcicultura en México

La producción porcina tanto a nivel nacional como internacional, se ha visto inmersa en periodos de crecimiento y de crisis; debido a los llamados ciclos productivos del cerdo, mismos que son regulados esencialmente por la oferta y la demanda en un cierto periodo de tiempo, de esta manera la oferta y la demanda son quienes definen el volumen de producción (Bobadilla *et al.*, 2014). Al respecto, las crisis financieras de los últimos años (aumento en el precio de las materias primas agropecuarias y energéticas) han incidido directamente en la reducción de la rentabilidad, principalmente en pequeños y medianos productores, debido a un aumento en los costos de la alimentación del ganado porcino. Aunado a ello, durante 2009 y principios de 2010, el surgimiento de la influenza (A)/H1N1 también incidió en la reducción de la rentabilidad de los sistemas de producción porcina (SPP), debido a una baja en el consumo de la población por el temor de adquirir dicha enfermedad (Rodríguez y Del Moral, 2010; Becerril *et al.*, 2014).

Respecto a la producción nacional de carne de cerdo en 2009, fue de 1.16 millones de toneladas, el pronóstico de la producción creció hasta un 1.2% promedio anual entre 2000 y 2013, mostrando mayor crecimiento entre 2003 y 2009, periodo en el que se incrementó en promedio 2.0% la producción de carne de cerdo en canal (Becerril *et al.*, 2014). Aun y cuando se ha registrado crecimiento en la producción de carne de cerdo a nivel nacional, dicho crecimiento está supeditado e incluso frenado por factores como: 1) elevados costos de producción; 2) deficiencias en las prácticas zootécnicas (nutrición, sanidad y reproducción, principalmente) y; 3) escasas oportunidades de recursos disponibles (Meraz, 2010).

Por lo descrito en los párrafos anteriores, el principal desafío de los SPP en la actualidad, es mantener la productividad constante para reducir los costos de producción y poder competir con economías de escala. De esta manera se generaría rentabilidad y supervivencia dentro del sector porcícola (Van Der Peet *et al.*, 2003). Para lograr dichos objetivos, se deben controlar y manipular cada uno de los procesos parciales de producción del sistema (Bello, 2000), priorizando los procesos

que definen las fases servicio y gestación y, parto y lactancia; puesto que, el número de lechones producidos por cerda está determinada en dichas fases (Ortiz *et al.*, 2008). De aquí la importancia de la cerda como unidad fundamental del sistema, ya que determina la eficiencia reproductiva, productiva y económica de propio sistema (Topigs, 2010).

2.2 Conducta de alimentación de la cerda

La conducta de alimentación es un aspecto importante en todo el ciclo productivo del cerdo, pero adquiere una especial relevancia en el caso de la cerda lactante (Manteca y Ruiz, 2004). Debido a que el consumo de alimento de la cerda en lactancia tiene efecto en variables como lo son cantidad y calidad de la leche y por lo tanto en el crecimiento de los lechones, pérdida de peso y grasa dorsal, las cuales afectan características reproductivas como el intervalo destete-estro y el tamaño de la camada siguiente (Manteca y Ruiz, 2004; Martínez *et al*, 2012). Los resultados del bajo consumo de alimento durante la lactancia tienen efectos negativos y de tipos diversos. Como lo es: una reducción de la producción láctea, bajo peso de los lechones al destete, menor ganancias de peso de los lechones pos-destete, retraso en la presencia del estro después del destete, así como menor productividad en el parto subsiguiente (Renaudeau, 2008).

Uno de los principales factores que afecta a la ingesta de alimento de las cerdas durante la fase de lactancia es el consumo de alimentación durante la última fase de gestación; un exceso en esta fase provoca una reducción en el consumo de alimento durante la lactancia (Manteca y Ruiz, 2004). No obstante, existen otros factores que alteran el consumo de alimento de la cerda, estos pueden ser intrínsecos o extrínsecos: 1) intrínsecos, estímulos relacionados con las características del alimento (tamaño de partícula, duración de la ingestión, disponibilidad de alimento, interacción social); regulación metabólica del proceso y balance energético y proteico (homeostasis). 2) extrínsecos, factores relacionados con satisfacer las necesidades de producción de leche, (tamaño de camada, duración de lactancia, peso de

lechones destetados), factores ambientales (temperatura, humedad relativa, ventilación, fotoperiodo estacional, entre otros) (Illán, 2008). La interacción de estos factores con respecto al consumo de alimento de las cerdas, se observa en la Figura 1.

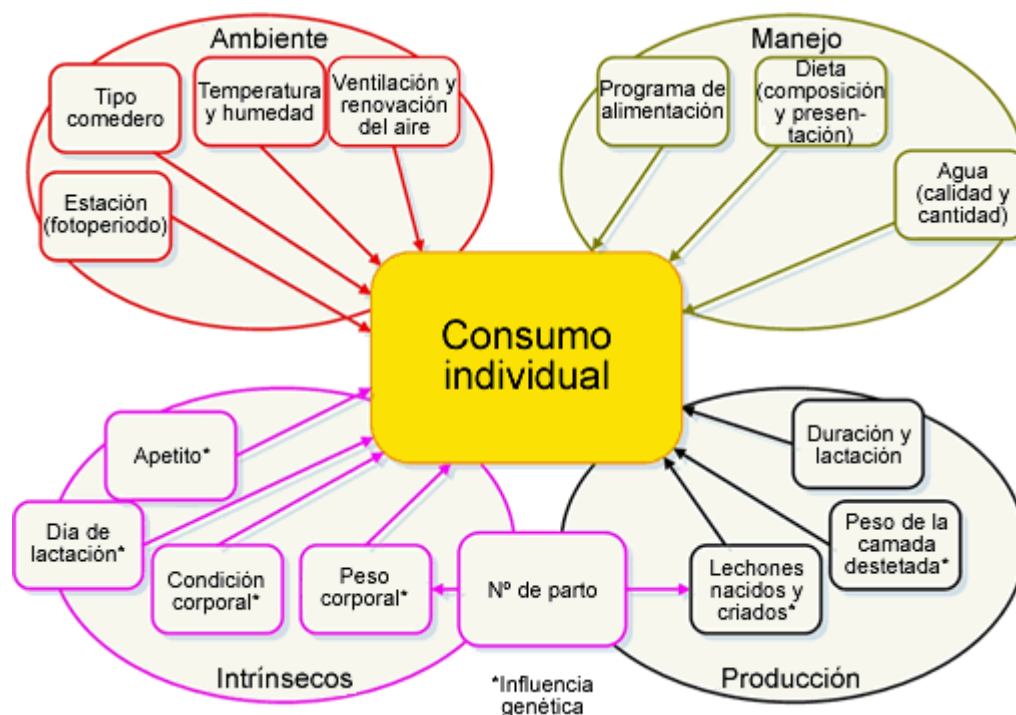


Figura 1. Factores que influyen sobre la ingesta de alimento de las cerdas lactantes.
Fuente: (Illán, 2008).

Aunado a esto con las características reproductivas y productivas que presentan las actuales líneas hiperprolíficas: mayor tamaño de camada, mayor producción de leche, mayor crecimiento de los lechones, y la menor reducción de peso, es esencial un óptimo de alimento (>4.5 kg/día) de las cerdas durante la etapa de lactancia, para garantizar una producción constante y homogénea (Buxadé, 2000). Debido a que la fase de lactancia en la cerda es un periodo de alto riesgo metabólico (mayores requerimientos nutricionales que durante la gestación -Church *et al.*, 2013-) donde se deben satisfacer sus necesidades de mantenimiento, crecimiento y, producción de leche, aunado a ello, un consumo de alimento adecuado lo que favorece menor

pérdida de peso corporal de las cerdas, propiciando menor tiempo de retorno a estro post-destete, mejor calidad de estro y mayor prolificidad en el siguiente parto (Labala *et al.*, 2006; Illán, 2008).

Por lo tanto, las necesidades nutricionales de la cerda en lactación son mucho más demandantes (Church *et al.*, 2013). Por ello, un consumo limitado de alimento (< 4.5 kg/día) durante esta fase provocan desequilibrio entre aportes de nutrientes y sus necesidades (Talegón y Espinosa, 2003). Aunque la cerda tome sus reservas corporales para la producción de leche, la lactancia falla completa o parcialmente si la restricción de nutrientes (menor consumo de alimento) es severa o prologada (Church *et al.*, 2013). Esta restricción voluntaria de alimento de las cerdas lactantes es más marcada durante la primera semana post-parto, lo que genera balance energético negativo y a su vez mayor pérdida de peso corporal de las cerdas al destete (Martínez, 2008; Yoder *et al.*, 2013).

2.3 Desempeño productivo de las cerdas

Con el propósito de mejorar el desempeño productivo de las cerdas, se han implementado diversas practicas zootécnicas, entre las que se destaca el mejoramiento genético en cerdos, mismo que se han enfocado no solo en la producción de cerdos con mayor magrez (<13 mm grasa dorsal), sino además a la obtención de hembras con mayor prolificidad y producción láctea: ≥ 12 lechones nacidos vivos y 10 a 12 kg de leche diarios, con la finalidad de incrementar el número de lechones destetados (>10) y reducir los costos de producción del sistema (Patullo, 2011).

No obstante, estas mejoras genéticas de la cerda también han incidido negativamente sobre otros indicadores; mismos que, determinan la longevidad de las cerdas y eficiencia productiva como lo son: menor rusticidad, pubertad prolongada y disminución en la capacidad de ingesta de alimento (Illán, 2008); siendo esta última, factor determinante para una productividad constante y homogénea de las cerdas.

Puesto que, la reducción en la ingesta de alimento, principalmente en la fase de lactancia, afecta negativamente la productividad de las cerdas, manifestándose en: i) decremento de la producción láctea; ii) menor peso de la camada al destete; iii) reactivación ovárica post-destete tardía; iv) incremento en el intervalo destete-estro (IDE) y; v) reducción en fertilidad y prolificidad en el siguiente parto (Neill y Williams, 2011). Todos estos efectos son relacionados con la pérdida de peso corporal de la cerda por un déficit alimenticio durante la fase de lactación (Fomos y Cerisuelo, 2008).

2.4 Hipofagia fisiológica lactacional

El déficit en el consumo voluntario de alimento, por parte de las cerdas, es más marcado al inicio de la fase de lactación (1^{er} semana post-parto); fenómeno conocido como hipofagia fisiológica lactacional (HFL), el cual provoca pérdida de peso corporal de la cerda durante la lactancia (Illán, 2008; Stephano, 2012). Sin embargo, el efecto de la hipofagia fisiológica lactacional es más drástico en cerdas primerizas (1^{er} y 2^{do} parto), debido a que este tipo de cerdas aún no alcanzan su talla máxima y requieren canalizar el alimento consumido tanto para la producción láctea como para su crecimiento; a diferencia de las cerdas multíparas (>4^{to} parto) que canalizan el alimento consumido principalmente hacia la producción láctea. No obstante, las multíparas también presentan pérdida de peso corporal durante la lactancia, por efecto de la hipofagia fisiológica lactacional; pero, el efecto no es tan drástico como en las primerizas (Pére y Etienne, 2007; Rigon *et al.*, 2008).

La hipofagia fisiológica lactacional origina balance energético negativo mismo que obliga a las cerdas a realizar un ajuste metabólico que se lleva a cabo movilizand sus reservas corporales (grasa y proteína) (Carrión y Medel, 2002). Estos ajustes metabólicos originados por la hipofagia fisiológica lactacional producen cambios en las concentraciones de metabolitos como lo son: glucosa, colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de alta y baja densidad, insulina, factor de crecimiento insulinico, así

como ciertas hormonas como la hormona del crecimiento (HG), hormona folículo estimulante (FSH), hormona luteinizante (HL) y estrógenos (E2) (Galvis *et al.*, 2009).

La ruta metabólica de la hipofagia fisiológica lactacional se asocia a una elevada concentración de la hormona del crecimiento (GH), por efecto del crecimiento logarítmico de los lechones durante la gestación tardía (85 a 114 d de gestación) (García, 2008). Así, la GH aumenta la gluconeogénesis hepática originando disminución de glucosa en tejido periférico, para canalizar mayor cantidad de glucosa a tejido mamario para la producción de lactosa. Aunado a ello, se incrementa la lipólisis para la formación de ácidos grasos no esteroideos (grasa de la leche) precursores de la leptina. Una elevada concentración de leptina origina hipofagia a la cerda por dos vías: 1) a nivel gástrico bloquea los receptores de grehulina y, 2) a nivel hipotalámico bloquea la acción orexígena de los neuropéptidos-Y y proteínas tipo arguti (De Luca, 2003).

En síntesis la elevada concentración de leptina y glucosa en tejido mamario, origina resistencia a la insulina y a su vez una reducción en el consumo de alimento voluntario debido a que los metabolitos orexígenos no pueden ejercer su efecto (González *et al.*, 2006; Rigon *et al.*, 2008). A la par de lo antes descrito, la elevada concentración de gonadotropinas (LH, FSH) y E2 post-parto también inciden en la reducción del consumo de alimento, debido a que inhiben la acción de los neuropéptidos-Y a nivel hipotalámico (Carrión y Medel, 2002). De esta manera, el déficit en el CA de las cerdas durante la lactancia provoca pérdida de peso corporal y en consecuencia, incremento intervalo destete estro, producto de la pérdida de peso corporal (Illán, 2008).

Por lo tanto, se deben buscar estrategias que maximicen el consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia, proporcionando nutrientes enfocados para la producción láctea, ya que, las necesidades nutricionales durante esta etapa se canalizan en mayor medida para la producción de leche llegando a representar hasta el 85% (Martínez, 2008; Sánchez, 2011). Al maximizar el consumo de alimento de las cerdas en lactancia se lograría uno de los principales objetivos de esta fase que es

reducir la pérdida de peso corporal, especialmente durante la fase de hipofagia fisiológica lactacional y optimizar la producción de leche.

2.5 Utilización de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) en la alimentación de las cerdas

Debido a las problemáticas antes descritas, el nopal forrajero (*Opuntia spp.*) es una planta muy atractiva para la alimentación animal, por las bondades que ofrece como lo son: a) alta eficiencia al convertir agua en biomasa; b) su contenido de energía digestible y; c) la disponibilidad de dicho alimento todo el año, por mencionar algunas cualidades (Mendoza, 2012). Por ello, los cactus y específicamente *Opuntia spp.*, han constituido una fuente de forraje útil en tiempos de sequía, primordialmente porque proveen de energía digestible, agua y vitaminas al ganado (rumiantes). No obstante, el nopal también ha sido usado como forraje para la alimentación de monogástricos como es el caso de los cerdos, aunque, son limitadas las investigaciones en el ganado porcino (Mondragón-Jacob y Pérez-González, 2003).

El nopal (*Opuntia ficus indica*) se caracteriza por ser un forraje fresco, succulento, de buena palatabilidad y susceptible de explotarse todo el año (Rendón, 2014). Este tiene altos contenidos de ceniza y agua, pero bajos contenidos de proteína (Tabla 1). Por otro lado, debido al alto contenido de agua del nopal, los animales alimentados con dietas complementarias a base de este reducen substancialmente el consumo de agua al incrementar los niveles de consumo de *Opuntia ficus-indica* (Mendoza, 2012).

Tabla. 1 Características bromatológicas de *Opuntia ficus-indica* en base seca.

Característica	Promedio	D.E.
Humedad [%]	89.62	0.69
Materia Seca [%]	10.38	0.69
Extracto Etéreo [%]	0.23	0.13
Fibra Cruda [%]	28.80	5.04
Proteína Cruda [%]	5.64	0.53
Cenizas [%]	24.50	2.86
E.L.N. [%]	40.83	8.11

Fuente (Análisis bromatológico FMVZ-UMSNH, 2014).

Dentro de otras cualidades que posee el nopal (propiedad hipoglicémica) reportadas por Laurenz *et al*, (2003) el aprovechamiento de las características lo hacen atractivo como complemento forrajero en la dieta de cerdos, puesto que podría contribuir, en cierta medida, a resolver los problemas asociados con la hipofagia fisiológica lactacional al utilizarse como complemento de la dieta de cerdas gestantes y lactantes, puesto que: 1) aumentaría el volumen de la dieta propiciando distensión gástrica misma que podría ayudar a incrementar la ingesta de alimento en lactancia; 2) por sus propiedades hipoglicémicas podría aminorar el efecto de resistencia a la insulina durante la HFL; 3) podría eliminar el balance energético negativo de las cerdas en lactancia y a su vez eliminar el desfase productivo del 2^{do} parto y; 4) reducir costos de producción, por la disminución de alimento de tipo comercial en la ración.

De acuerdo con los antecedentes anteriormente citados, la adición del nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes puede disminuir los niveles de glucosa sanguínea durante la hipofagia fisiológica lactacional, lo que ocasionaría el incremento del consumo voluntario de alimento de las cerdas durante la fase de lactancia.

3.0 OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la adición de nopal a la dieta de las cerdas durante el periodo de lactación.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el efecto del nopal como complemento durante la fase de lactancia.
- Evaluar el efecto del nopal como complemento sobre los niveles de glucosa sanguínea presentes en la fase de lactancia.
- Evaluar el efecto del nopal sobre la pérdida de peso corporal de las cerdas en fase de lactancia.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en el sector porcino de la posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UMSNH, ubicada en la carretera Morelia–Zinapécuaro km 9.5, Tarímbaro, Michoacán, México, situada a 1.860 msnm, a 19°46'24" norte y 101°7'08" oeste (INEGI, 2014). Se utilizaron 12 cerdas de genotipo híbrido (Yorkshire x Landrace x Pietrain), en fase de lactancia. Se formaron dos tratamientos: Tratamiento 1 (n=6) cerdas alimentadas con alimento balanceado y Tratamiento 2 (n=6) cerdas alimentadas con alimento balanceado más nopal (1% de nopal de acuerdo al peso corporal de la cerda), el alimento balanceado suministrado a las cerdas se elaboró en el taller de nutrición de la misma facultad, cuyas características bromatológicas se muestran en la Tabla 2. Se les proporciono 6 kg de alimento, 3 kg por la mañana (8:00 am) y 3 kg por la tarde (2:00 pm) en ambos tratamientos, la única variante es que en el T2 se adicionó el 1% de nopal según el peso corporal de la cerda, mismo que se suministró en la ración matutina. El sobrante del alimento se pesó diariamente por la mañana previa a la alimentación durante los 21 días de lactación, con una báscula (BAC-300, Rhino®) con capacidad mínima de 100g y máxima de 300kg, con la finalidad de determinar el consumo de alimento de cada cerda.

Tabla 2. Análisis bromatológico del alimento para las cerdas durante la lactancia en base seca.

Características	Concentrado	Nopal
Humedad %	12.0	89.95
Cenizas %	10.0	26.55
Fibra %	6.0	32.90
Proteína Cruda %	16.0	5.29
Extracto Etéreo %	5.5	0.57
E.L.N. %	62.5	34.69

Fuente (Análisis bromatológico FMVZ-UMSNH, 2014).

En cada grupo se midió: peso vivo de las cerdas al momento de entrar a la sala de maternidad (5 d pre-parto) y al destete (21 d post-parto), con bascula para ganado

(Anpesa®) con capacidad máxima de 1000 kg; así mismo, se evaluó la pérdida de peso corporal en la fase de lactación; este peso se determinó con una báscula digital (BAC-300 Rhino®) con capacidad mínima de 100g y máxima de 300 kg. La cuantificación de glucosa sanguínea se realizó mediante un glucómetro para humanos (ACCU-CHEK®). La glucosa se midió en ayunas (pre-pradial) a las 7:30 am, los días 3, 7, 10, 14, 17 y 21 de lactancia, realizando una punción con aguja en la vena auricular posterior para extracción sanguínea, para su posterior análisis y registro.

Con la información recabada, se elaboró una base de datos para su análisis estadístico, mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) (SAS, 2000). Las diferencias entre tratamientos se realizaron bajo el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) (SAS, 2000).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo voluntario de alimento balanceado durante la fase de lactancia.

En relación al consumo de alimento balanceado (CAB) de las cerdas durante la fase lactación se encontró que, el Tratamiento no afectó ($P > 0.05$) el CAB promedio/día/semana ni al CAB total durante la fase lactación (FL) (Cuadros 1 y 2); resultados en los cuales, no se consideró el consumo de nopal (CN) de las cerdas sometidas a la dieta experimental. Puesto que, en este primer acercamiento a los resultados se pretende discutir, únicamente, el CAB. Para posteriormente, discutir los resultados del CN -tanto en base 88% de materia seca (MS) como en base fresca- más el CAB.

Cuadro 1. Consumo de alimento (kg d^{-1}) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactación.

Semana	Tratamiento Experimental		Tratamiento Testigo	Diferencia Tes - Exp (Kg)
	CAB (Kg)	CN* (Kg)	CAB (Kg)	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	
1	$2.771^{a1} \pm 1.368$	0.221 ± 0.088	$3.290^{a1} \pm 1.442$	0.519
2	$4.866^{b1} \pm 1.263$	0.271 ± 0.152	$4.904^{b1} \pm 1.427$	0.018
3	$5.304^{c1} \pm 0.853$	0.245 ± 0.036	$5.100^{c1} \pm 1.619$	- 0.200

CAB= Consumo voluntario de alimento balanceado; CN= Consumo voluntario de nopal; *=Consumo de nopal (88% de MS); Tes= Tratamiento testigo; Exp=Tratamiento experimental

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

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

Como se puede observar en el Cuadro 1, las cerdas que recibieron la dieta experimental presentaron un CAB igual ($P > 0.05$) al de las cerdas del tratamiento testigo, en cada una de las semanas de lactación analizadas. Sin embargo, las cerdas sometidas a la dieta testigo consumieron 519 g más en promedio/día en la 1^a semana de lactación. Para la 2^a semana de lactancia, la diferencia del CAB del tratamiento testigo fue de 18 g más (en promedio/día) que las cerdas de la dieta experimental. Mientras que, para la 3^a semana de lactancia, el CAB de las cerdas del tratamiento testigo fue de -200 g/día con respecto al consumo de las cerdas del tratamiento experimental. Aun y cuando las diferencias en el consumo total de alimento entre tratamientos dentro de cada semana son altas, el no encontrar

diferencias estadísticamente significativas se atribuye, a la variación en el consumo de las cerdas dentro cada tratamiento y al bajo número de repeticiones de los mismos.

Entorno a los resultados del CAB/semana en ambos tratamientos, Capdevila (2006) estableció que, las cerdas presentan un consumo de alimento promedio de 3.210, 5.740 y 6.770 kg/día, en la 1ª, 2ª y 3ª semana de lactancia, respectivamente. Consumos de alimento que difieren con los resultados del presente trabajo, puesto que, el CAB de la 1ª semana de las cerdas del tratamiento experimental está por debajo del promedio citado. En lo referente a los resultados de la 2ª y 3ª semana de lactación, para ambos tratamientos, estos fueron inferiores (1.000 kg) a lo establecido por el citado investigador.

La diferencia en el CAB, específicamente en las dos primeras semanas de lactación, entre los resultados obtenidos en la presente investigación y lo referido por Capdevila (2006), pudieron deberse a factores que alteran el consumo de alimento de la cerda, tales como: el peso vivo de las cerdas, características del alimento (tamaño de partícula), disponibilidad de alimento, balance energético y proteico, producción de leche (tamaño de camada), temperatura, humedad relativa, ventilación, época del año, genotipo de la cerda, entre otros (Illán, 2008; Fomos y Cerisuelo, 2008).

Por el contrario, la diferencia de CAB (519 g) durante la 1ª semana de lactación en cerdas con dieta experimental y testigo (2.771 y 3.290 kg/día, respectivamente), posiblemente se debió a las características del alimento, específicamente al CN. En donde las cerdas del tratamiento experimental no fueron adaptadas al consumo de esta cactácea previo al parto y, la adición del nopal en base fresca (1.965 ± 0.200 kg/día); lo que implicó mayor volumen, puesto que, este es un alimento voluminoso (Mondragón-Jacob y Pérez-González, 2003) y probablemente no permitió un incremento en el CAB/día en la 1ª semana de lactación que, provocara una menor diferencia en el CAB (519 g diarios), respecto al consumo de las cerdas de tratamiento testigo. Sin embargo, el CN durante la 1ª semana de lactación pudo tener un efecto de distensión gástrica permitiendo que la diferencia entre CAB en la 2ª

semana de lactancia fuera menor (18 g diarios), e incluso, superior (200 g diarios) en las cerdas sometidas a la dieta experimental durante la 3ª semana de lactación (Cuadro 1). Santomá y Pontes (2011), determinaron que el consumo de alimento fibrosos previo al parto provocan la preparación gástrica (distensión) para un mayor consumo de alimento post-parto.

De acuerdo con los valores consignados en el Cuadro 2, específicamente en cuanto al CN (en base 88% MS), las cerdas del Tratamiento experimental consumieron en promedio 221 a 271 g diarios de nopal, en fase de lactancia. Con respecto a estos resultados, las investigaciones sobre insumos voluminosos y su efecto en el consumo de alimento han demostrado que, en el caso de un alimento poco voluminoso y con gran concentración de energía, el consumo de este está regulado por la demanda energética del propio animal. Por el contrario, un alimento muy voluminoso y de baja densidad energética, la capacidad del tubo digestivo es la que limita el consumo del alimento (Shimada, 2003). Sin embargo, el contenido de agua o los insumos con gran contenido de agua (como sería el caso del nopal) puede influir en el consumo de alimento en dos formas: aumentando la ingestión, al mejorar características organolépticas como la textura, o ejerciendo un efecto diluyente en la densidad física y energética (por aumento del volumen), lo que limita el consumo del alimento (Gonzáles y Espino, 2009).

Cuadro 2. Promedio de consumo de alimento (kg d⁻¹) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactación.

Semana	Tratamiento experimental			Tratamiento Testigo
	Nopal (88% MS)	AB	AB+NOPAL (88% MS)	AB
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
1	0.221 ± 0.088	2.771 ± 1.368	2.992 ^a ± 1.355	3.290 ^a ± 1.442
2	0.271 ± 0.152	4.866 ± 1.263	5.138 ^a ± 1.264	4.904 ^a ± 1.427
3	0.245 ± 0.036	5.304 ± 0.853	5.550 ^a ± 0.856	5.100 ^a ± 1.619
		Consumo $\bar{x} \pm s$	4.560 ^a ± 1.619	4.421 ^a ± 1.684
		Consumo Total	95.767 ^a ± 5.884	91.367 ^a ± 3.353

^{a,b,c} Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05) dentro de fila

Los resultados y la discusión del CAB demuestran que las cerdas, durante la fase de lactación, incrementan el consumo ($P < 0.05$) conforme transcurren las semanas en dicha fase (Cuadro 1). Sin embargo, otra forma de abordar el CAB de las cerdas post-parto es a través del promedio diario del consumo de alimento durante la fase de lactancia (Cuadro 2). Al respecto, Buxade (2000) y Baucells (2003), establecieron que, para garantizar una producción constante y homogénea de las cerdas durante la lactancia estas deben consumir ≥ 4.5 kg diarios de alimento en la fase de lactancia. Promedio similar al observado en las cerdas sometidas a la dieta experimental (4.560 kg/día) e inferior, en tan solo 79 g, en el consumo de las cerdas del tratamiento testigo (4.421 kg/día) (Cuadro 2).

Finalmente, en lo que concierne al CAB, se encontró que, el CAB total durante la fase de lactancia fue de 95.767 ± 5.884 kg y 91.367 ± 3.353 kg, para las cerdas del Tratamiento experimental y el testigo, respectivamente; ambos promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$) entre sí. Resultado inferior al reportado por Van Der Peet *et al.* (2003) y Baucells (2013): 120 kg, pero además, establecen que dicho consumo total, en lactancias de 21 días, está afectado por el tipo de cerdas: multíparas 136.5 y primíparas 105.0 kg.

La diferencia entre el consumo de alimento de primíparas y multíparas se debe principalmente al tamaño de camada, puesto que las cerdas primíparas tienen camadas menos numerosas en comparación con las multíparas (Mota *et al.*, 2004). Al respecto, en este trabajo no se encontró efecto de número de parto sobre el CAB ($P > 0.05$). Lo que sugiere, que existieron otros factores vinculados a los resultados del CAB total en la presente investigación, tales como: genotipo de las cerdas, masa corporal de la cerda, características del alimento (tamaño de partícula), balance energético y proteico, producción de leche inherente a la genética de cerda, ventilación, entre otros (Capdevila, 2006; Pére y Etienne, 2007; Illán, 2008; Fomos y Cerisuelo, 2008), mismos que no fueron evaluados en este trabajo.

Consumo voluntario de la dieta experimental (alimento balanceado más nopal en base fresca) durante la fase de lactancia.

Los resultados del consumo de alimento (CA), considerando el nopal en base fresca (BF), determinaron un mayor CA ($P < 0.05$) en la 1ª, 2ª y 3ª semana de lactación en cerdas del Tratamiento experimental (Cuadro 3; Figura 2). Lo que sugiere que el CN en BF durante la lactancia promovió la distensión gástrica y disminuyó el efecto de factores fisiológicos que impiden un mayor CA durante la fase lactación, como lo es: la hipofagia lactacional (Pére y Etienne, 2007); en donde, los altos niveles de glucosa post-parto provocan menor ingestión voluntaria de alimento en las cerdas lactantes, específicamente durante la 1ª semana post parto (Gonzáles *et al.*, 2006; Matthew, 2008).

Cuadro 3. Promedio de consumo de alimento (kg d^{-1}) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactación.

Semana de lactación	Tratamiento		
	CN*	Experimental (AB+CN*)	Testigo (AB)
	$\bar{x} \pm S$	$\bar{x} \pm S$	$\bar{x} \pm S$
1	1.768 ± 0.704	$4.538^{a1} \pm 1.407$	$3.290^{a2} \pm 1.424$
2	2.168 ± 1.216	$6.819^{b1} \pm 1.306$	$4.905^{b2} \pm 1.410$
3	1.960 ± 0.288	$7.271^{c1} \pm 0.909$	$5.100^{c2} \pm 1.599$

AC= Alimento comercial; CN*= Consumo de nopal en base fresca.

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

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

Posiblemente el mayor CA voluntario de las cerdas/semana del Tratamiento experimental se debió a dos factores: 1) el nopal al ser hipoglicémico (Laurenz *et al.*, 2003; Alarcón *et al.*, 2003) origina una disminución de glucosa sanguínea, en las cerdas durante las dos primeras semanas de lactancia. Ello posiblemente originó que, la resistencia a insulina fuera menor y el centro regulador del apetito se normalizara; puesto que, durante la 1ª semana de lactancia, las hembras del Tratamiento testigo presentaron altas concentraciones de glucosa ($73.0 \pm 9.5 \text{ mg/dl}$) vs cerdas del tratamiento experimental ($60.3 \pm 5.7 \text{ mg/dl}$) (Cuadro 4, Figura 2) y estas concentraciones provocaron resistencia a la insulina (Gonzáles *et al.*, 2006)

cuya consecuencia es la disminución de consumo voluntario de alimento (Matthew, 2008) y, 2) el nopal por su alto contenido de fibra puede provocar una mayor distensión gástrica (Ylonem *et al.*, 2003), lo que posiblemente provocó mayor CA en cerdas sometidas a la dieta experimental (CN), específicamente en la 2ª y 3ª semana de lactación (Cuadro 3).

Cuadro 4. Promedio de glucosa sanguínea (mg/dl) de acuerdo al tratamiento y a la semana de lactación.

Semana de lactación	Tratamiento	
	Experimental (AB+CN*)	Testigo (AB)
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
1	60.3 ^{a1} $\pm$ 5.7	73.0 ^{a2} $\pm$ 9.5
2	57.5 ^{b1} $\pm$ 7.2	65.6 ^{b2} $\pm$ 4.7
3	64.6 ^{ac1} $\pm$ 9.9	64.6 ^{b1} $\pm$ 10.7

AC= Alimento comercial; CN*= Consumo de nopal en base fresca.

a,b,c Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de columna.

1,2 Numerales diferente indican diferencia estadística ($P < 0.05$) dentro de fila.

En relación a los niveles promedio de glucosa sanguínea registrados en las cerdas durante la 2ª semana de lactancia, estos fueron menores en el grupo de cerdas sometidas a la dieta experimental ($P < 0.05$), en comparación con las cerdas del tratamiento testigo (Cuadro 4) e incluso, menor al valor mínimo normal que establecen Nuñez y Bouda (2007): 66.0 mg/dl. Para la 3ª semana, los valores promedio de glucosa en ambos tratamientos fueron iguales entre sí ($P < 0.05$): 64.6 mg/dl.

Este mayor CA/cerda/semana en base fresca influyó en el CA total, durante la lactancia, del Tratamiento experimental (130.4 kg) vs testigo (91.4 kg), posiblemente al estabilizarse el centro regulador del apetito, por la disminución de glucosa sanguínea atribuida a efecto del nopal (aspecto que se discutirá a continuación), se incrementó el CA en base fresca total durante la lactancia (Figura 2): CN de 39.8 kg/cerda más 90.6 kg/cerda de CAB. Sin embargo, el CAB en ambos tratamientos, como ya se mencionó anteriormente, fue igual ($P > 0.05$): 90.6 y 91.4 kg, en el Tratamiento experimental y testigo, respectivamente.

Carrión y Medel (2002) indican que la disminución CA en la 1ª semana post-parto se asocia más a una modificación en los metabolitos sanguíneos; que a un problema de distensión gástrica. Por lo que, el nopal al poseer buena digestibilidad y un alto contenido de agua ($\geq 80\%$) (Mondragón-Jacob y Pérez-González, 2003) repercutió positivamente en la distensión del estómago de las cerdas del Tratamiento experimental, sin afectar el CAB en este tratamiento (Cuadro 1).

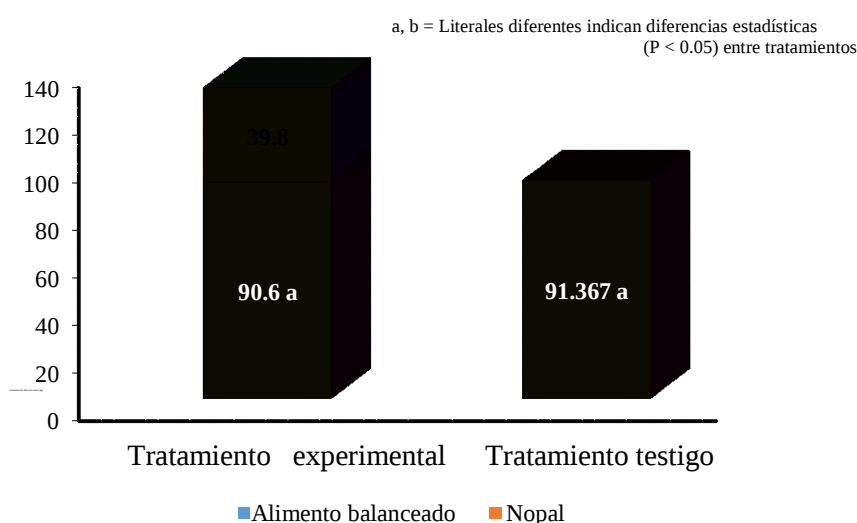


Figura 2. Alimento balanceado consumido (kg) durante la fase de lactancia más consumo de nopal en base fresca (kg) de acuerdo al tratamiento.

En relación a la estabilización del centro regulador del apetito (durante la primera semana de la fase de lactación) debido a la disminución de glucosa en sangre, se pudo observar que, las cerdas con CN más AB, presentaron niveles de glucosa sérica menores ($P < 0.05$) a los niveles de glucosa presente en cerdas del Tratamiento testigo (Figura 3). Además, los resultados permitieron establecer que, los niveles de glucosa sanguínea, en el 3^{er} día post-parto y del inicio del suministro de nopal fueron menores ($P < 0.05$) que, en las cerdas del tratamiento testigo;

tendencia que continuó hasta el 7^{mo} día de lactancia, para posteriormente incrementarse en los subsiguientes días del periodo de lactación (Figura 3).

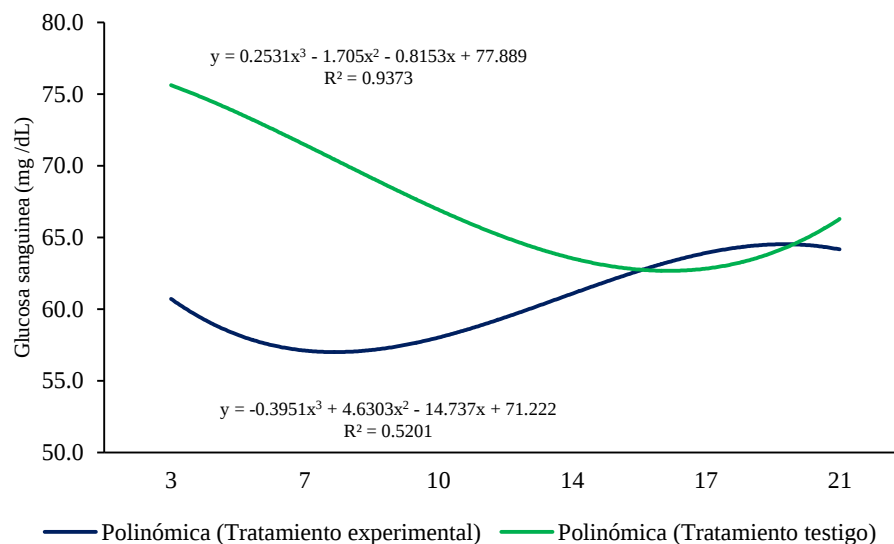


Figura 3. Glucosa sanguínea (mg/dl) durante la fase de lactancia de acuerdo al tratamiento.

En relación a los niveles de glucosa en las cerdas del Tratamiento testigo, en estas, la glucosa desciende paulatinamente conforme avanza el periodo de lactación (Figura 3). No obstante, el decremento no es tan marcado como en el tratamiento experimental. Ello debido a que no existió un factor, como el nopal, que mitigara el efecto de la hipofagia fisiológica lactacional: incremento de glucosa y otros metabolitos sanguíneos relacionados con el metabolismo del apetito (Rigón *et al.*, 2008).

Quesnel *et al.*, (2009) y Capdevila (2006) establecen que, la disminución del consumo de alimento durante la primera semana de lactancia, está asociado con la edad de la cerda; así como, a los procesos metabólicos por los que atraviesa la cerda en el último tercio de la gestación y la 1^a semana post-parto: aumento de glucosa sanguínea, mismas que tiene efecto sobre la regulación del apetito (Angulo

et al., 2009; Echeverry *et al.*, 2012). Fenómeno que está directamente relacionado con una elevada concentración de glucosa sanguínea (Quesnel *et al.*, 2009); concentración que tiene efecto detrimental sobre el consumo de alimento de las cerdas. El mecanismo que desencadena el incremento de glucosa sanguínea inicia en el último tercio de la gestación y está determinado por el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1); mismo que, propicia un aumento de la hormona de crecimiento (HG) y una mayor síntesis de glucosa para el desarrollo las fibras musculares secundarias (glucógeno) de los lechones entre el día 85 a 95 de gestación (Matthew 2008). Así mismo, este aumento de IGF-1, glucosa e insulina a nivel sanguíneo en el último tercio de la gestación propicia la diferenciación y proliferación de células mamarias y estimula la lactogénesis (Corino *et al.*, 2009).

García (2008), analizó el efecto del incremento de la glucosa y la resistencia a insulina en mujeres embarazadas, las cuales mostraron un estadio de diabetes gestacional en el último tercio de gestación. Esta diabetes gestacional propicia aumento de la glucosa sanguínea por un efecto de resistencia a la insulina, el cual se origina debido al desarrollo del feto y la glándula mamaria. Este mecanismo finalmente tiene repercusiones detrimentales sobre el apetito de las mujeres al finalizar el embarazo y después del parto (Ramirez y Rebolledo, 2006). Es un hecho que el fenómeno antes descrito también se presenta en las cerdas durante el último tercio de gestación y postparto.

La demanda energética en la producción láctea requiere de metabolizar mayor cantidad de glucosa y ácidos grasos, principalmente en la primera semana postparto, para la formación del calostro (Foisnet *et al.*, 2010). Sin embargo, el déficit en el consumo de alimento durante la 1ª semana de lactancia es cubierto por la remoción de grasa corporal y esto origina pérdida de peso corporal, cuyo efecto es una menor capacidad reproductiva de la cerda después del destete (Trollet, 2005). Pére y Etienne (2007) establecen que, en la 1ª semana postparto, las cerdas poseen menor sensibilidad a receptores de insulina, lo cual propicia una remoción más lenta de glucosa sanguínea, y a su vez un mayor efecto de este metabolito sobre el CA, lo que ocasiona mayor pérdida de peso al final de la lactancia y una menor

eficiencia reproductiva post-destete. Aspecto que, concuerda con los resultados de la presente investigación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio de pérdida de peso corporal de las cerdas de acuerdo al tratamiento.

Variable	Tratamiento	
	Experimental (AB+CN*)	Testigo (AB)
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Peso Pre-parto	226.6 ^a $\pm$ 33.3	245.6 ^a $\pm$ 14.7
Peso Post-destete	209.0 ^a $\pm$ 24.1	210.3 ^b $\pm$ 13.4
Pérdida de peso (kg)	17.6 ^a $\pm$ 9.8	34.0 ^b $\pm$ 2.2
Pérdida de peso (%)	7.4 ^a $\pm$ 3.3	14.4 ^b $\pm$ 0.7

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

Se ha reportado que la pérdida de peso corporal de la cerdas, al final de la fase de lactación, superior al 10%, afecta los indicadores productivos posteriores, como el incremento del IDE y el porcentaje de servicios repetidos, lo que se asocia a una reducción del tamaño de camada en el siguiente parto (Neill y Williams, 2011). Así mismo, una productividad eficiente de las cerdas se relaciona con un elevado CA durante el periodo de lactación (>6.0 kg diarios), mismo que se refleja en la producción láctea y pérdida de peso corporal al destete (Capdevilla, 2006). La pérdida de peso corporal al destete de las cerdas del tratamiento testigo fue del 34.0 kg o del 14%. Mientras que, en las cerdas del tratamiento experimental fue de 17.6 kg o del 7.4%, valores diferentes entre sí ($P < 0.05$). Posiblemente, las cerdas del tratamiento experimental tuvieron una pérdida de peso corporal al destete menor debido a que el nopal provee de carbohidratos no estructurales, mismos que son rápidamente asimilables por las cerdas y aportan energía. Además, la cantidad de fibra (30%), nitrógeno total digestible (64%), Calcio (1.4%) y Fosforo (0.2%) que aporta el nopal (Mondragón-Jacob y Pérez- González, 2003) lo que pudo provocar una mayor digestibilidad del alimento balanceado. Así, estos factores y la disminución de la glucosa, pudieron contribuir a que las cerdas presentaran menor remoción de reservas corporales para la síntesis de leche y en consecuencia, perdieron menos peso al culminar la fase de lactancia.

6 CONCLUSIONES

- La adición de nopal fresco en la dieta a las cerdas durante la fase de lactancia, no afectó el consumo de alimento balanceado promedio/día/semana, ni al consumo de alimento balanceado total durante la lactancia.
- La adición del nopal en base en fresca a la dieta de cerdas durante la fase de lactación disminuyó las concentraciones de glucosa en las cerdas, en las tres semanas evaluadas en comparación de las cerdas sin la adición de nopal.
- Las cerdas con la adición de nopal tuvieron menor pérdida de peso corporal de la cerda durante esta fase.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, A.F.J.; Valdez, A.A.; Xolalpa, M.S.; Banderas, D.T.; Jiménez, E.M.;Hernández, G.E.; y Román, R.R. 2003. Hypoglycemic activity of two polysaccharides isolated from *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia streptacantha*. Proc West Pharmacol Soc. 46: 139-142.
2. Angulo, A.J.; Mahecha, L.L.; y Olivera, A.M. 2009. Síntesis, composición y modificación de la grasa de la leche bovina: Un nutriente valioso para la salud humana. *Revista MVZ Córdoba*. Vol. 14. pp. 1856- 1866.
3. Baucells, A.F. 2003. Suplementos nutricionales para cerdas en lactancia. **3tres3 La página del cerdo**. [En Línea]: http://www.3tres3.com/nutricion/suplementos-nutricionales-para-cerdas-en-lactacion_581/ [Consulta: 8/10/14].
4. Beccerril, G.I.R.; Medina, G.M.L.; Cortés, A.J.L. y Sánchez, A.P. 2014. Aspectos socioeconómicos de la porcicultura en la última década parte 2. Los poricultores y su entorno. Año 15 (número 99) pp. 106:110.
5. Bello, O.R. 2000. Propuesta metodológica para el analisis de sistemas porcolas intensivos (Tesis de grado) MSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia.. México. pp 63-72.
6. Bobadilla, S.E.E.; Rouco, Y.A.; García, G.J. y Martínez, C.F.E. 2014. Rentabilidad y costos de producción en granjas porcinas productoras de lechón, en el centro del estado de México. *Cien Agric* 2011; 20(2): 87-95.
7. Buxadé, C.C. 2000. Producción porcina: aspectos claves. 2ºEd. Ediciones Mundi-Presna, pp. 292-294
8. Capdevila, P.J. 2006. Alimentación de cerdas lactantes II. **3tres3 La página del cerdo**. [En línea]: http://www.3tres3.com/alimentacion_cerda/alimentacion-de-cerdas-lactantes-ii_1669/ [Consulta: 11/08/14].
9. Carrión, D.; y Medel, P. 2002. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. XVII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 05/14-17. España. 27-70 pp.
10. Church D.C.; Pond, W.Q.; y Pond, R.R. 2013. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2ºEd. Editorial Limusa. México. D.F. pp. 499-500.

11. **Corino, C.; Pastorelli, G.; Rosi, F.; Bontempo, V.; y Rossi, R. 2009.** Effect of dietary conjugated linoleic acid supplementation in sows on performance and immunoglobulin concentration in piglets” *Journal of animal science*. [En línea]: <http://www.journalofanimalscience.org/content/87/7/2299.full.pdf> [Consulta: 11/11 2014].
12. **De Luca, L. 2003.** Fisiopatología del hígado de las vacas de alta producción. Buenos Aires, Argentina. [En Línea]: <http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Alimentacion/Fisiopatolog%C3%ADa%20del%20H%C3%ADgado%20de%20las%20Vacas%20de%20Alta%20Producci%C3%B3n.doc> [Consulta: 12/11/14].
13. **Echeverry, D.M.; Penagos, F.; y Ruiz, Z.T. 2012.** Papel de la leptina y su receptor en la glándula mamaria bovina. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*. [En línea]: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/809/> [Consulta: 17/11/ 2014].
14. **Foisnet, A.; Farmer, C.; David, C.; y Quesnel, H. 2010.** Relationships between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *Journal of animal science*. [En línea] Vol. 88 Pag. 1672 – 1683. [En línea]: <http://www.journalofanimalscience.org/content/88/5/1672.full.pdf+html> [Consulta: 11/11/14].
15. **Fomos, J. y Cerisuelo, A. 2008.** Alimentación en cerdas. **Ediporc**. (120): 28-33.
16. **Galvis, R.D.; Correa, H.J.; y Ramírez, N.F. 2009.** Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energetico y proteico y las concentraciones plasmaticas de insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. *Rev. Colom. Cienc. Pec.* 16(3), pp. 237-248.
17. **García, C. 2008.** Diabetes mellitus gestacional. **Artemisa en línea** [En línea]: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2008mim082h.pdf>. [Consulta: 24/08/2014].
18. **Gonzáles, H.M.E.; Ambrosio, M.K.G.; y Sánchez, E.S. 2006.** Regulación neuroendócrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energetico. *medigraphic Artemisa*. VIII(3) 191-200.

19. **González, M.E y Espino, G.A. 2009.** Efecto del tratamiento térmico en alimento para cerdos en engorda (10 a 100 kg de peso). (Tesis de licenciatura) FMVZ-UMSNH. Morelia, Michoacán, México. pp. 15.
20. **Illán, S. 2008.** Comportamiento alimentario de las cerdas lactantes en condiciones de altas temperaturas. **3tres3 La página del cerdo.** [En línea]: http://www.3tres3.com/nutricion/comportamiento-alimentario-de-cerdas-lactantes-bajo-altas-temperaturas_2184/. [Consulta: 30/08/2014].
21. **INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014.** Información nacional, por entidad federativa y municipios. Tarimbaro, Michoacán de Ocampo. [En línea]: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> [Consulta: 25/08/ 2014].
22. **Labala, J.; Sánchez,M.; y Estévez, A. 2006.** Alimentación de la hembra en la etapa de lactancia. **www.produccion-animal.com.** [En línea]: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-v-congreso_prod_porcina/05-labala_31.pdf [Consulta: 8/10/14].
23. **Laurenz, J.C.; Collier, C.C.; y Kuti, J.O. 2003.** Hypoglycemic effect of Opuntia lindheineri Englem in a diabetic pig model. Phytother Res. 17: 26-9.
24. **Manteca, X. y Ruiz, T.J.L. 2004.** Conducta de alimentación de la cerda lactante: importancia del agua y temperatura. **3tres3 La página del cerdo.** [En línea]: http://www.3tres3.com/comportamiento/5-conducta-de-alimentacion-de-la-cerda-lactante-importancia-del-agua_8015/ [Consulta: 10/08/14].
25. **Martínez, C.A.; Rodríguez, A.P.; Bernal, Y.L.; y Manríquez, C. 2012.** Modelo para curva de consumo de cerdas lactantes en una piara comercial. Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal. [En línea]: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/2458/2313>. [Consulta: 15/10/14].
26. **Martínez, R.R. 2008.** Aspectos de la alimentación de las cerdas lactantes. **Porcicultura.com.** [En línea]: http://www.porcicultura.com/uploads/temp/Articulo_Aspectos_Practicos_de_la_Alimentacion_de_las_Cerdas_Lactantes.pdf [Consulta: 8/10/14].

27. **Matthew, L.C. 2008.** Repartición de los nutrientes y función reproductiva en vacas lecheras. [En línea]: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/29-reproduccion.pdf. [Consulta: 16/11/2014].
28. **Mendoza, O.J.L. 2012.** Efecto de diferentes niveles de inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de vacas Holstein sobre la producción de leche en época de estiaje. (Tesis de licenciatura) FMVZ-UMSNH. Morelia. Michoacán. México. pp. 19-21.
29. **Meraz, F.R. 2010.** La porcicultura es una importante actividad económica en el mundo, pero en México es poco explotada y un tanto su producto desdeñado. [En línea]: <http://www.midiotecavipec.com/notas/notadiaria030810.htm> [Consulta: 9/08/2014].
30. **Mondragon-Jacob, C. y Pérez-Gonzalez, S. 2003.** El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. [En línea]: http://books.google.com.mx/books?id=oSrtV5X_x3YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Consulta: 2/09/2014].
31. **Mota, D.; Alonso, S.M.L.; Ramírez, N.R.; Cisneros, P.M.A.; Torres, A.V.; y Trujillo, O.M.E. 2004.** Efecto de la pérdida de grasa dorsal y peso corporal sobre el rendimiento reproductivo de cerdas primíparas lactantes alimentadas con tres diferentes tipos de dietas. **Rev. Cientif. FCV-LUZ. XIV(1):** 13-19.
32. **Neill, C. y Williams, N.C. 2011.** Producción de leche y necesidades alimenticias en cerdas (I). **3tres3 La página del cerdo.** [En línea]: <http://www.3tres3.com/nutricion/produccion-de-leche-y-necesidades-alimentarias-en-cerdas-i-3284/>. [Consulta: 28/08/2014].
33. **Núñez, L.O.; y Bouda, J. 2007.** Patología clínica veterinaria. *UNAM-FMVZ Departamento de patología.* 1ra edición. Pág. 135 México, D.F.
34. **Ortiz, R.R.; Ortega, R.; y Becerril, J. 2008.** Efectos ambientales en cerdas sometidas a lactancias de 12 y 21 días en México. Características de la productividad. *Rev Comp Prod Porc*;15(3): 342-344.

35. **Patullo, H. 2011.** Influencia de la alimentación en la productividad de la cerda. **Porcicultura.com.** México. [En línea]: http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=769 [Consulta: 27/08/2014].
36. **Père, M.C. y Etienne, M. 2007.** Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **J Anim Sci.** 85(1):101-10.
37. **Quesnel, H.; Meunier-Salaün, M.C.; Hamard, A.; Guillemet, R.; Etienne, M.; Farmer, C.; Dourmad, J.Y.; y Père, M.C. 2009.** Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. **Journal of animal science.** [En línea]: <http://www.journalofanimalscience.org/content/87/2/532.full.pdf+html> [Consulta: 11/11/2014].
38. **Ramírez, F.J.; y Rebolledo, A.F. 2006.** Diabetes mellitus y sus complicaciones. La epidemiología, las manifestaciones clínicas de la diabetes tipo 1 y 2. Diabetes gestacional. Parte 1. **Medigraphic.** [En línea]: <http://www.medigraphic.com/pdfs/plasticidad/prn-2006/prn062e.pdf> [Consulta: 18/11/14].
39. **Renaudeau, D. 2008.** Comportamiento de las cerdas lactantes en condiciones de altas temperaturas. **3tres3 La página del cerdo.** [En línea]: http://www.3tres3.com/nutricion/comportamiento-alimentario-de-cerdas-lactantes-bajo-altas-temperaturas_2183/. [Consulta: 11/08/14].
40. **Rendón, G.L. 2014.** Impacto del nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la producción de leche cruda y propiedades físicas-químicas en un sistema semi-intensivo de bovinos productores de leche. (Tesis de licenciatura) FMVZ-UMSNH. Morelia. Michoacán. México. pp. 11-13.
41. **Rigon, R.C.A.; Lovatto, P.A.; Weschenfelder, V.A.; Lehen, Ch.R.; Bruno, N.F.; Andretta, I.; y Speroni, C.M. 2008.** Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Cien Rur.** 38(4): 1085-1091.
42. **Rodríguez, L.G. y Del Moral, B.L.E. 2010.** Perspectivas del sector porcícola mexicano para 2010: recuperación de los efectos de la crisis económica y de la influenza (A)/H1N1. **Economía actual.** p. 21-23.

43. **Sánchez, R. A. 2011.** Evaluación de la condición corporal y su influencia sobre indicadores reproductivo en cerdas. (Tesis de maestría) Instituto de ciencia animal monogástricos. Tratamiento de producción/porcina Cienfuegos. Cienfuegos Cuba. pp. 21-24.
44. **Santomá, G. y Pontes, M. 2011.** ¿Qué medidas nutricionales tomar ante la productividad de la cerda actual? 1ª parte. *FEDNA* [En línea]: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/204-cerdas_1.pdf [Consulta: 24/08/2014].
45. **Shimada, S.A. 2003.** Consumo voluntario de alimentos. Factores alimenticios. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Ed. Consultores en producción animal, S.C., México. pp. 68-75.
46. **Stephano, A. 2012.** Situación de la porcicultura mexicana. *Porcicultura.com*. México. [En línea]: http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. [Consulta: 17/08/2014].
47. **Talegón, S.F. y Espinosa. A. 2003.** Suplementos nutricionales para cerdas en lactancia. **3tres3 La página del cerdo.** [En línea]: http://www.3tres3.com/nutricion/suplementos-nutricionales-para-cerdas-en-lactacion_582/ [Consulta: 10/08/14].
48. **Topigs. 2010.** Recomendaciones alimentación cerdas TOPIGS. 2010. [En línea]: <http://www.tratamientogoncalves.com.ve/publicaciones/MalimentaCerdasTOPIGS.PDF>. [Consulta: 11/08/2014].
49. **Trolliet J.C. 2005.** Productividad numérica de la cerda factores y componentes que la afectan. *Producción animal.* [En línea]: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_porcina/00produccion_porcina_general/09-productividad_numerica_cerda.pdf [Consulta: 16/14/ 2014].
50. **Van Der Peet, C. M. C.; Kemp, B.; Binnendijk, G. P.; Den Hartog, L. A.; Spoolder, H. A. M. y A. Verstegen, M. W. 2003.** Performance of sows fed high levels of nonstarch polysaccharides during gestation and lactation over three parities. *J Anim Sci.* 81:2247-2258.

51. Ylonem, K.; Saloranta, C.; Kronberg-Kippila, C.; Goop, L.; Aro, A.; Virtanen, S.M. 2003. Association of dietary fiber with glucose metabolism in nondiabetic relatives of subject with type 2 diabetes. The Botnia Dietary Study. 26: 1979-1985.
52. Yoder, C.L.; Schawab, C.R.; Fix, J.S.; Stalder, K.J.; Dixon, P.M; Duttlingere, V.M.; y Baas, T.J. 2013. El consumo en lactación puede ayudar a predecir los rendimientos reproductivos futuros de la cerda. **3tres3 La página del cerdo**. [En línea]: http://www.3tres3.com/nutrimail/el-consumo-en-lactacion-como-predictor-del-rendimiento-de-la-cerda_32759/ [Consulta: 2/10/14].