



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

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

T E S I S

QUE PRESENTA:

PMVZ. ISAÍ PÉREZ SERVÍN

Para Obtener el Título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Morelia, Michoacán. Agosto 2017.





**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

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

T E S I S

QUE PRESENTA:

PMVZ. ISAÍ PÉREZ SERVÍN

**Para Obtener el Título de:
Médico Veterinario Zootecnista**

Asesor:

M.C. RUY ORTIZ RODRÍGUEZ

Co-asesor:

M.C. MANUEL LÓPEZ RODRÍGUEZ

Morelia, Michoacán. Agosto 2017.



Agradecimientos:

El siguiente texto expresa mi más sincera gratitud.

A Dios, en quien siempre he encontrado consuelo en días difíciles y en quien creo para poder seguir adelante cada día.

A mis padres, quienes supieron guiarme para poder hacer de cada sueño una realidad; me brindaron lo más indispensable y necesario para poder llegar a resaltar en la vida; su amor y su ejemplo. Los valores con los que me desenvuelvo hoy son aprendidos en casa, y cada una de mis virtudes son gracias a su apoyo y motivación, pero sobre todo a la confianza depositada en mí.

Les agradezco a Nazvit y Claudia para quienes soy un ejemplo a seguir y por ellas he dado siempre mi mayor esfuerzo para ser la mejor hermana; las amo niñas por darme su apoyo incondicional en todo.

A mis abuelos, que siempre han estado presentes en cada uno de mis logros y por haber regalado parte de sus años en mi formación y cuidado. Gracias también a mi Nana y a mi tía Coco, quienes sin duda han sido parte importante en mi vida.

A todos ellos francamente gracias. Estoy segura que mis logros son también suyos.

Al M.C. Ray Ortiz Rodríguez que en coordinación con el M.C. Manuel López Rodríguez tuvieron a bien brindarme su tiempo, dedicación y tolerancia para la elaboración del presente trabajo recepcional, y así poder culminar mi carrera universitaria. Me considero afortunada al haber sido alumna asesorada por su persona, gracias por las herramientas brindadas para adquirir mis destrezas y conocimientos.

A mis compañeros: Laura, Gerardo y Carlos, quienes me ayudaron a comprender y aprender nuevas cosas y quienes compartieron conmigo sus experiencias para poder sacar adelante mi trabajo; amiguito Alejandro Orozco agradezco por tu tiempo y tolerancia; a Ernesto, quien fue un apoyo fundamental en mi trabajo, por su apoyo, tiempo y por aguantar mis regañones; y Paola, con quien vivimos la misma experiencia de trabajo con desvelos, traspasos de comida, enojos y regañones.

Madre Cony Pérez, gracias por todo, principalmente por darme la vida, ten en cuenta que cada uno de tus regañones, consejos, críticas y reconocimientos han moldeado a una mujer, persona y ahora una profesionalista que sabrá seguir en el camino de la superación.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| ABSTRAC | III |
| RESUMEN | IV |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 5 |
| 2.1 Importancia de la carne de cerdo en la alimentación humana. | 5 |
| 2.2 Contexto de la porcicultura actual. | 6 |
| 2.3 Porcicultura en México..... | 10 |
| 2.4 Productividad de la cerda..... | 11 |
| 2.5 Alimentación de la cerda..... | 13 |
| 2.6 Hipofagia fisiológica lactacional. | 15 |
| 2.7 Modulación y control de la ingesta de alimento en la cerda..... | 16 |
| 2.8 Producción y calidad de la leche de la cerda. | 17 |
| 2.9 Cambios en la dieta de la cerda y su efecto en la producción y calidad de leche. | 19 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 24 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 26 |
| 5.1 Objetivos particulares..... | 26 |
| 6. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 26 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 32 |
| 8. CONCLUSIÓN..... | 42 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Insumos y análisis bromatológico del alimento para hembras gestantes y lactantes..... | 28 |
| Tabla 2. Análisis de varianza para el consumo de alimento voluntario de las cerdas en la fase de lactación..... | 32 |
| Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados del consumo voluntario de alimento de las cerdas en fase de lactación..... | 34 |
| Tabla 4. Análisis de varianza para la producción de leche de las cerdas | 35 |
| Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados de la producción de leche de las cerdas durante la fase de lactación..... | 36 |
| Tabla 6. Análisis de varianza para la cantidad de grasa, proteína y lactosa contenida en la leche de las cerdas | 38 |
| Tabla 7. Medias de mínimos cuadrados del contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche de las cerdas durante la fase de lactación | 39 |
| Tabla 8. Ganancia de peso del lechón lactante (g) | 40 |
| Figura 1. Curva de lactación (21 días) de las cerdas en función al día de lactación | 37 |

ABSTRAC

This research was carried with the aim of determining the effect of the addition of the nopal (*O. ficus-indica*) to the diet of lactating sows on voluntary feed intake, production and quality of milk in thirty-six hybrid sows (Yorkshire * Landrace * Pietrain) with which two groups were formed: control group (TG; n=18), sows that were fed with feed balanced *ad libitum* and experimental group (EG; n=27), sows that were fed from the same way as the TG, with the difference that added them nopal (*Opuntia ficus-indica*) in fresh base to your diet. The quantity of nopal proportionate was 1% according to the live weight of the sows into the maternity ward. The variables evaluated were: voluntary feed intake (VFI), milk production and content (%) nutrition of milk (fat, protein and lactose). The information collected was analyzed statistically through the methodology of repeated measurements using fixed effects models (MIXED), and the differences between groups were obtained by the procedure of means of least-squares (LsMeans) to a $\alpha=0.05$. It was found effect of group ($P=0.001$), on VFI of sows during lactation. The VFI average was 4.8 and 5.4 kg of feed sow⁻¹ day⁻¹ for EG and TG, respectively; both averages different between each other ($P<0.05$). Regarding the production of milk from the analyzed sows, found an average of 8.2±2.2 kg sow⁻¹ day⁻¹ during lactation. Average that was not affected by the group ($P=0.236$). Similarly, it was not found effects of group on the nutritional quality of milk ($P>0.05$): fat (7.4%), protein (4.5%) and lactose (6.6%). According to the results, the addition of *O. ficus-indica* to the diet of lactating sows propitious increase in voluntary feed intake. However, their intake does not improve the production and quality of the milk. Fact that suggest that this diet does not affects negatively the development of lactating piglets.

Keywords: monogastrics, hypophagia, feed intake, farrowing, lactation.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la adición del nopal (*O. ficus-indica*) a la dieta de las cerdas lactantes sobre el consumo de alimento voluntario y, producción y calidad de la leche en 36 cerdas híbridas (Yorkshire * Landrace* Pietrain) con las cuales se formaron dos grupos: grupo testigo (GT; n=18), cerdas que fueron alimentadas con alimento balanceado *ad libitum* y grupo experimental (GE; n=27), cerdas que fueron alimentadas de la misma manera que el GT, con la diferencia de que se les adicionó nopal (*Opuntia ficus-indica*) en base fresca a su dieta. La cantidad de nopal proporcionada fue del 1% de acuerdo al peso vivo de la cerda al entrar a la sala de maternidad. Las variables a evaluar fueron: consumo de alimento voluntario (CAV), producción de leche y contenido (%) nutrimental de la leche (grasa, proteína y lactosa). La información recabada se analizó estadísticamente, a través de la metodología de mediciones repetidas utilizando para ello los modelos de efectos fijos (MIXED siglas en inglés), y las diferencias entre grupos se obtuvieron mediante el procedimiento de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) a un $\alpha=0.05$. Se encontró efecto de grupo ($P=0.001$), sobre CAV de las cerdas durante la fase de lactancia. El CAV promedio fue de 5.4 y 4.8 kg de alimento cerda⁻¹ día⁻¹ para GE y GT, respectivamente; ambos promedios diferentes entre sí ($P<0.05$). En cuanto a la producción de leche de las cerdas analizadas, se encontró un promedio general de 8.2 ± 2.2 kg cerda⁻¹ día⁻¹ durante la lactancia. Promedio que no fue afectado por el grupo ($P=0.236$). De igual manera, no se encontró efecto de grupo sobre la calidad nutricional de la leche ($P>0.05$): grasa (7.4%), proteína (4.5%) y lactosa (6.6%). De acuerdo con los resultados, la adición de *O. ficus-indica* a la dieta de cerdas lactantes provoca incremento del consumo voluntario de alimento. Sin embargo, su ingesta no mejora la producción ni la calidad de la leche. Hecho que permite sugerir que dicha dieta no repercute de manera negativa el desarrollo de los lechones lactantes.

Palabras clave: monogástricos, hipofagia, consumo de alimento, parto, lactancia.

1. INTRODUCCIÓN.

El cerdo doméstico (*Sus scrofa spp.*) es una especie que es empleada en todo el mundo, su principal objetivo es la obtención de proteína de origen animal para la alimentación del hombre (Romero y Legorreta, 2005). Marotta *et al.*, (2009) determinaron que, esta especie es seleccionada para la producción de alimentos, debido a las características productivas que presenta el cerdo, tales como: mayor prolificidad y una aceptable conversión alimenticia.

La producción mundial de carne de porcino, en 2014 presentó un incremento, pasando de 93.8 millones en 2005 a 110.5 millones de toneladas; concentrándose la producción en: China, la Unión Europea, y los Estados Unidos (Boari *et al.*, 2013); mientras que México, ocupó la novena posición (FIRA, 2015). Sin embargo a nivel nacional dentro del subsector pecuario, la porcicultura en México ocupó el 3° lugar por el valor y volumen de producción que genera (FND, 2014); así los principales estados productores son: Jalisco, Sonora, Puebla y Veracruz (FIRA 2015).

Aun y cuando México es un país que produce carne de cerdo, el estatus comercial mexicano de carne de porcino es deficitario (FIRA 2012, 2015); por ello México muestra notables diferencias para tratar de resolver el estancamiento en la producción y satisfacer la demanda, por ello planteó: mejorar las instalaciones, optimizar el ciclo reproductivo, la alimentación y el control de enfermedades (Bobadilla *et al.* 2010).

La optimización del ciclo productivo de los cerdos implica investigar y validar nuevas estrategias reproductivas, cuyo principal objetivo es la obtención de un mayor

número de lechones destetados por cerda⁻¹ parto⁻¹ a un mínimo costo (Quiles, 2010; García *et al.*, 2008). Se sabe que hay factores que influyen en la regulación de los parámetros reproductivos de la cerda, como lo son: estatus sanitario, ambiente, prácticas nutricionales y reproductivas, así como aspectos genéticos, y de bioseguridad (Quiles 2010). De estos factores, la nutrición juega un papel preponderante en el logro de las metas establecidas en las variables reproductivas.

Ek-Mex *et al.* (2015), reportaron que la alimentación de la cerda es un reflejo de su estado metabólico, mismo que impacta la fisiología reproductiva de la misma, puesto que esta reacciona a señales de la insulina, IGF, ácidos grasos entre otros más, los cuales son manipulados mediante la nutrición (Trolliet 2005; Quiles 2010). Durante la gestación la alimentación es trascendental para no disminuir las reservas corporales, enfocada a un equilibrio entre la relación energía—proteína (3.3 Kcal/Kg y 14—15 %), ya que durante dicha etapa y la subsiguiente (fase de lactación), la energía se obtendrá a partir de la alimentación y las reservas acumuladas durante la gestación (García *et al.*, 2008).

Durante la lactancia también se enfoca en el equilibrio de energía y proteína; componentes que deben ser de mayor concentración en la ración de la cerda lactante, en comparación con la cerda gestante (Campabadal, 2009). Sin embargo, durante la lactancia, el consumo voluntario de alimento por parte de la cerda se ve afectado negativamente, principalmente durante la primera semana post-parto, ello debido a que la cerda pasa por cambios metabólicos y hormonales que influyen sobre la regulación del apetito, es decir, atraviesan por un cuadro denominado: hipofagia fisiológica lactacional (HFL). Este estado fisiológico no solo afecta el

consumo de alimento de la cerdas sino además (de forma indirecta) afecta indicadores productivos y reproductivos como lo son: menor peso de los lechones al destete, incremento en el intervalo destete-éstro, decremento en la fertilidad y prolificidad del parto subsiguiente y una menor producción láctea (Calzada *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2015).

Ante el efecto provocado por la hipofagia, específicamente sobre la reducción del consumo voluntario de alimento el cual ocasiona una baja en la producción de leche se han investigado alternativas para disminuir dicho efecto, las cuales van dirigidas principalmente a la modificación de la dieta como lo es: inclusión de granos que tengan un mayor aporte en los carbohidratos, proteína o grasas; administración de granos solubles de destilería; adición de grasas, aceites, betaína, L-carnitina y aceites esenciales directamente en el alimento y sondear a la cerda (Murillo *et al.*, 2013 y Noblet, 2010). Sin embargo, estas alternativas no han dado solución al problema, debido a que son económicamente inviables o a que los insumos son deficitarios para cubrir grandes demandas o, la solución al origen del problema es parcial (Pérez *et al.*, 2015).

Otra alternativa por la cual se ha optado, es incluir un forraje que sea económico, de fácil obtención y producción y que cumpla con las características deseables para intentar atenuar el problema que representa la hipofagia fisiológica lactacional en cerdas, específicamente sobre la composición y producción de leche, esta podría ser el uso del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la alimentación de las cerdas en la fase de lactación (Gutiérrez *et al.*, 2007; Reveles *et al.*, 2010). Puesto que además de cumplir con lo antes mencionado esta cactácea posee propiedades hipoglucémicas e

hipocolesterolemias (Galati *et al.*, 2002). El poder hipoglucemiante de *Opuntia ficus-indica*, es debido a que incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de glucosa en la sangre, se encontró que la combinación de insulina y extracto purificado de esta cactácea reducía la glucosa en sangre a la normalidad (Magloire *et al.*, 2006).

No obstante, se ha indicado que cualquier cambio en la alimentación de la cerda lactante repercute en la producción y composición de la leche (Eliasson e Isberg, 2011), lo que es de importancia ya que existen dos razones por las cuales el desarrollo del lechón es limitado en la etapa de lactancia, estas son la cantidad y composición de la leche (Murillo *et al.*, 2013). Por lo que, las propiedades hipoglucémicas e hipocolesterolemicas del nopal pudieran reducir los precursores de la formación de la leche y disminuir su cantidad de nutrientes disponibles para el lechón.

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de la carne de cerdo en la alimentación humana.

La alimentación tiene un papel fundamental en el desarrollo y subsistencia de las poblaciones humanas, lo que se ha podido corroborar en la evolución humana, ya que fungió como fuerza de selección natural (Arrollo, 2008; De Tapia, 2014), puesto que, a partir de que el hombre cambió su situación al dejar de ser un nómada y convertirse en sedentario, tuvo que modificar sus hábitos alimenticios, comenzando así el periodo de la caza, domesticación de animales y la agricultura (Doval, 2013). La supervivencia para el hombre prehistórico fue lo que lo motivó a la búsqueda de comida sin importar la calidad de esta, su interés primordial se basaba en la cantidad (Bolaños, 2009).

La alimentación del hombre ha dependido principalmente de la biodiversidad del lugar, y con el tiempo ha evolucionado, el hombre actual no solo busca un constante abastecimiento de alimento, sino también la calidad con la que cuenta este (Arrollo, 2008), debido a los requerimientos nutricionales para poder desarrollarse y vivir normalmente, dando mayor interés al contenido de nutrientes en la dieta (Espeitx y García, 2012), entre los que tienen mayor importancia se encuentran los carbohidratos, vitaminas, minerales grasas y proteínas (Márquez *et al.*, 2008). Las proteínas llevan su relevancia debido a que son parte estructural y funcional de diferentes estructuras del organismo, en donde son necesarias para llevar a cabo funciones metabólicas, neurológicas, digestivas y mecánicas (Bracho, 2012). Estas se obtienen de dos fuentes generales, la animal y la vegetal, de las cuales, la de mayor énfasis a considerar, por sus grandes cambios en la historia y un mayor

aporte de proteínas, es la carne (Bolaños, 2009), la cual se obtiene a partir del ganado bovino, ovino, caprino, pollo y cerdo (Martín, 2010).

El cerdo doméstico (*Sus scrofa spp.*) es una especie que es empleada en todo el mundo, su principal objetivo es la obtención de proteína de origen animal para la alimentación del hombre (Romero y Legorreta, 2005; FAO, 2014b). Dentro de sus características que lo posicionan como mayor candidato a la producción de carne se encuentran: su alta productividad, adaptabilidad, mayor prolificidad y aceptable conversión alimenticia (Marotta *et al.*, 2009). Además, destacan las características propias de la carne de esta especie como son elevada digestibilidad, cantidad de colesterol (60-70mg/100g) (cantidad menor al compararlo con la carne de ave), contenido de agua, el nulo contenido de ácidos grasos trans, y rendimiento de la canal en relación a otras especies la cual permite una amplia gama de alimentos elaborados a base de esta (Marotta *et al.*, 2009; FAO, 2015).

2.2 Contexto de la porcicultura actual.

Aunque las características del cerdo y de su carne son buenas, su producción se ha encontrado en la cuerda floja frente a las crisis recientes, viéndose afectada principalmente por el alza de los granos destinados a la alimentación de los animales, y por efectos de la crisis económica y financiera actual (Langreo, 2009). Los cambios sociales, demográficos, migraciones, modificación de la dieta (cantidad y calidad) (Langreo, 2009), problemas de bioseguridad (FIRA, 2016), la expansión o decremento de la producción mundial y al aumento del nivel de ingreso conjuntamente con el crecimiento de la población (1,15% anual) han alterado la forma de producción cárnica (Errecart, 2015). Sin embargo los Tratados de Libre

Comercio (TLC) se han convertido en una forma rentable de dinamizar las transacciones que giran en torno a la producción y comercialización de la carne de cerdo en el mundo para brindar un mayor abasto del insumo y mejorar su distribución (Muñoz, 2015).

Considerando en este sentido que la menor demanda internacional de carne de cerdo es resultado al despliegue de los precios y riesgos sanitarios que se presentan en cada país (FIRA, 2015). No obstante el aumento acelerado de la demanda per cápita en países emergentes, hace que el consumo de alimentos aumente de forma importante, de esta manera se prevé que el consumo mundial de carne continuará en ascenso hasta 2021 y el mayor incremento se dará en países en desarrollo, quienes modificarán el crecimiento global (Errecart, 2015); de tal forma que en el año 2050, el mundo tendrá cerca de 9.700 millones de personas, las cuales necesitarán 455 millones de toneladas de carne para consumo al año (Murcia, 2014).

Aun y cuando las cifras de producción estimadas son altas, los montos actuales que reporta SIAP-SAGARPA (2015) en la producción de carnes en 2014 indica que se ubicó en 6.1 millones de toneladas, 1.7% más que la obtenida el año precedente, lo que establece que la obtención de carne va en ascenso, pero con progreso lento; De ese total el 43,41% correspondió a la carne de cerdo, el 33,34% a la carne de pollo y el 23,25% a la carne vacuna (Errecart, 2015). Lo que permite juzgar, que el consumo total de porcino será de 126.576 mil toneladas con un crecimiento anual (2010-12 a 2022) del 1.4 %, lo que posiciona a la porcicultura al frente de la oferta mundial de la carne con un 38% en su participación (Boari *et al.*, 2013).

En cuanto a la producción mundial de carne de porcino, en 2014 presentó un incremento, pasando de 93.8 millones en 2005 a 110.5 millones de toneladas; con ello se pronosticó que la producción global de carne de porcino en 2015 se ubicaría en 110.9 millones de toneladas con un crecimiento anual de 0.4 % (FIRA, 2015). Dicha producción mundial se concentró (más del 80%) principalmente en tres regiones: China, cuya producción representa 51.1% del total mundial (56.7 millones de toneladas); la Unión Europea, que produce 20.2% (22.4 millones de toneladas) y los Estados Unidos, con 9.4% de la producción global (10.4 millones de toneladas) (Boari *et al.*, 2013); mientras que México, ocupó la novena posición, con una producción de 1.3 millones de toneladas (Bobadilla *et al.*, 2010). En tanto que la producción estimada para el 2022 de carne de cerdo es de 126. 731 mil toneladas (Crecimiento anual del 1.4 %) (Boari *et al.*, 2013).

La cantidad de carne que se consume en el mundo se ha incrementado notoriamente (Murcia, 2014), mundialmente la carne de mayor preferencia para el consumo es la de cerdo con 109 millones de toneladas anuales, le sigue la de pollo con un total de 83 millones de toneladas anuales y en un tercer lugar se encuentra la carne vacuna con un total de 57 millones de toneladas anuales (FAO, 2014a). El hábito en la ingesta de porcino ha crecido en los últimos diez años (tasa de crecimiento media del 1.8%), pasó de 93.5 millones de toneladas en 2005 hasta 110.3 millones de toneladas en 2014, sin embargo, para el 2015 se esperó una disminución de 0.9%; se identificaron dos factores que explican la baja expectativa de crecimiento en el consumo: la primera es la reducción en el crecimiento económico; la segunda es el

cambio en la dieta, pues se percibe al consumo de carne de ave como más sano (FIRA, 2015).

A pesar de los desafíos que enfrenta la carne en la aceptación por el consumidor, la ingesta de carne per cápita en países industrializados es alto, contrario a los países en desarrollo, donde el consumo per cápita de carne es inferior a 10 kg (FAO, 2014a). FIRA (2015) reporta que en 2014 los principales países consumidores en ámbito per cápita fueron Montenegro con 77.5 kg al año, proseguido por Hong Kong y Macao con 67 y 61.2 kg per cápita al año, la Unión Europea con 45.8 kg y China en quinto lugar con 41.9 kg. No obstante durante el 2016, el 83.3 % del consumo mundial de carne de cerdo se concentró en cinco regiones: China (50.1%) Unión Europea (19.0 %), Estados Unidos (8.7 %), Rusia (2.8 %) y Brasil (2.7 %) (Bobadilla *et al.*, 2010). Así, se espera que en 2017 el consumo per cápita mundial de carne de cerdo sea de 12.4 kg per cápita (FIRA, 2017). Aun y cuando se establece el lento incremento en la ingesta per cápita, se calcula que para el 2022 ascenderá a 12.7 kg promedio en países desarrollados y en países en desarrollo un 10.4 kg con una Tasa de crecimiento anual 2013/2022 del 0.4 y 0.6 % respectivamente (Boari *et al.*, 2013).

Con relación a las importaciones, en 2016 aumentaron 7.9 % anual. Los cuatro principales países importadores son: Japón, China, Corea del Sur y Estados Unidos, que agruparon el 67.5 % del total de importaciones mundiales (FIRA, 2016). México fue el segundo importador de carne en 2014 y para 2016 cayó un 2.7 % (FIRA, 2015). La cantidad estimada para 2022 será 7.643 mil toneladas con una Tasa de crecimiento media (2013-2022) del 0.8% (Boari *et al.*, 2013).

En cuanto a exportaciones, la Unión Europea toma la delantera, en 2016 concentró el 34.1 % del total de exportaciones alcanzando las 2.6 millones de toneladas, Estados Unidos ocupa el segundo lugar, acaparando el 31.0 % del total exportado concentrados en 2.4 millones de toneladas (Bobadilla *et al.*, 2010). En las exportaciones estimadas para el 2022, se encuentra 7.765 mil toneladas con una tasa de crecimiento media (2013-2022) del 0.8% (Boari *et al.*, 2013).

2.3 Porcicultura en México.

Las expectativas de crecimiento en la producción nacional de carne de cerdo se han visto favorecidas por la inmersión de nuevas líneas genéticas, mejoramiento de técnicas de manejo de la piara ganado en granja y mejoras en la parte sanitaria, lo que ha permitido la apertura comercial del mercado de este tipo de carne en Japón, China y Corea (FIRA, 2015).

De acuerdo al informe de la Financiera Nacional del Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesquero (FND; 2014), dentro del subsector pecuario, la porcicultura en México ocupó el 3° lugar en importancia por el valor y volumen de producción que genera; en los últimos diez años presentó un crecimiento promedio anual del 2% (SAGARPA, 2015), lo que ha permitido que en los últimos tres años, la oferta nacional ha cubierto el 60% de la demanda del país, mientras que el 40% restante se abasteció por medio de importaciones. Dentro del sector porcino del país, los principales estados productores son: Jalisco (19.0%), Sonora (17.3%), Puebla (12.1%), Veracruz (9.2%), Yucatán (8.9%) y Guanajuato (8.4%); lo que en conjunto concentra al 74.8 % de la producción nacional, mientras que Michoacán ocupa el 7° lugar (FIRA 2015); así, el consumo por persona al año mostró un incremento de 16.5

kg en 2014 a 16.6 kg en 2016 y se espera que se eleve en 2017 a 19.0 kg por persona (FIRA, 2017; Huerta *et al.*, 2016).

Para lograr cubrir la demanda del consumidor, México cuenta con cerca de un millón de unidades de producción porcina con una piara de más de 16.2 millones de cabezas (FIRA 2015); mismo que se divide en tres diferentes estratos de producción: tecnificado, semi-tecnificado y de traspatio. Para el caso del tecnificado, este genera el 50% de producción; el semi-tecnificado, son sistemas con una fuerte problemática tanto económica, tecnológica y de mercado (dificultades para competir por los mercados nacionales) por lo que solo aporta el 20% de la producción del país. Finalmente el traspatio, aunque se considera como un sistema para generar ahorro en las familias de las zonas rurales, aporta el 30% de la producción nacional (Muñoz, 2015).

Aunque México muestra un crecimiento en la producción de carne, no es capaz de satisfacer la demanda en el mercado nacional, por ello para intentar resolver este problema se planteó: a) implementar soluciones más eficientes enfocado al sistema de producción como son: mejorar las instalaciones, optimizar el ciclo reproductivo, la alimentación y el control de enfermedades y, b) enfocarse en lo comercial, al ofertar un mejor servicio al consumidor y a la sociedad en general (Bobadilla *et al.* 2010).

2.4 Productividad de la cerda.

En cuanto a las estrategias para abastecer la demanda, la optimización del ciclo productivo de los cerdos, implica investigar y validar nuevas estrategias reproductivas, en particular la productividad de las cerdas se mantiene en constante

evolución, con el objetivo de aumentar el número de partos/cerda/año y el número de lechones destetados/hembra/año; parámetros mediante los cuales se mide la productividad de la cerda (Ortiz *et al.*, 2008; Ek-Mex *et al.*, 2015), dicha evolución ha tomado en cuenta varias estrategias como lo son el proceso de selección genética que condujo a una alta prolificidad y obtención de progenie (Kim *et al.*, 2013), además de estrategias zootécnicas como lo es la implementación de los destetes precoces (21 a 28 días) por lo tanto una mayor intensidad de producción (Echevarría *et al.*, 2009).

Por consiguiente, la cerda moderna produce camadas más extensas (10 a 16 lechones) de 25 a 30 cerdos al año, lo cual conllevó a la necesidad de la cerda de elevar su producción de leche para el sustento de la camada y su rápido crecimiento, lo que indica que la glándula mamaria también se ha adaptado para soportar la demanda de producción de leche, lo que genera un mayor gasto energético en la cerda. Sin embargo la selección genética enfocada a la característica para mayor magrez en la canal, dio resultado a cerdas magras las cuales presentan un bajo apetito durante la fase de lactancia. (Kim *et al.*, 2013)

Se sabe que hay factores que influyen en la regulación de los parámetros reproductivos y en la expresión de las mejoras de producción de la cerda como lo son: estatus sanitario, ambiente, prácticas reproductivas, así como aspectos genéticos, de bioseguridad y nutricionales (Ek-Mex *et al.*, 2015). De estos, la nutrición juega un papel preponderante y se debe establecer un programa de manejo nutricional que cumpla con los requerimientos nutricionales, por los que pasa la cerda en cada etapa de producción (Estévez, 2016), sin olvidarse de la edad

(expresada en número de partos), condición corporal y peso de las cerdas, todo esto concluye en el logro de las metas establecidas en las variables reproductivas, y evitar en lo posible condiciones catabólicas severas (Kim *et al.*, 2013; García *et al.* 2008).

2.5 Alimentación de la cerda.

Hoving *et al.*, (2012), reportaron que la alimentación de la cerda (aumento o restricción de alimento y balance energético negativo) es un reflejo de su estado metabólico y hormonal, el cual impacta en la fisiología reproductiva de la misma, puesto que esta reacciona a señales de la insulina, IGF, ácidos grasos entre otros más, los cuales son manipulados mediante la nutrición. Por ello, la alimentación tiene un papel fundamental, debido a que los requerimientos nutricionales son variables en cada periodo (con particularidades fisiológicas específicas) y la cantidad proporcionada a la cerda cambia drásticamente de acuerdo la etapa reproductiva por la que pasa (Estévez, 2016; Vignola, 2009).

De esta manera los requerimientos nutricionales, en el periodo de preñez puede dividirse en gestación temprana (servicio a 28 días), gestación media (días 28 a 84) y gestación tardía (día 84 hasta el día del parto) (Noboa, 2012). Durante la gestación temprana la ración de alimento va enfocada a conseguir una tasa alta en la implantación embrionaria y el mantenimiento de la preñez, todo ello, a través del suministro de 1.8-2 kg de alimento cerda⁻¹ día⁻¹ (NRC, 2001); el incremento de la alimentación durante la gestación media y tardía, es paulatino (2-2.5 y 3-3.5 kg de alimento cerda⁻¹ día⁻¹ respectivamente) (García *et al.* 2008); ya que, es donde ocurre: i) mayor desarrollo muscular de los fetos, ii) recuperación de la condición corporal de

la cerda y, iii) preparación de la glándula mamaria para la etapa de lactancia (Quesnel *et al.*, 2009; Noboa, 2012).

De esta manera la alimentación durante la gestación es trascendental para no disminuir las reservas corporales, y se enfoca a un equilibrio entre la relación energía-proteína ya que durante dicha etapa y la subsiguiente (fase de lactación), la energía se obtendrá a partir de la alimentación y las reservas acumuladas durante la gestación (Hoving *et al.*, 2012).

Durante la lactancia el equilibrio de energía y proteína debe ser de mayor concentración en la ración de la cerda lactante (3.5 Mcal/kg y 18 % proteína), en comparación con la cerda gestante (2.8-3.0 Mcal/kg y 14% proteína) (Campabadal, 2009; Patterson *et al.*, 2011). En la etapa de lactación la alimentación es enfocada en cubrir la demanda de energía y proteína, requerida para: i) mantenimiento de la cerda, esencial para evitar la pérdida de reservas grasas (Hansen *et al.*, 2012), ii) síntesis y producción de leche, entendiendo por producción la cantidad mínima necesaria para asegurar el crecimiento de los lechones (Hoving *et al.*, 2012) y, iii) regular la síntesis y liberación de las hormonas reproductivas, principalmente GnRH y LH, requeridas para el crecimiento y maduración de los óvulos (Vignola, 2009; Patterson *et al.*, 2011).

En síntesis, las cerdas durante la gestación son alimentadas de forma restrictiva para evitar una ganancia excesiva de peso corporal, en contraste, durante la lactancia se les permite consumir piensos *ad libitum* para cubrir los requerimientos de nutrientes para la producción y calidad de leche, mitigar el bajo consumo y limitar la movilización de sus reservas corporales por una baja ingesta de alimento (Quesnel *et*

al., 2009; Hoving *et al.*, 2012). Sin embargo, durante la lactancia, el consumo voluntario de alimento por parte de la cerda se ve afectado negativamente, principalmente durante la primera semana post-parto, ello debido a que la cerda pasa por cambios metabólicos y hormonales que influyen sobre la regulación del apetito, es decir, atraviesan por un cuadro denominado: hipofagia fisiológica lactacional.

2.6 Hipofagia fisiológica lactacional.

Este estado fisiológico no solo afecta el consumo de alimento de la cerdas sino además (de forma indirecta) afecta indicadores productivos y reproductivos como lo son: menor peso de los lechones al destete, incremento en el intervalo destete-éstro, decremento en la fertilidad y prolificidad del parto subsiguiente y una menor producción láctea (Schenkel *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2015). Todo ello provocado por el déficit en el consumo de alimento, aspecto que implica una deficiente respuesta del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, la remoción de reservas corporales, y menor cantidad de leche (Farmer y Quesnel, 2009).

La hipofagia lactacional está relacionada con la fase hipergonadotrópica, la cual se presenta en los primeros 3 días después del parto; misma que se caracteriza por mantener elevados niveles de hormonas reproductivas (GnRH, FSH, principalmente) y glucosa en sangre (Pérez *et al.* 2015). Para el caso de la glucosa, la cual presentaba niveles altos durante el último tercio de gestación, en respuesta al desarrollo de los fetos, ahora también, a la demanda de este metabolito por la glándula mamaria para su crecimiento, como precursor en la formación de la lactosa y grasa de la leche (Murillo *et al.* 2013). Ante los altos niveles de glucosa previo y post-parto, el organismo de las cerdas no realiza una correcta detección de insulina

(insulinorresistencia), lo que provoca que se sigan manteniendo altos niveles de glucosa en sangre (hiperglucemia) y esto, en esencia, explica la disminución del apetito de las cerdas en la primera semana después del parto (Martínez *et al.* 2013).

2.7 Modulación y control de la ingesta de alimento en la cerda.

El control de la ingesta de la cerda lactante atraviesa por la mediación del apetito y la saciedad, proceso que posibilita un equilibrio necesario entre la cantidad de energía almacenada en forma de grasa corporal y el catabolismo de la misma (González y Schmidt, 2012); el estado de equilibrio entre ingesta de alimento y saciedad son regulados por el sistema neuroendocrino, constituido a nivel del hipotálamo (Morgado y Caba, 2008); donde los núcleos paraventriculares, dorsomediales y arqueados secretan hormonas orexígenas las cuales inducen la sensación de apetito e incrementan el consumo de alimento; mientras que, las anorexígenas inducen la sensación de saciedad y reducen la ingesta (Rossa y Desai, 2014).

El proceso lo origina un estado de ayuno en el animal lo que provoca que el estómago libere grelina, la cual eleva los niveles de neuropéptido Y (NPY) y proteínas argutí (AgRP). Esta situación provoca en el animal la sensación de apetito; mientras que, en contra parte, cuando la cerda ingiere alimento se provoca una distensión gástrica y se mandan señales neuronales al hipotálamo, quien responde con la liberación del péptido YY (PYY) en el tracto gastrointestinal con el objetivo de inhibir el apetito, estimulando liberación de proopiomelanocortina y bloqueando los receptores al NPY y grelina, logrando de esta manera una sensación de saciedad (Calzada *et al.*, 2008; Guyton y Hall, 2013). Los cambios en el estado metabólico, y los cambios asociados a metabolitos y hormonas metabólicas como la insulina, el

factor de crecimiento insulínico (IGF) -1, la GH y la leptina, afectan principalmente el eje reproductivo de la cerda y la reducción de la grasa dorsal, en la presentación de la hipofagia, los cuales repercuten directamente sobre la producción de leche, misma que es esencial para el crecimiento y desarrollo normal lechón (Barb *et al.*, 2008)

2.8 Producción y calidad de la leche de la cerda.

Debido a la introducción de nuevas líneas con un mayor potencial genético (hembras hiperprolíficas) la productividad de la cerda ha ido mejorando, lo cual se ha constatado con el mayor nacimiento de lechones en cada parto, lo que hace que se aumente la variabilidad de los pesos al destete y se aumente probablemente la mortalidad en lactancia (Gasa y Solá, 2016; Vargas, 2015). Sin embargo, las cerdas no pueden producir suficiente leche para el mantenimiento de los lechones, lo cual, ha dado lugar al desarrollo de estrategias de manejo que aumenten el rendimiento de la leche por camada (Farmer, 2013).

La producción de leche varía entre las cerdas (sobre todo durante los primeros días de lactación), ya que estas se ven afectadas por múltiples factores que pueden alterar y llevar al fracaso la lactancia, dentro de los que se encuentran: el estrés, problemas metabólicos, endocrinos, enfermedades (Mainau *et al.*, 2015) genética, duración de la lactación, medio ambiente, condición corporal, consumo de agua, nutrición y frecuencia de alimento (Casey y Noel, 2011). La importancia de la producción láctea de la cerda es debido a que es la principal fuente de energía para los lechones y por lo tanto es esencial para su crecimiento y supervivencia (Farmer, 2013), existen dos razones por las cuales el desarrollo del lechón es limitado en la

etapa de lactancia, estas son la cantidad y composición de la leche (Murillo *et al.*, 2013).

En lo que respecta a la producción de leche, actualmente la cerda es capaz de producir más de 11 kg de leche al día, consecuentemente alcanza el pico de producción al día 21 de lactación (Williams *et al.*, 2007). Producción que garantiza ganancias de peso en el lechón de 180 a 240 g por día (Gasa y Solá, 2016). En este sentido, la producción de leche inicia con el descenso de estrógenos en sangre y progesterona y un aumento de prolactina cinco días previos al parto; esta última hormona es la encargada de que se inicie y se mantenga la producción láctea, y es regulada por múltiples estímulos fisiológicos (Valdés y Pérez, 2012). En sinergia con la prolactina se secreta oxitocina para la eyección de leche (Guyton y Hall, 2013). Dicha producción láctea se ve afectada por tres factores generales: a) inherentes al lechón, como lo es el peso, el tamaño de la camada e intensidad de amamantamiento; b) inherentes a la cerda, en donde se encuentran factores como el número de parto, condición corporal, genética, y, c) inherentes al ambiente (Santomá, 2012).

En lo referente a la composición de leche de la cerda, única fuente de alimentación del lechón, esta está compuesta por: agua (82.4 %), materia seca (17.6 %), grasa (5.0 %), proteína (7.0 %), lactosa (5.0 %) y cenizas (.6 %) (Hazard, 2011). Eliasson e Isberg (2011) reportan que el contenido de grasa en la leche es el parámetro más fácil de afectar por el alimento; la cual es vital para los lechones en sus primeros días de vida, debido a que estos aun no son capaces de regular la temperatura corporal, puesto que carece de reservas energéticas y la leche les proporciona la energía para

llevar a cabo tanto la regulación de su temperatura como llevar a cabo procesos metabólicos (Santomá, 2012).

Además, la leche (calostro) es la forma en la que el lechón recibe inmunidad (pasiva) (Wu et al., 2010). La formación de grasa en la leche está influenciada por triacilglicerol, con fosfolípidos, colesterol, diacilgliceroles, monoacilgliceroles y ácidos grasos libres a partir de tejido adiposo; mismos que pueden ser captados del torrente sanguíneo por la glándula mamaria o pueden ser sintetizados en esta (Bauman *et al.*, 2011). Los estudios han demostrado que los componentes de la alimentación de las cerdas lactantes modifican la cantidad de precursores para la composición de la leche (Park *et al.*, 2010).

2.9 Cambios en la dieta de la cerda y su efecto en la producción y calidad de leche.

Aun y cuando las cerdas pueden alcanzar y mantener altos niveles de producción de leche a lo largo de su vida productiva, es necesario brindarles niveles adecuados de energía y nutrientes, en la que tienen mayor importancia para mantener una productividad óptima de la leche, la energía y los aminoácidos (Williams *et al.*, 2007). Ante el efecto provocado por la hipofagia, específicamente sobre la reducción del consumo voluntario de alimento, el cual afecta directamente sobre la producción y composición de la leche, se ha investigado alternativas para disminuir dicho efecto, las cuales van dirigidas principalmente a la modificación de la dieta como lo es la inclusión de granos que tengan un mayor aporte en los carbohidratos, proteína o grasas (López, 2012), administración de granos solubles de destilería, adición de

grasas, aceites, betaína y L-carnitina directamente en el alimento (Murillo *et al.*, 2013 y Noblet, 2010).

En el caso de la adición de grasa cuyo objetivo es mejorar el balance energético negativo de las cerdas lactantes e incrementar la producción de leche o el contenido de grasa de la leche de cerda; de acuerdo con Park *et al.*, (2010) la adición de esta (cebo o manteca) aumenta el porcentaje de ácido oleico en la leche; este mismo autor menciona que la adición del maíz o el aceite de soja aumentaron el nivel de ácido linoleico de la leche de cerda, dejando entre visto que cualquier suministro de grasa dietética, tanto el tipo como la cantidad, pueden influir en la composición de la leche (Williams *et al.*, 2007)

Otras investigaciones realizadas muestran que la alimentación durante la gestación puede modificar los componentes de la leche, así Farmer y Petit (2009) adicionaron 3.5 % de aceite de linaza a la alimentación de la cerda a partir del día 68 de gestación hasta el final de la lactación (21 días) y obtuvieron un aumento de contenido omega 3 en la leche de la cerda, mientras que otro grupo de cerdas se les adiciono 5 % de aceite de soya desde los 35 días de gestación y en lactación y encontraron un mayor contenido de grasa en el calostro y leche de la cerda. De la misma manera Santomá (2012) encontró un mayor aporte de grasa en la leche al adicionar dietas isoenergéticas a las cerdas con un elevado nivel (13.5%) o bajo nivel de grasa (3.4%) a dos niveles de alimentación (15 y 11.2 Mcal EM/ d), al nivel de alimentación elevado, las cerdas produjeron la misma cantidad de leche pero más rica en grasa (8.4% al compararlo con la inclusión de grasa bajo: 6.9%)

Por otra parte Vargas (2015) menciona que una deficiencia de proteína durante la lactación determina un descenso de la producción de leche, y una disminución de la concentración de proteína en el calostro, aunque no en la leche. Kim y Wu (2008) mencionan que los aminoácidos son reguladores clave de vías metabólicas críticas para la producción de leche, así la suplementación de 0,83% de L-arginina a las dietas de cerdas primíparas lactantes aumentó la producción de leche (21% en la primera semana de lactancia y en un 11% durante un período de 21 días de lactancia).

En relación a la modificación de la lactosa, estudios realizados han podido alterar su concentración, adicionando a la dieta de las cerdas glicerol dietético se elevó la lactosa de leche y aumentó a medida que aumentaba el glicerol crudo en la dieta, esto debido a que un porcentaje ($\leq 30\%$) de lactosa de leche se deriva del glicerol y otros precursores, siendo la glucosa en sangre el precursor primario de la síntesis de lactosa. Sin embargo el contenido de cenizas de la leche de las cerdas fue afectado ($P < 0,05$) por el glicerol dietético, con las cerdas alimentadas con 3% de glicerol, secretando más cenizas en su leche en comparación con las cerdas alimentadas con 6 y 9% de glicerol. (Schieck *et al.*, 2010)

Estas alternativas investigadas y puestas en marcha no han dado solución al problema, debido a que son económicamente inviables o a que los insumos son deficitarios para cubrir grandes demandas o, la solución al origen del problema es parcial (Pérez *et al.*, 2015). Ante esta situación una alternativa por la cual se ha optado, es incluir un forraje que sea económico, de fácil obtención y producción y, que cumpla con las características deseables para intentar atenuar el problema que

representa el efecto de hipofagia fisiológica lactacional en cerdas, sobre la producción de leche, esta podría ser el uso del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la alimentación de las cerdas en la fase de lactación (Gutiérrez *et al.*, 2007; Reveles *et al.*, 2010). Puesto que además de cumplir con lo antes mencionado esta cactácea posee propiedades hipoglucémicas e hipocolesterolemias.

El efecto hipoglucemiante del nopal (*Opuntia ficus-indica*), es debido a que incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de glucosa en la sangre, se encontró que la combinación de insulina y extracto purificado de esta cactácea reducía la glucosa en sangre a la normalidad (Magloire *et al.*, 2006).

Opuntia ficus-indica se caracteriza por su alta eficiencia al convertir agua en biomasa, y por su contenido de energía digestible (Aréchiga y Flores, 2007), sin embargo, debe ser combinado con otros alimentos para complementar la dieta diaria, debido a que tiene bajo contenido de proteína, a pesar de ser rico en carbohidratos y calcio (Gutiérrez *et al.*, 2007). Los principales aportes y composición bromatológica que proporciona la cactácea son: 83 a 92% de agua; 8 a 17% de materia seca; 4 a 12% de proteína cruda; 1.9 a 2.6 Mcal/kg de energía disponible, 35 a 45% de fibra cruda; 29 µg/100kg de carotenos, 13 mg/100g de ácido ascórbico (Luna y Urrutia, 2008) y una producción de biomasa de 62 y 226 ton/ha en base fresca (Wanderley *et al.*, 2002). La producción del nopal (*O. ficus-indica*) en México, se aproxima a 125 mil toneladas (INEGI, 2008 y FAO, 2006).

Se ha observado que en la dieta de las cerdas lactantes con la adición del nopal (1.0% de *Opuntia ficus-indica*, de acuerdo al peso corporal de la cerda al entrar a

maternidad) provoca que los niveles de glucosa sanguínea disminuyan, y se incrementa hasta el 28% el consumo de alimento voluntario de las cerdas; cuyo primordial efecto es una menor absorción de reservas corporales y con ello, se garantiza una menor pérdida de peso corporal de estos animales ($\leq 10\%$) y, por lo tanto un efecto positivo durante la fase de lactancia (Ortiz *et al.*, 2014).

No obstante, se ha indicado que una modificación en los ingredientes y la calidad de la alimentación de la cerda lactante interviene en la producción y composición de la leche (Eliasson e Isberg, 2011; Farmer y Quesnel, 2009); por lo que, las propiedades hipoglucémicas e hipocolesterolemicas del nopal pudieran reducir los precursores de la formación de la leche y disminuir su cantidad de nutrientes disponibles para el lechón. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los sistemas de producción de cerdos han buscado nuevas alternativas para mejorar la producción pecuaria e intentar cubrir el exigente mercado de la carne de cerdo; entre las estrategias que se han implementado se presentan el mejoramiento genético de las cerdas, seleccionando características como magrez y mayor prolificidad, conversión alimenticia y producción láctea. Dentro de las mejoras antes mencionadas la magrez ha perjudicado la producción de las cerdas durante la lactancia, debido a que la escasa reserva corporal y la disminución del consumo de alimento provocado por la hipofagia fisiológica lactacional limitan la productividad de la cerda durante la lactancia y la reproducción de esta.

Ello provocado a causa de los niveles elevados de glucosa presentes en el organismo, característica principal de la hipofagia lactacional. Este incremento de glucosa sanguínea provoca en las cerdas una disminución del apetito y, a su vez, ocasiona un balance energético negativo debido a que la cerda tiene que recurrir a sus reservas corporales para cubrir el gasto energético del mantenimiento de la lactancia y, finalmente el gasto de estas reservas no le permiten el funcionamiento temprano de la función ovárica.

La estrategia más reciente para aminorar el problema ocasionado por la hipofagia fisiológica lactacional es el uso del nopal en la alimentación de las cerdas lactantes, debido a sus propiedades hipoglucemiantes y a las características que posee su

fibra; el nopal ejerce su función directamente sobre la glucosa en el organismo, regulando

los niveles de glucosa en sangre lo que estimula la regulación del apetito, es decir, se incrementa el consumo voluntario de alimento por parte de las cerdas.

Sin embargo, el efecto hipocolesterolémico del nopal, podría afectar la producción y contenido nutrimental de la leche, especialmente grasa. De aquí la importancia de investigar el efecto de una dieta para cerdas en lactancia adicionada con nopal (*O. ficus-indica*) sobre la producción y calidad de la leche de las mismas.

4. HIPÓTESIS

La adición del nopal (1% con respecto al peso corporal de la cerda) a la dieta de cerdas lactantes afecta la producción y calidad de la leche puesto que esta cactácea reduce los niveles de glucosa en sangre; reducción que provoca el incremento de consumo voluntario de alimento por parte de las cerdas

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar el efecto de la adición del nopal (*O. ficus-indica*) a la dieta de las cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche.

4.1 Objetivos particulares.

- ✓ Evaluar el efecto de la adición del nopal a la dieta de cerdas lactantes sobre el consumo de alimento voluntario de las cerdas durante la fase de lactación.
- ✓ Establecer el efecto de la adición del nopal a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción de leche en cerdas durante la fase de lactación
- ✓ Determinar el efecto de la adición del nopal a la dieta de cerdas lactantes sobre la calidad (% grasa, proteína y lactosa) de la leche en cerdas durante la fase de lactación

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en el sector de cerdos de la unidad posta zootécnica, ubicada en la carretera Morelia - Zinapécuaro Km 9.5, municipio de Tarímbaro en el estado de Michoacán; propiedad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). La localidad de Tarímbaro se localiza al norte del Estado, entre los paralelos 19°44' y 19°54' de latitud norte; los meridianos 101°03' y 101°17' de longitud oeste; altitud entre 1 900 y 2 400 m. Su clima es templado con lluvias en verano y las temperaturas oscilan entre de 16 – 18°C centígrados.

Se utilizaron un total de 36 cerdas híbridas (Yorkshire * Landrace* Pietrain) con las cuales se formaron dos grupos: grupo testigo (GT; n=18), cerdas que fueron alimentadas con alimento balanceado *ad libitum* y grupo experimental (GE; n=27), cerdas que fueron alimentadas de la misma manera con la diferencia de que se les adicionó nopal (*Opuntia ficus-indica*) a su dieta, la cantidad de nopal proporcionada fue del 1% de acuerdo al peso vivo de la cerda al entrar a la sala de maternidad.

Las cerdas entraron a la sala de maternidad cinco días antes de la fecha programada de parto, tiempo en el cual se registró su peso. La sala de maternidad cuenta con jaulas tipo araña modelo élite, con comedero tipo cargilón de acero inoxidable, bebedero automático tipo chupón de acero inoxidable; la cama está ubicada a una distancia de 20 cm sobre el piso. La temperatura que se mantuvo en esta área fue constante de 18°C, la cual estuvo regulada por medio de cortinas que integran la sala de maternidad.

Durante la gestación la alimentación consistió en 2.5 kg d⁻¹ de alimento para hembras gestantes (Tabla 1), con agua *ad libitum*; post-parto la cantidad de alimento será de 8

kg d⁻¹, brindando alimento para hembras lactantes (Tabla 1), el suministro del alimento se brindó en dos porciones, la primera a las 8:00 h y la segunda a las 14:00 h para ambos grupos. Mientras que el suministro de nopal (*O. ficus-indica*) se realizó en forma de trozos (3x3 cm), misma que fue únicamente a las 8:00 h, el agua fue *ad libitum*. El rechazo de alimento se pesó y registró al día siguiente antes de proporcionar la ración del día, de la misma manera el rechazo nopal se separó del alimento, se pesó y se registró.

Tabla 1. 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 | AC para gestación | AC para lactación | AC + nopal _{BS} para |
|---|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| | (GT y GE) | (GT) | lactación |
| | | | (GE) |
| 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 |

AC= alimento comercial; GT= grupo testigo; GE= grupo experimental; _{BS}= base seca

Al parto, se homogenizaron las camadas a ocho lechones, cuidando que el lechón donado tuviera un peso similar al de la camada adoptiva; los lechones fueron identificados por medio de muescas y se realizó caudectomía al nacimiento, se aplicó

hierro (1ml intramuscular con una concentración de 200mg totales) al 3^{er} día post-nacimiento, el alimento sólido (preiniciador) se les proporcionó al 15^{vo} día post-nacimiento; las camadas de ambos grupos fueron sometidas a las mismas prácticas zootécnicas.

Las variables a evaluar en las cerdas fueron: consumo de alimento voluntario (CAV), producción de leche, contenido en porcentaje de proteína, grasa y lactosa de la leche; el consumo de alimento se estimó por medio de la siguiente ecuación:

$$CAV = AS - AR$$

Donde:

CAV= al consumo de alimento

AS= alimento suministrado

AR= alimento rechazado

La producción de leche se estimó por medio de una adaptación al método pesaje-succión-pesaje el cual consistió en permitir la succión natural entre lactantes registrando el intervalo de éstos, los lechones se pesaron antes y después de cada succión repitiendo el procedimiento cuatro succiones consecutivas, las micciones de los lechones también se anotaron durante este periodo; el proceso se realizó los días seis, diez y quince de lactancia y se utilizó la siguiente ecuación (Sinclair *et al.*, 1999) citado por Laws *et al.* (2009) para determinar el succionamiento de leche por lactancia.

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

Donde:

W= ganancia de peso de la camada (kg).

U= pérdida de peso debido a la micción.

D= pérdida de peso por defecación.

M= pérdida de masa metabólica.

La pérdida de peso debido a la micción se calculó usando la ecuación (Klaver *et al.*, 1981) citado por Laws *et al.*, 2009:

$$\text{Pérdida de peso} = [U \times (2.9 \times W^{0.75} + 18.7)]$$

Donde:

U= al número de micciones.

$W^{0.75}$ = peso metabólico de los lechones

Se permitió una pérdida de 10 g por la defecación (Sinclair *et al.* 1999) citado por Laws *et al.* (2009). Y se calculó una estimación de la pérdida metabólica usando la siguiente ecuación (Noblet y Etienne, 1986) citado por Laws *et al.* (2009).

$$\text{Pérdida de peso (mg)} = 60 \text{ por kg de peso vivo por minuto}$$

Para la evaluación de la calidad de la leche, se extrajeron 10 ml de leche de forma manual los días tres, once y diecisiete de lactación, la cual se realizó con una previa aplicación de oxitocina (2 ml vía intramuscular), 1 minuto post-aplicación, se procedió a realizar masaje en la glándula mamaria de la cerda, la muestra de leche se depositó en un frasco esterilizado y se refrigeró (durante una semana) a 4°C. Los componentes de la leche se establecieron por medio de Lactoscan®, el cual determinó el contenido en porcentaje de grasa, proteína y lactosa.

Con la información recabada se procedió a realizar una base de datos para su análisis estadístico, la cual se analizó mediante mediciones repetidas a través de la metodología de modelos de efectos fijos (MIXED; SAS, 2000) y las diferencias entre grupos se analizaron a través de la metodología de medias de mínimos cuadrados (LsMeans; Littell et al., 2002) a un $\alpha=0.05$. Para la estimación de la producción de leche durante los 21 días de la fase de lactancia, 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.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró efecto de grupo ($P=0.0001$), de la interacción grupo*semana ($P=0.0001$) y de la covariable del peso de la cerda ($P=0.001$) sobre el consumo de alimento voluntario (CAV) de las cerdas durante la fase de lactancia (Tabla 2). Efectos que concuerdan con Ortiz *et al.*, (2017). Sin embargo, dichos investigadores no reportan el efecto de la covariable (peso de la cerda). Al respecto, Hoving *et al.* (2012) determinaron que las hembras multíparas, por poseer mayor peso vivo, sus requerimientos de mantenimiento y producción son mayores en relación a las primíparas; por lo que estas (multíparas), presentan un mayor consumo de alimento por día.

Tabla 2. Análisis de varianza para el consumo de alimento voluntario de las cerdas en la fase de lactación.

| F de V | GL | CM |
|------------------|----|--------------|
| Grupo | 1 | 56.7007612** |
| Grupo*semana | 4 | 46.5443639** |
| Peso de la cerda | 1 | 32.6362038** |
| Error | | 1.365421 |
| Promedio y D.E | | 5.142±1.168 |
| R ² | | 0.23 |

** = altamente significativo ($P<0.001$)

En cuanto al efecto de grupo sobre CAV, se observó mayor consumo en el grupo experimental (GE) en comparación con el grupo testigo (GT) ($P<0.05$): 5.4 y 4.8 kg de alimento, para GE y GT respectivamente; valores que son similares a los obtenidos por Gasa y Solá (2016), quienes determinaron un consumo entre 5 y 7 kg dia^{-1} de alimento, bajo condiciones de alimentación con alimento convencional y *ad libitum*, durante la fase de lactancia (21 días).

Sin embargo, Williams *et al.* (2007) establecieron que dicha variable está determinada por la genética, ambiente, instalaciones y la composición del alimento. En este sentido, en la presente investigación ambos grupos evaluados poseían la misma genética y se evaluaron bajo el mismo ambiente, excepto la alimentación. Al respecto, la adición del nopal (*O. ficus-indica*) a la dieta de estas cerdas (GE) lograron un mayor consumo de alimento comercial en comparación con el GT, posiblemente, ello se debió al efecto hipoglucémico provocado por la ingesta de nopal (Ortiz *et al.*, 2014). Así, una disminución de glucosa en sangre estimula los centros reguladores del apetito (Martínez *et al.*, 2013), provocando en las cerdas lactantes (GE) el incremento en el CAV (Tabla 3).

Con respecto al efecto de la interacción grupo*semana, se observó que la menor ingesta promedio de alimento ($P < 0.05$) en ambos grupos se presentó durante la 1^{ra} semana de lactancia: 4.0 y 4.7 kg de alimento comercial cerda⁻¹ día⁻¹, para GT y GE respectivamente. Este menor consumo sugiere que las cerdas pasaron por el fenómeno de la hipofagia fisiológica lactacional (HFL) que se presenta durante dicha semana (Pérez *et al.*, 2015).

La respuesta al menor consumo de alimento, de acuerdo a Santomá (2012) puede ser que se deba a los episodios de resistencia a la insulina y aumento de estrógenos en sangre durante los primeros siete días posparto y, la resistencia a la insulina provoca que la glucosa presente en el organismo no sea utilizada y cuya consecuencia la sensación del apetito no se presenta adecuadamente. Además, una mayor cantidad de glucosa se requiere para la síntesis de lactosa (Pérez y Etienne, 2007).

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados del consumo voluntario de alimento de las cerdas en fase de lactación.

| Semana | Grupo testigo | | Grupo experimental | |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | AC | AC | AC+N _{BF} | AC+N _{BS} |
| | $\bar{X} \pm E.E$ | $\bar{X} \pm E.E$ | $\bar{X} \pm E.E$ | $\bar{X} \pm E.E$ |
| 1 | 4.0±0.1 ^{a1} | 4.7±0.1 ^{a2} | 6.8±0.1 ^{a2} | 5.0±0.1 ^{a2} |
| 2 | 5.0±0.1 ^{b1} | 5.8±0.1 ^{b2} | 7.6±0.1 ^{b2} | 6.0±0.1 ^{b2} |
| 3 | 5.4±0.1 ^{c1} | 5.8±0.1 ^{b2} | 7.3±0.1 ^{b2} | 5.7±0.1 ^{b2} |

AC= Alimento comercial; N= Nopal; _{BF}= Base fresca; _{BS}= Base seca; E.E= Error estándar

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

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

En el CAV durante la 2^{da} y 3^{ra} semana, en ambos grupos, presentaron mayor ingesta de alimento comercial, en comparación con la 1^{ra} semana de lactación (P<.05). Al respecto, Savón (2002) y Theil *et al.* (2014) señalan que la ingestión de fibra dietética durante la lactación favorece el consumo de alimento, debido a los efectos fisiológicos que provoca en el tracto gastrointestinal (TGI): cambia la velocidad de tránsito del alimento e incrementa la distensión gástrica (voluminosidad).

Sin embargo la explicación más aceptada es el efecto hipoglucémico causado por la ingesta del nopal (Basurto *et al.*, 2006), es decir al reducir los niveles sanguíneos de glucosa por efecto del consumo de nopal el organismo emplea sus mecanismos homeostáticos generando que el apetito se reestablezca. En cerdas lactantes es muy variada la concentración de glucosa basal, varía entre 85 y 150 mg/dl (Jackson y Cockcroft, 2009). Barrera (2017) establece una correlación negativa (-0.992) sobre el consumo de alimento voluntario y las concentraciones de glucosa en la fase de lactancia, teniendo así, valores de 110 mg/dL en el 1^{er} día posparto, mostrando una disminución significativa hasta el 7^{mo} día de lactancia (85mg/dL). De esta manera se

podría explicar el porqué del incremento de 4.7 kg (en la 1^{ra} semana) a 5.8 kg de alimento cerda⁻¹ día⁻¹ en la 2^{da} y 3^{ra} semana de lactación (Tabla 3).

En cuanto a la producción de leche de las cerdas analizadas, en la fase de lactancia, no se encontró efecto de grupo (P=0.236). Sin embargo, sí hubo efecto (P=0.001) de la interacción grupo*día de lactación de las cerdas (Tabla 4), resultado que concuerda con Ortiz *et al.* (2017), estos investigadores tampoco encontraron efecto de grupo sobre la producción de leche, pero si lo encontraron en la interacción grupo*día de lactación.

Tabla 4. Análisis de varianza para la producción de leche de las cerdas.

| F de V | GL | CM |
|-------------------------|----|--------------------------|
| Grupo | 1 | 30.315030 ^{NS} |
| Grupo*días de lactación | 10 | 119.909139 ^{**} |
| Error | | 4.920832 |
| Promedio y D.E | | 8.2±2.2 |
| R ² | | 0.55 |

NS= No significativo (P>0.05)

** = altamente significativo (P<0.001)

Referente al efecto de la interacción, concuerda con la mayoría de los investigadores que analizan la producción de leche de las cerdas, es decir, conforme aumentan los días de lactancia la producción de leche se incrementa (Murillo *et al.*, 2013). Referente a la producción, los promedios observados fueron de 7.8 kg de leche en 21 días de lactancia para GT y de 8.5 kg de leche en 21 días de lactancia para GE, ambos promedios similares entre sí (P>0.05) (Tabla 5).

De acuerdo con la Tabla 5 se puede observar que los promedios de producción de leche fueron iguales entre grupos de acuerdo al día de lactancia (P>0.05). Sin embargo la producción de leche es diferente entre los días de lactancia dentro de

cada grupo, sin que ello afectara al promedio general de producción de leche de cada uno de los grupos evaluados. Lee *et al.* (2014) establecen una producción promedio de 8.5 kg de leche en lactancia de 21 días, resultado similar al encontrado en esta investigación.

Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados de la producción de leche de las cerdas durante la fase de lactación.

| Días de lactación | Grupo testigo | Grupo experimental |
|--------------------|------------------------|--------------------------|
| | $\bar{X} \pm E.E$ | $\bar{X} \pm E.E$ |
| 3 | 3.6 ^{a1} ±0.5 | 3.3 ^{a1} ±0.5 |
| 7 | 7.1 ^{b1} ±0.5 | 7.1 ^{b1} ±0.5 |
| 11 | 9.2 ^{c1} ±0.5 | 9.6 ^{c1} ±0.5 |
| 15 | 9.8 ^{c1} ±0.5 | 10.8 ^{d1} ±0.5 |
| 19 | 9.0 ^{c1} ±0.5 | 10.5 ^{d,2} ±0.5 |
| 21 | 8.0 ^{d1} ±0.5 | 9.9 ^{c,2} ±0.5 |
| $\bar{X} \pm E.E.$ | 7.8 ¹ ±0.4 | 8.5 ¹ ±0.4 |

E.E= Error estándar

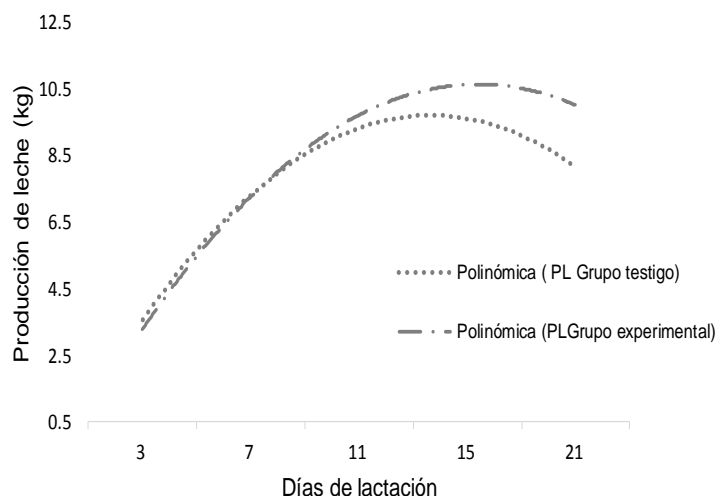
Literales ^{a, b, c} indican diferencia (P<0.05) dentro de columna.

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

Pluske *et al.* (1998; citado por Murillo *et al.*, 2013) quienes registran que entre el 10^{vo}-15^{vo} día posparto, la producción láctea media fue de 9.2 kg cerda⁻¹ día⁻¹ con una dieta *ad libitum*. Resultado similar el observado en esta investigación en dichos días (Tabla 5). En este sentido, el comportamiento de toda la fase de lactancia (21 días) concuerda con Hansen *et al.* (2012), quienes al plantear la curva de producción de leche observaron el pico de producción láctea (7.4 a 8.4 kg de leche) dentro de un rango de 15 a 18 días en cerdas con 8 lechones y una alimentación a libre acceso.

En el presente trabajo de investigación se encontró que las curvas fueron similares (Figura 1) a las reportadas por Hansen *et al.* (2012): pico de producción en el 15^{vo} día de lactancia en ambos grupos (9.8 kg en el GT y 10.8 kg en el GE).

Figura 1. Curva de lactación (21 días) de las cerdas en función al día de lactación.



De acuerdo con la predicción cuadrática de la producción de leche, se observa un descenso en la producción, a partir del 15^{vo} día posparto, descenso que puede explicarse a través de una disminución del estímulo de amamantamiento por parte de los lechones, debido al suministro de alimento sólido a los lechones a partir del 15^{vo} día postnacimiento. El cambio de la dieta en el lechón debe ser gradual a partir del 14^{vo} día de lactancia, donde su alimento consiste en 50 a 70 % de leche materna y un 30 a 50 % de alimento sólido, razón por la cual se expresa una menor estimulación de la glándula mamaria por parte del lechón (Torre, 2008).

En relación con la calidad nutricional de la leche (proteína, grasa y lactosa), no se encontró efecto de grupo para proteína ($P=0.138$), grasa ($P=0.568$) y lactosa ($P=0.706$). En este sentido, los promedios generales (independientemente del grupo) fueron de 7.4, 4.5 y 6.6%, respectivamente para dichos indicadores (Tabla 6). No obstante cuando se analizó el efecto de la interacción grupo*día de lactación sobre grasa, proteína y lactosa en la leche de las cerdas, se encontró efecto ($P=0.001$) (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza para la cantidad de grasa, proteína y lactosa contenida en la leche de las cerdas.

| F de V | GL | GRASA | PROTEINA | LACTOSA |
|------------------------|-----|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | CM | CM | CM |
| Grupo | 1 | 8.2425257 ^{NS} | 0.07925567 ^{NS} | 0.05690880 ^{NS} |
| Grupo*día de lactación | 4 | 136.7267862 ^{**} | 9.19411807 ^{**} | 15.17755566 ^{**} |
| Error | 200 | 3.729615 | 0.24285916 | 0.3987211 |
| Promedio y D.E | | 7.4±1.9 | 4.5±0.4 | 6.6±0.6 |
| R ² | | 0.42 | 0.43 | 0.43 |

NS= No significativo (P>0.05)

** = altamente significativo (P<0.001)

En relación al comportamiento nutrimental de la leche de las cerdas conforme avanza la fase de lactación (Tabla 7), se pudo observar que este disminuye: en los primeros 3 días de lactancia la grasa, proteína y lactosa se encuentran en los niveles más altos (P<.05) y a la mitad de la lactación (11^{vo} día), estos componentes se ven disminuidos al igual que hacia el final de la lactación (17 días), en ambos grupos analizados (P<.05). Declerck *et al.* (2015) determinan que la disminución de estos compuestos en la leche se debe principalmente a la transición de calostro a leche.

Así por ejemplo, los resultados obtenidos de grasa en leche en el GT y GE fueron de 9.7 y 9.4% en los primeros 3 días, mientras que en el 17^{vo} día se encontraron valores de 5.7 y 5.4%, para GT y GE, respectivamente (Tabla 7). Aspecto que concuerda con Hansen *et al.* (2012), quienes determinaron que el contenido medio de grasa en leche es de 7.32%; destacando que a lo largo de la lactancia este contenido va disminuyendo conforme avanza la lactación. Murillo *et al.* (2013), reportan de 7.4 a 7.9% de grasa en leche de cerdas en el 10^{mo} y 15^{vo} días de lactación y de acuerdo al protocolo de alimentación: restringido y *ad libitum*, respectivamente.

Tabla 7. Medias de mínimos cuadrados del contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche de las cerdas durante la fase de lactación.

| Días de lactación | Grupo testigo | Grupo experimental |
|-------------------|------------------------------------|------------------------|
| Grasa % | | |
| 3 | 9.7 ^{a1} ±0.3 | 9.4 ^{a1} ±0.3 |
| 11 | 7.7 ^{b1} ±0.3 | 7.0 ^{b1} ±0.3 |
| 17 | 5.7 ^{c1} ±0.3 | 5.4 ^{c1} ±0.3 |
| $\bar{X} \pm E.E$ | 7.7 ¹ ±0.2 ¹ | 7.3 ¹ ±0.2 |
| Proteína % | | |
| 3 | 5.1 ^{a1} ±0.0 | 5.0 ^{a1} ±0.0 |
| 11 | 4.5 ^{b1} ±0.0 | 4.5 ^{b1} ±0.0 |
| 17 | 4.0 ^{c1} ±0.0 | 3.9 ^{c1} ±0.0 |
| $\bar{X} \pm E.E$ | 4.5 ¹ ±0.0 | 4.5 ¹ ±0.0 |
| Lactosa % | | |
| 3 | 7.4 ^{a1} ±0.1 | 7.3 ^{a1} ±0.1 |
| 11 | 6.4 ^{b1} ±0.1 | 6.6 ^{b1} ±0.1 |
| 17 | 6.0 ^{c1} ±0.1 | 6.0 ^{c1} ±0.1 |
| $\bar{X} \pm E.E$ | 6.6 ¹ ±0.0 | 6.6 ¹ ±0.0 |

E.E= Error estándar

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

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

En lo que respecta a la cantidad de proteína promedio contenida en la leche de cerdas en la fase de lactación (4.5%) este fue similar en ambos grupos (P>0.05). Sin embargo, el contenido de proteína (Tabla 7) se encuentra por debajo del rango establecido por Hazard (2011) y Hansen *et al.* (2012): 7.0% y 5.2% de proteína, respectivamente. No obstante, Hansen *et al.* (2012) establecieron que este ingrediente aumenta conforme la lactación avanza. En contra parte, Declerck *et al.* (2015) determinan el fenómeno a la inversa: conforme se incrementa la lactación la proteína en leche disminuye. Aspecto que concuerda con lo observado en la presente investigación.

Se ha establecido que el contenido de proteína puede incrementarse o descender durante la fase de lactación debido principalmente a la cantidad, calidad y protocolo

de alimentación (Murillo *et al.*, 2013). Además Stelwagen (2011) sugiere que la cantidad de proteína presente en leche se relaciona con la energía contenida en la glándula mamaria y con el día de lactancia, puesto que la formación de proteína demanda mucho gasto de energía por parte de las células.

Por último, los promedios de lactosa en leche de cerdas fueron similares en ambos grupos evaluados (Tabla 7). No obstante, los valores observados de lactosa (6.6%) fueron mayores a los encontrados por Hurley (2015): 4.9% y por Hansen *et al.* (2012): 5.4%. Al igual que los otros indicadores nutrimentales en leche discutidos en los párrafos anteriores, la lactosa se incrementa o se reduce dependiendo de la cantidad, calidad y protocolo de alimentación (Murillo *et al.*, 2013).

De acuerdo con lo anteriormente citado, se puede establecer que, la adición de nopal a la dieta de cerdas lactantes, no afectó el valor nutrimental de la leche a pesar de que la ingesta de nopal puede provocar efectos hipocolesterolemicos lo cual pudo haberse reflejado en una disminución de grasa en leche principalmente; aspecto que pudo poner en riesgo el crecimiento de los lechones, ya que estos dependen en gran medida del aporte de grasa durante los primeros 14 días de lactación (Kim *et al.*, 2013). Problemática que no se presentó (Tabla 8).

Tabla 8. Ganancia de peso del lechón lactante (g)

| Indicador | Ganancia diaria (g) | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | GT ($\bar{X} \pm E.E$) | GE ($\bar{X} \pm E.E$) |
| Día 1-7 | 156.8±44.2 | 171.7±39.3 |
| Día 8-14 | 199.2±54.1 | 219.3±45.4 |
| Día 15-21 | 241.3±37.8 | 266.0±49.8 |
| Medias generales | 199.7±23.3 | 219.0±35.8 |
| PLD (kg) | 5.1 ^a ±0.6 | 5.4 ^a ±0.4 |

GT=Grupo testigo; GE= Grupo experimental; E.E= Error estándar.

^{a,b} = literales diferentes indican diferencias (P<0.05) dentro de fila.

Aun y cuando Eliasson e Isberg (2011), reportan que el cambio o modificación de la dieta en cerdas lactantes podría modificar el contenido de ingredientes en leche, siendo la grasa el parámetro más fácil de afectar; de igual forma con el efecto hipoglucemiante que provoca el nopal en las cerdas se esperaba una afectación al contenido de lactosa debido a que la glucosa es el único precursor de esta (Stelwagen, 2011; Schieck *et al.*, 2010); sin embargo no hubo efecto en la cantidad de lactosa y en conjunto Hurley (2015) menciona que la lactosa es el componente menos variable de la leche.

7. CONCLUSIÓN

El consumo de nopal (*O. ficus-indica*) por parte de las cerdas en etapa de lactancia provocó un aumento en el consumo voluntario de alimento, ello debido, a su efecto hipoglucémico, sin embargo la ingesta del nopal por parte de las cerdas, no mostro repercusión en la producción de leche ni en su contenido de grasa, proteína y lactosa, la cual se esperaba que fuera modificada por las características hipoglucémicas e hipocolesterolemicas que contiene el nopal.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aréchiga, F. C. F., & Flores, C. F. A. (2007). El nopal en la producción animal. pp. 1-140
- Arroyo, P. (2008). La alimentación en la evolución del hombre: su relación con el riesgo de enfermedades crónico degenerativas. Boletín médico del Hospital Infantil de México, 65(6), 431-440.
- Barb, C. R., Hausman, G. J., & Lents, C. A. (2008). Energy Metabolism and Leptin: Effects on Neuroendocrine Regulation of Reproduction in the Gilt and Sow. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s2), 324-330.
- Barrera, S. R. A. (2017). Relación entre el consumo voluntario de alimento y la concentración de leptina, insulina, glucosa, triglicéridos y depósito de grasa dorsal en cerdas post parto (Tesis de licenciatura). Universidad Central Del Ecuador. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito, Ecuador.
- Basurto, S. D., Lorenzana, J. M., & Magos, G. G. A. (2006). Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. *Revista de la Facultad de Medicina, UNAM*. 49(004).
- Bauman, D. E., McGuire, M. A., & Harvatine, K. J. (2011). Mammary gland, milk biosynthesis and secretion: milk fat. *Encyclopedia of dairy sciences*, 352-358.
- Boari, R., Chuard, N., Fernández, V. y Pouiller, P. 2013. Mercado internacional de carnes bovina, porcina y aviar. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Argentina.
- Bobadilla, S. E. E., Espinoza, O. A., & Martínez, C. F. E. (2010). Dinámica de la producción porcina en México de 1980 a 2008. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(3), 251-268.
- Bolaños, R. P. (2009). Evolución de los hábitos alimentarios de la salud a la enfermedad por medio de la alimentación. *Trastornos de la conducta alimentaria*, 9, 956-972.
- Bracho, N. M. (2012). Generalidades de las biomoléculas. Estructuras de las propiedades físico-químicas de las proteínas, péptidos y aminoácidos (Tesis) Universidad Del Zulia, Facultad De Medicina. Maracaibo.
- Calzada, L. R., Altamirano, B. N., & Ruiz, R. M. D. L. L. (2008). Reguladores neuroendocrinos y gastrointestinales del apetito y la saciedad. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 65(6), 468-487.

- Campabadal, C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Costa Rica: Asociación Americana de Soya-IM.
- Casey, N., & Noel, W. (2011). Producción de leche y necesidades alimentarias de las cerdas (I). Obtenido de http://www.3tres3.com/nutricion/produccion-de-leche-y-necesidadesalimentarias-en-cerdas-i_3284/
- De Tapia, E. M., Yrizar, D. M., Morales, E. I., & Morán, C. C. A. (2014). Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México. In *Anales de Antropología* Vol. 48, No. 1, pp. 97-121. Elsevier.
- Declerck, I., Dewulf, J., Piepers, S., Decaluwé, R., & Maes, D. (2015). Sow and litter factors influencing colostrum yield and nutritional composition. *Journal of animal science*, 93(3), 1309-1317.
- Doval, H. C. (2013). Alimentación saludable: ¿cómo lograrla? *Revista Argentina de Cardiología*, 81(6). pp. 552-562.
- Echevarría, A. I., Parsi, J., Trolliet, J., Bocco, O., Grivel, C., & Rossi, D. (2009). Comparación de dos tipos de instalaciones para cerdos en la etapa de pos destete: confinamiento y aire libre. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(10).
- Ek-Mex, J. E., Segura, C. J. C., Alzina, L. A., & Aké, L. R. (2015). Factores ambientales que afectan algunas características pos destete de las cerdas en el trópico de México. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(1), 45-51.
- Eliasson, C., & Isberg, S. (2011). Production and composition of sow milk. Department of Animal Nutrition and Management. pp. 1-10
- Errecart, V. (2015). Análisis del mercado mundial de carnes. Escuela de Economía y Negocios, Universidad Nacional de San Martín.
- Espeitx, E., & Gracia, M. (2012). La alimentación humana como objeto de estudio para la antropología: posibilidades y limitaciones. *Áreas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (19), 137-152.
- Estévez, A. J. A. (2016). Manejo alimentario durante la gestación y lactancia en una unidad integral de producción porcina. Estudio de caso. *Revista de Producción Animal*, 28 (2-3), 1-11.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2006). Utilización agroalimenticia del nopal. Departamento de Agroindustria y Enología Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2014a). Carne y productos cárnicos. Consumo de carne. En línea: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2014b). carne y productos cárnicos. Fuentes de carne. En línea: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2015) Carne y productos cárnicos. Composición de la carne. En línea: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- Farmer, C. (2013). Mammary development in swine: effects of hormonal status, nutrition and management. *Canadian Journal of Animal Science*, 93(1), 1-7.
- Farmer, C., & Petit, H. V. (2009). Effects of dietary supplementation with different forms of flax in late-gestation and lactation on fatty acid profiles in sows and their piglets. *Journal of animal science*, 87(8), 2600-2613.
- Farmer, C. y Quesnel, H. (2009). Nutritional, hormonal, and enviromental effects on colostrum in sow. *J.Anim.Sci.* 87(13): 56-64.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2012). Panorama agroalimentario.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2015). Panorama agroalimentario. Carne de porcino 2015. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. pp. 1-20.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Carne de cerdo 2016. pp. 1-33.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2017). Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Carne de bovino 2017. pp. 1-26.
- Financiera Nacional del Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesquero (FND). (2014). Panorama del Porcino mayo 2014. Recuperado de: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20PorcinoPdf>
- Galati, E. M., Tripodo, M. M., Trovato, A., Miceli, N., & Monforte, M. T. (2002). Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.(Cactaceae) waste matter: Note I: diuretic activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(1), 17-21.
- García C. A. del C., Martínez, B.N.R; Amaro, G.R.; Aguirre, .A.F.A.; Angulo, M. (2008). Manual de evaluación de la unidad de producción porcina. SAGARPA,

- INIFAP, CIRPAS. Campo Experimental “Zacatepec”. Publicación Especial No. 45. Zacatepec, Morelos. 40 p.
- Gasa, J., Solà, O. D., & Facultad de Veterinaria, U. A. B. (2016) Avances en Alimentación y Manejo de Cerdas Hiperprolíficas Durante la Lactación. FEDNA pp.77-116
- González, J. E., & Schmidt, R. V. J. (2012). Regulación de la ingesta alimentaria y del balance energético: factores y mecanismos implicados. *Nutrición Hospitalaria*, 27(6), 1850-1859.
- Gutiérrez, O. E., Elías, A., Bernal, H., & Morales, H. (2007). Usos alternativos del nopal forrajero. In *Memorias del VI Simposio Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México*. Marín, NL, México (p. 1).
- Guyton, A. C., Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2006). *Tratado de fisiología médica*. Elsevier Brasil.
- 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.
- Hazard, S. (2011). Variación de la composición de la leche. *Curso-Taller Calidad de Leche e Interpretación de Resultados de Laboratorio*. Temuco, Chile, 7, 33-44.
- Hoving, L. L., Soede, N. M., Feitsma, H., & Kemp, B. (2012). Lactation weight loss in primiparous sows: consequences for embryo survival and progesterone and relations with metabolic profiles. *Reproduction in domestic animals*, 47(6), 1009-1016.
- Huerta, L. N., Howard, S. T., Flores, A. R., Ngapo, T. M., & Belk, K. E. (2016). A survey of Mexican retail chain stores for fresh US pork. *Meat science*, 119, 165-173.
- Hurley W.L (2015). *The gestating and lactating sow Chapter 9: Composition of sow colostrum*. Wageningen Academic Publishers
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2008) Censo agropecuario del 2008. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=16>
- Jackson, P., & Cockcroft, P. (2009). *Manual de Medicina Porcina*, Editorial Inter-Médica S.A.I.C.I.. Buenos Aires, Argentina.
- 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 Science and Biotechnology* 4(26):1-8.
- Langreo, N. A. (2009). El sistema de producción de carnes, ante la crisis actual. Nuevos retos. *Distribución y consumo*. (105), 6-17.
- 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.
- Littell, C. R., Stroup, W. W., Freund, R. J. (2002). *SAS for linear models*. SAS institute.
- López, N. (2012). Uso y Calidad de Materias Primas en la Alimentación de Cerdos. XVI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. pp. 2-6
- Luna V. J., Urrutia M. J. (2008). Nopal para forraje en el altiplano potosino. INIFAP-CIRNE, Campo experimental San Luis. Folleto para productores No. 49. San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Magloire, F. J., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci*, 11(1), 2574-2589.
- Mainau, E., Temple, D., & Manteca, X. (2015). Mortalidad neonatal en lechones. *Farm Animal Welfare Education Centre*, 11, 1-2.
- Marotta, E. (2009). Requerimientos alimenticios adaptados al porcino moderno y calidad de carne. *Veterinaria Cuyana*, 4(1y 2).
- Martín, C. V. J. (2010). Consumo de carne y productos cárnicos. Evolución y tendencias más recientes. *Distribución y consumo*, (111), 5-23.
- Martínez, S., Campos, C., Madrid, J., Cerón, J. J., Orengo, J., Tvarijonaviciute, A., & Hernández, F. (2013). Conocimiento actual de las hormonas reguladoras de la ingestión de alimentos en la especie porcina. In *Anales de Veterinaria de Murcia* (Vol. 29, pp. 7-22).
- Morgado, V. E., & Caba, V. M. S. (2008). Grelina: Una hormona reguladora de la ingesta de alimento y del peso corporal. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 8(2), 35-40.

- 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.
- Muñoz, R. (2015). Vulnerabilidad de la producción porcina a pequeña escala frente a los tratados de libre comercio. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 16(1), 1-9.
- Murcia, J. L. (2014). Tendencias en el consumo mundial de carnes. Distribución y consumo, 2, 32-37.
- Noblet, J. (2010). Desarrollos recientes y nuevas perspectivas en la valoración de alimentos para Ganado porcino. Memorias XXVI Curso de especialización FEDNA. Avances en Nutrición Animal. Madrid. Pág, 131, 148.
- Noboa, J. D. A. (2012). Sobrealimentación de cerdas gestantes durante los primeros 30 días de preñez (Tesis) Quito.
- National Research Council (NRC). El nuevo NRC en ganado porcino. En línea: www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/79-NRC_porcino.pdf
- Ortiz, R., Ortega, R., Becerril, J., & Consultora, O. (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.
- Ortiz, R. R., Ordaz, O. G., Andrade, H. E. O., Saucedo P.A y Pérez, P. 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. R. R., Orozco. G. A., Val. A. D., Portillo, M. L., Pérez. S. R. E. (2017). Efecto de la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de cerdas lactantes sobre la producción y calidad de la leche. *Nova Scientia*, 9(18), 290-312.
- Park, M. S., Shinde, P. L., Yang, Y. X., Kim, J. S., Choi, J. Y., Yun, K., & Chae, B. J. (2010). Reproductive performance, milk composition, blood metabolites and hormone profiles of lactating sows fed diets with different cereal and fat sources. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(2), 226-233.
- Patterson, J. L., Smit, M. N., Novak, S., Wellen, A. P., & Foxcroft, G. R. (2011). Restricted feed intake in lactating primiparous sows. I. Effects on sow

- metabolic state and subsequent reproductive performance. *Reproduction, Fertility and Development*, 23(7), 889-898.
- Pére, 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., Pére, M.C. (2009). Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *J. Anim. Sci.* 87: 532-543.
- Quiles, A. (2010). Importancia del calostro en la termorregulación del lechón. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. (19) pp 24-28
- Reveles, H. M., Flores. O. M. A., Blanco. M. F., & Valdez, C. R. D. (2010). El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional" Producción y Aprovechamiento del Nopal". *RESPYN Edición Especial*, (5), 130-144.
- Romero, J. Á., & Legorreta, R. A. M. (2005). *Sus scrofa* (doméstica) Linnaeus, 1758. pp. 1-9
- Rossa, M. G., & Desai, M. (2014). Programación del desarrollo del apetito y saciedad. *Ann Nutr Metab*, 64(1), 36-44.
- Santomá, G. (2012). ¿Qué Medidas Nutricionales Tomar Ante la Productividad de la Cerda Actual? 2ª Parte: Peri-parto y Lactación. XXVIII Curso de Especialización FEDNA, 188 pp 173-245
- SAS. (2000). *Statistical Analysis System*. Institute Inc. North Caroline. USA.
- Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(2).
- Schenkel, A. C., Bernardi, M. L., Bortolozzo, F. P., & Wentz, I. (2010). Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. *Livestock Science*, 132(1), 165-172.
- 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

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA) SIAP (2015). Tercer informe de labores. Programa de fomento ganadero. pp. 61-70.
- Stelwagen K. (2011). Mammary gland, milk biosynthesis and secretion Lactose. Elsevier
- 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.
- Torre, E. J. M. (2008). Respuesta de Lechones Lactantes a la Alimentación con Preiniciador Fase I y Fase II y un Estimulante Nutricional (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria "Antonio Navarro" División de Ciencia Animal. Saltillo, Coahuila, México.
- Trolliet, J. C. (2005). Productividad Numérica de la Cerda: Factores y componentes que la afectan. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Argentina, 1-39 pp.
- Valdés, V., & Pérez, A. (2012). Fisiología de la glándula mamaria y lactancia. Recuperado de: <http://www.unicef.cl/lactancia/docs/mod02/FISIOLOGIA%20DE%20LA%20GLANDULA%20MAMARIA%20Y%20LACTANCIA.pdf>.
- Vargas, M. J. (2015). Implementación de cambios en el manejo de la alimentación en cerdas gestantes y lactantes para el mejoramiento de parámetros en la granja Santa María (Tesis de licenciatura) Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Caldas, Antioquia.
- Vignola, M. (2009). Sow feeding management during lactation. In London Swine Conference. Tools of the Trade (Vol. 4, p. 107-117).
- Wanderley W. L., Ferreira M. de A., Andrade D. K. B., Vêras A. S. C., Lima L. E., Días A. M. (2002). Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:273-281.
- Williams, N. H., Kummer, R., Pinilla, J. C., Piva, J., & Neil, C. (2007). Milk Production and nutritional requirements in modern sows. In *Palestras do Pré-congresso e Congresso E* (p. 155).
- Wu, W. Z., Wang, X. Q., Wu, G. Y., Kim, S. W., Chen, F., & Wang, J. J. (2010). Differential composition of proteomes in sow colostrum and milk from anterior and posterior mammary glands. *Journal of animal science*, 88(8), 2657-2664.