



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**Evaluación del comportamiento productivo de cerdas reproductoras en
etapa de gestación; criadas en un sistema orgánico con alimentación
alternativa.**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ERNESTO HURTADO GUERRERO

TUTOR: MARCO ANTONIO HERRADORA LOZANO

COMITÉ TUTORAL:

GERARDO MARISCAL LANDÍN

LUIS CORONA GOCHI



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mis queridos padres, que les debo todo

A la UNAM mi *alma mater*

A Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y al DPA: Cerdos, mi segundo hogar por bastantes años

A la memoria de mis tíos Guillermo y Gerardo y de mis amigos Eber y Ricardo

A los animales que siempre me han inspirado los más nobles sentimientos

AGRADECIMIENTOS

Al patrocinio para el proyecto PAPPIT IN. 202128

A la beca de posgrado de CONACYT

Al todo el personal del DPA: Cerdos; por el apoyo brindado durante el desarrollo del posgrado

A las puercas del experimento, que fueron las protagonistas.

Al jurado de sinodales compuesto por Leonor Sanginés García, Fernando Pérez-Gil Romo, Francisco Castrejón Pineda, Roberto Martínez Gamba y Marco Antonio Herradora Lozano.

A todas aquellas personas que ayudaron en mi formación y colaboraron en ésta investigación de una u otra manera: Roberto Martínez G. (guía, consejero y buen amigo), Marco Herradora L. (tutor y maestro), Luis Corona G. y Gerardo Mariscal L. (comité tutorial); a los excelentes profesores de posgrado: Germán Borbolla S., Luis Corona G., Humberto Troncoso A., Silvia Buntinx D.; al personal del laboratorio de bromatología y Toxicología del DNAB; a mis compañeros de la maestría Ramón, Diana, Minelia, Fernando y Axel; a las bodegas de papa de Alejandro Páez, Giovanni Carmona y BANANANAVA de la CENA, que desinteresadamente donaron el alimento; a mi papá y a mi hermano Rodrigo por ayudarme en esos viajes con cargamento; a los doctores Luis y Rodolfo ("las criaturas") por su interés y sus valiosos consejos; a los académicos y trabajadores del CEIEPP; a los doctores Alejandro Vargas y Roberto Martínez R., y el Ingeniero Agustín y sobre todo a los compañeros y buenos amigos del CEIEPP que estuvieron en todo el experimento o solo de paso Marisol, David, Eunice, Pancho, Yadira (que me alimentó aun en contra de su voluntad), Levi, Carmen, Rosa, Usiel, Yasmín, Lulú 1, Lulú 2, Alicia, Gaby, Alector, Habacuc (el lechón desmedrado), Mariana, Beto y el buen Hugo. A las Doctoras Esperanza, Rosalba y Carmen, por ayudarme cuando se podía y aguantar el trabajo inconstante en el laboratorio a causa de las actividades del posgrado. Y a mi primo Mariano por su ayuda.

A todas aquellas personas que no ayudaron, pero de todos modos agradezco su compañía y apoyo moral, (bastante importante): A mis padres a quienes nunca podré de dejar de agradecer por brindarme la vida y el amor por ésta; a mis queridos hermanos Dení, Rodrigo y Hugo; a Carmen quien siempre está en mi mente y corazón en las buenas y las malas. A mis grandes amigos: David, Alejandro "el niño", Nahuatl, Uziel, Gustavo, Paloma, Flor, Ceci, Mauricio Bonilla, Jorge Vargas, Carlos Arzate, Felipe Quesada y Xochitl.

RESUMEN

La producción orgánica se encuentra bien establecida en México, sin embargo, la porcicultura orgánica no presenta antecedentes. En este trabajo se evaluó el efecto del manejo y de la alimentación de tipo alternativo en la productividad de cerdas, en una sola gestación. El experimento constó de dos fases; En la primera se evaluaron a nivel de laboratorio las características nutrimentales de los ingredientes y la viabilidad de los procesos tecnológicos a emplear, por medio de una determinación nutrimental con base en el análisis químico proximal (AQP) y determinación de Ca y P. Los ingredientes y sus tratamientos probaron tener calidad suficiente para la formulación de las dietas. En la segunda, se emplearon 15 cerdas multíparas distribuidas en tres grupos con base en el manejo y la alimentación respectivamente: orgánico- convencional (Oc), orgánico-alternativa (Oa) y convencional-convencional (Cc). Se usaron dos dietas: convencional a base de sorgo y pasta de soya; y alternativa a base de ensilado de papa-plátano y germinado de lenteja. El manejo convencional consistió en alojamiento en jaula de gestación individual y con las prácticas zootécnicas regulares en la granja del estudio. El manejo orgánico consistió de un alojamiento en corrales con acceso a un patio de recreo, y el manejo fue con base a lo establecido por la normatividad vigente de producción orgánica. En las cerdas se evaluó: peso, grasa dorsal P2, condición corporal, en cuatro ocasiones diferentes: al inicio de la prueba, al inicio del primer tercio de gestación, al inicio del segundo tercio de gestación y a los 112 días de gestación. El consumo de materia seca (MS) fue registrado diariamente y se calculó la composición corporal de las cerdas (contenido de proteína, grasa y agua). Los datos se analizaron por medio de contrastes ortogonales. Se registraron los parámetros al parto (número de lechones nacidos vivos, muertos y su peso). El peso de las cerdas no tuvo diferencias ($P>0.05$) en ninguna de las mediciones, pero la ganancia de peso materna (GM) si difirió ($P=0.001$) a favor de Cc (20.3 ± 12.69 kg); por encima de Oc (-6.3 ± 14.1 kg) y Oa (-11.11 ± 10.3 kg); en las mediciones de grasa dorsal (GD) solo se encontraron diferencias ($P=0.035$) en la última medición Oa (18.1 ± 1.83 mm) fue menor que Oc (20.7 ± 1.96 mm) y Cc (21.16 ± 1.54 mm). La ganancia de grasa corporal (dif. GC) fue influenciada por la alimentación ($P=0.018$) y por el manejo ($P=0.0001$) con Cc (17.27 ± 1.7 kg), Oc (9.8 ± 5.7 kg) y Oa (1.55 ± 6.24 kg). El peso de la camada al nacimiento (PCN) fue mayor ($P=0.035$) para Oc (19.52 ± 3.12 kg) y le siguió Cc (17.01 ± 4.91 kg) y por último Oa (13.19 ± 4.01 kg). El grupo Cc (2.3 ± 0.94) tuvo más ($P=0.033$) lechones nacidos muertos (LNM) que Oc (0.8 ± 0.74) y Oa (0.5 ± 0.86). Este tipo de sistema productivo incrementa las necesidades energéticas de las cerdas gestantes, lo que puede limitar una apropiada deposición de reservas corporales. Lo cual puede comprometer la productividad de las cerdas.

Palabras claves: *Cerdas gestantes, producción orgánica, alimentación alternativa, ensilados, germinados*

ABSTRACT

Organic production is well established in Mexico, however, there is not organic pig farming background. In this study the effect of management and alternative food type productivity of sows was evaluated for one pregnancy. The experiment has consisted on two phases: Phase I.- The processed feedstuffs nutritional characteristics were evaluated at laboratory level, through a nutritional assessment based on proximal chemical analysis (AQP) and determination of Ca and P. The ingredients and their treatments proved to have sufficient quality for the formulation of diets. Phase II.- 15 multiparous hybrid sows (LxY) were used, divided into three groups based on managing and feeding respectively: organic and conventional (Oc), organic-alternative (Oa) and conventional-conventional (Cc). Two diets were used: conventional sorghum-soybean meal based and other alternative potato-banana silage and lentil sprouts based. Management has consisted of conventional gestation individual stall housing and with regular handling on-farm animal husbandry from the study. Organic management consisted of housing in grouping pens with access to an outdoor yard and was based management as prescribed by current organic production regulations. The sows were evaluated (weight, P2 depth back fat and body condition) in four different times: at the start of the test, early of the first third of gestation, early in the second third of gestation and 112 days of gestation. The consumption of dry matter (MS) was recorded daily and calculated body composition of sows (content of protein, fat and water). Data were analyzed using orthogonal contrasts. Parameters were recorded at birth (number of piglets born alive, stillborn and weight). The ingredients and their treatments proved to have sufficient quality for the formulation of diets. The weight of sows was not different ($P > 0.05$) in any measure, but maternal weight gain (GM) differ ($P = 0.001$) for CC (20.3 ± 12.69 kg), Oc (-6.3 ± 14.1 kg) and Oa (-11.11 ± 10.3 kg). In backfat measurements (GD), only differences were found ($p = 0.035$) at the last measurement Oa (18.1 ± 1.83 mm) was less than Oc (20.7 ± 1.96 mm) and CC (21.16 ± 1.54 mm). The gain of body fat (Diff GC) was influenced by diet ($P = 0.018$) and management ($P = 0.0001$) with CC (17.27 ± 1.7 kg), Oc (9.8 ± 5.7 kg) and OA (1.55 ± 6.24 kg). The litter weight at birth (PCN) was higher ($p = 0.035$) for Oc (19.52 ± 3.12 kg) and was followed by CC (17.01 ± 4.91 kg), and finally Oa (13.19 ± 4.01 kg). The CC group (2.3 ± 0.94) had more ($P = 0.033$) piglets born dead (LNM) which Oc (0.8 ± 0.74) and Oa (0.5 ± 0.86). This type of production system increases the energy requirements of pregnant sows, which may limit proper deposition of body reserves. This may compromise the productivity of sows.

Keywords: *pregnant sows, organic production, alternative feeding, silage, sprouts*

CONTENIDO

Página

| | |
|--|------|
| Dedicatorias..... | I |
| Agradecimientos..... | II |
| Resumen..... | III |
| Abstract..... | IV |
| Contenido..... | V |
| Lista de cuadros..... | VIII |
| Lista de figuras..... | IX |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Revisión de literatura..... | 4 |
| 2.1 Aspectos a considerar para la producción orgánica..... | 4 |
| 2.2 Antecedentes de alimentación en porcicultura orgánica..... | 6 |
| 2.3 Ingredientes alimenticios potenciales para su uso en porcicultura orgánica en México.... | 8 |
| 2.3.1 Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 9 |
| 2.3.1.1 Características del almidón de papa..... | 10 |
| 2.3.2 Plátano (<i>Musa sapientum</i> sp.)..... | 13 |
| 2.3.3 Lenteja (<i>Lens esculenta</i> sp.)..... | 15 |
| 2.4 Factores antinutricionales (FAN)..... | 16 |
| 2.5 Procesos tecnológicos utilizados en la prueba..... | 17 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1 Germinación..... | 17 |
| 2.5.2 Ensilaje..... | 21 |
| 2.5.2.1 Eventos cronológicos durante el ensilaje..... | 23 |
| 2.5.3 Cocción..... | 25 |
| 2.6 Cerdas gestantes..... | 26 |
| 3. Justificación..... | 33 |
| 4. Objetivos..... | 34 |
| 4.1 Objetivo general..... | 34 |
| 4.2 Objetivos particulares..... | 34 |
| 5. Hipótesis..... | 34 |
| 6. Material y Métodos..... | 35 |
| 6.1 Primera fase..... | 35 |
| 6.1.1 Pruebas preliminares de selección de ingredientes y procesos..... | 35 |
| 6.1.2 Selección de ingredientes y sus procesos..... | 36 |
| 6.2 Segunda fase..... | 38 |
| 6.2.1 Animales experimentales..... | 39 |
| 6.3 Tratamientos y manejo de alimentación..... | 40 |
| 6.4 Variables de respuesta..... | 41 |

6.5 Análisis estadístico..... 43

Página

7. Resultados..... 44

8. Discusión..... 52

9. Conclusiones..... 57

10. Anexos..... 58

11 Literatura citada..... 63

LISTA DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Composición química (%) y algunas propiedades del almidón de papa..... | 11 |
| Cuadro 2. Contenido de amilosa en diferentes fuentes de almidón..... | 12 |
| Cuadro 3. Susceptibilidad del almidón intacto proveniente de diferentes fuentes, ante α -amilasa pancreática y α -amilasa bacteriana..... | 13 |
| Cuadro 4. Contenido de carbohidratos en plátanos verdes y maduros..... | 14 |
| Cuadro 5. Características de los carbohidratos solubles durante la maduración de los plátanos..... | 15 |
| Cuadro 6. Efectos de los FAN en monogástricos domésticos..... | 16 |
| Cuadro 7. Vías de fermentación más frecuentes en un ensilaje y metabolitos producidos; así como mermas estimadas en MS y recuperación química..... | 25 |
| Cuadro 8. Fracciones de Energía Metabolizable (EM) consumida por cerdas primerizas..... | 29 |
| Cuadro 9. Selección de ingredientes..... | 45 |
| Cuadro 10. Efecto del tipo de dieta y manejo sobre el peso, grasa dorsal y condición corporal de las cerdas a lo largo de la gestación | 49 |
| Cuadro 11. Efecto del tipo de dieta y manejo sobre las variables de composición corporal de las cerdas a lo largo de la gestación..... | 47 |
| Cuadro 12. Efecto del tipo de dieta y manejo sobre las variables del parto..... | 50 |
| Cuadro 13. Dietas de cerdas gestantes..... | 58 |
| Cuadro 14. Aportes nutrimentales del germinado de lenteja..... | 59 |
| Cuadro 15. Aportes nutrimentales del ensilado de papa-plátano..... | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Tamaño y forma de gránulos de almidón de diferentes fuentes..... | 12 |
| Figura 2. Sucesión de bacterias en un ensilado con respecto al aumento del tiempo y modificación del pH del medio..... | 24 |
| Figura 3. Energía Metabolizable (EM) consumida por cerdas primerizas con dieta convencional y 20°C de temperatura ambiental..... | 29 |
| Figura 4. Promedios de alimento ofrecido y consumido (equivalente en MS) durante cada tercio de la gestación..... | 46 |
| Figura 5. Promedios de energía ofrecida y consumida (equivalente en MS) durante cada tercio de la gestación..... | 46 |
| Figura 6. Variaciones semanales en el contenido de MS de la dieta alternativa y del concentrado..... | 47 |
| Figura 7. Cambio del peso corporal a lo largo de la gestación..... | 48 |
| Figura 8. Cambios en la grasa dorsal (P2) a lo largo de la gestación..... | 48 |
| Figura 9. Espacio de alojamiento..... | 61 |
| Figura 10. Espacio de alojamiento durante la prueba..... | 62 |
| Figura 11. Batería de jaulas con comedero..... | 62 |

1. INTRODUCCION

En los últimos 50 años gran parte de la porcicultura mundial se ha establecido bajo el esquema de producción intensiva (Tinoco, 2004). Es importante hacer notar que algunos consumidores han asociado este tipo de producción con algunos aspectos negativos concernientes a la salud humana, el bienestar animal y el deterioro ambiental, lo que ha afectado negativamente a esta importante actividad pecuaria (Barragán, 1999; Pijoan, 1999).

Por otro lado, el problema de la crisis alimentaria mundial, sin duda, no es más que un reflejo de deficiencias económicas, sociales (Sandøe *et al.*, 2003) y ambientales que afectan a la humanidad actualmente, pues no existe un equilibrio entre estos tres aspectos fundamentales, si se considera el principio de sustentabilidad (Bonilla, 2002). Una tendencia de algunos sectores productivos, sobre todo entre los productores a pequeña escala, es la transformación hacia sistemas sustentables como el de la producción orgánica o ecológica (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2007); el cual se originó a principios del siglo XX en Europa occidental con los movimientos filosóficos del regreso a la naturaleza y de biodinámica (Ruiz, 2001), éste es un desarrollo agropecuario que promueve la producción de alimentos desde una perspectiva ambiental, social y económica (Ruiz, 2001; Bonilla, 2002). Es muy importante resaltar que el movimiento orgánico, fue concebido bajo un paradigma holístico distinto al capitalismo, por lo que persigue una finalidad diferente a los sistemas convencionales desarrollados bajo un enfoque productivista y que comúnmente suele ser difícil hacer una comparación entre ambos, que no sea arbitraria y que no coloque a alguna de estas corrientes productivas por debajo de la otra (Anaya-Bretón, 2008).

En nuestro país, la producción orgánica está integrada principalmente por pequeños productores, agrupados sobre todo por la participación y promoción de organizaciones no gubernamentales (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2007). En el año 2007 había más de 80,000 productores en casi 308 mil hectáreas (ha) de tierra agrícolas y pecuarias ya registradas. Sin embargo, de éstas sólo se habían destinado 15 000 ha para la producción pecuaria, de las cuales el 60% se habían reservado para bovinos de carne (Gómez *et al.*, 2005). El área destinada para la ganadería orgánica es aún reducida tomando en cuenta que en el país existe un gran potencial para desarrollarla, ya que se tiene una variedad de regiones agroecológicas aptas, así como una variedad de insumos viables para llevarla a cabo (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2007).

Aunque en otros países hay granjas orgánicas donde se crían cerdos, la cantidad de carne producida de esta forma es aún limitada (Bach, 2001), pero con un crecimiento constante (Sundrum, 2001; Zollitsch *et al.*, 2004), ya que su demanda se incrementa rápidamente a nivel mundial sobre todo en estratos socio-culturales medios y altos (Bach, 2001). Actualmente en

México no hay antecedente documentado de su implementación, siendo prácticamente inexistente la producción de carne orgánica.

Uno de los principales retos para la porcicultura orgánica se encuentra la alimentación, ya que ésta deberá cumplir con los lineamientos de producción orgánica con la complejidad que esto conlleva; la prohibición y restricción de diversos insumos comunes en la crianza convencional, la disponibilidad de las materias primas orgánicas, la diversidad de costos que pueden presentar, la variabilidad en el aporte nutrimental, la calidad de éste y además lograr que se satisfagan los requerimientos de los animales y como consecuencia el desempeño adecuado de estos (Kelly *et al.*, 2001; Klont *et al.*, 2001; Guy y Edwards, 2002; Gustafson y Stern, 2003). Los porcicultores de países desarrollados con mayor experiencia al respecto, pues tienen diversas ventajas en cuanto a los ingredientes alimenticios, como el hecho de contar con provisiones aceptables de alimentos orgánicos certificados, diversos apoyos gubernamentales y un mercado que exige una buena cantidad de alimentos orgánicos de origen animal (Sundrum *et al.*, 2000; Hermansen *et al.*, 2002; Hermansen *et al.*, 2003; Hovi *et al.*, 2003;). Sin embargo, esto no es del todo una realidad en el contexto mexicano, por lo que es necesario contar con ingredientes y programas de alimentación apropiados.

En México existen diversos ingredientes con potencial para la alimentación de cerdos en granjas ecológicas, además de que la utilización de algunos tratamientos tales como la cocción, germinación y ensilaje pueden mejorar los aportes nutrimentales, disminuir factores antinutricionales, modificar la digestibilidad y de manera indirecta la salud de los animales, ya que como en el caso de los ensilados, pueden funcionar como prebióticos al modificar las condiciones ambientales del tracto gastrointestinal (Peer y Leeson, 1985a; Abu *et al.*, 2000; Thu Hong y Lindberg, 2007).

Es importante mencionar que si una unidad productiva pretende certificarse como orgánica requiere de un proceso de evaluación por parte de un organismo certificador, el cual dará fe de que se cumplen con los requisitos necesarios para la producción orgánica; en este proceso, hay un periodo denominado de transición, en el cual se comienza el sistema bajo los protocolos de producción orgánica (Bonilla, 2002). Hay que recalcar que durante este tiempo es cuando se observa la mayoría de los problemas de adaptación y disminución de la productividad (Ruiz, 2001; Guy y Edwards, 2002; Bonilla, 2002), principalmente en las hembras reproductoras, ya que un manejo diferente durante la gestación, se verá reflejado inmediatamente en su organismo y posteriormente en las etapas subsecuentes de producción, por lo que puede considerarse a la

hembra, como punto clave dentro de la porcicultura orgánica (Miller *et al.*, 1991); por ello es importante encontrar medidas encaminadas a reducir dicho impacto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos a considerar para la producción orgánica

El sistema de producción orgánica, puede presentar diferentes puntos a favor y en contra. Específicamente la crianza de porcinos ecológicos ofrece diversos retos, dentro de los que destacan la nutrición y alimentación (Sundrum, 2001), pues se deben superar desafíos simultáneos como el de cumplir con una serie de normas y restricciones en cuanto al empleo de ingredientes alimenticios y procedimientos de manejo (Guy y Edwards, 2002), así como satisfacer las necesidades nutrimentales de los animales (NRC, 1998), entonces es necesario encontrar alimentos que se puedan obtener en cantidades suficientes en la zona, que cumplan con los requerimientos de la normatividad orgánica y por supuesto de los propios animales (Millet *et al.*, 2006). Hay que considerar también que en este tipo de sistemas los cerdos deben tener libre acceso a forraje, con las diversas influencias en la digestión y el comportamiento productivo que acarrea éste, sobre todo en cerdos en crecimiento (Bach, 2001); ya que la fibra puede afectar el consumo voluntario del alimento, al provocar una sensación de saciedad por el volumen que representa (Ramonet *et al.*, 1999), además de que puede generar cierto aporte energético al ser fermentada (Dierick *et al.*, 1989). Si bien éste compuesto estimula el recambio en las vellosidades intestinales (Serena *et al.*, 2007a) y aumenta la tasa de secreciones gástricas, biliares y pancreáticas, también incrementa las pérdidas de N endógeno por éstas secreciones (Ramonet *et al.*, 1999); por otro lado, según el tipo de fibra se puede aumentar el tránsito gastrointestinal, además de que puede formar geles absorbentes, secuestrando los nutrimentos, lo cual merma la digestión y absorción de éstos (Noblet y Le Goof, 2001).

Los requisitos más importantes para la alimentación de cerdos bajo condiciones orgánicas, de acuerdo con los estándares de CERTIMEX (México) (Certimex, 2005) y KRAV (Suecia) (KRAV, 2008) se mencionan a continuación:

- Del 75 al 80% de la materia seca del alimento debe ser obtenida a partir de ingredientes orgánicos;
- Las raciones diarias deberán contener alguna fuente de forraje; ya sean seca, fresca o ensilada;
- Las raciones podrán contener materias primas de origen agrícola convencionales, con restricciones en sus cantidades;
- Entre los aditivos y coadyuvantes permitidos se encuentran: Aglutinantes, emulsificadores, estabilizadores, surfactantes, espesantes, coagulantes antioxidantes,

preservadores, colorantes, aromatizantes, estimulantes del apetito y probióticos; todos estos productos deben provenir de fuentes naturales.

Por otra parte, no están permitidos el uso de antibióticos, coccidiostatos, sustancias medicinales, promotores del crecimiento, ni aminoácidos cristalinos o sintéticos que tenga como propósito estimular la producción (CERTIMEX, 2005; KRAV, 2008).

Existe literatura específica sobre la nutrición de cerdos orgánicos, pero toda proviene de países europeos o de Estados Unidos, a pesar de la valiosa información que aportan, el contexto de estos datos refiere a países donde se puede contar con una gran variedad de alimentos certificados como orgánicos para la alimentación animal, y sobre todo a productores capaces de solventar el alto precio de adquirir estos productos (Sundrum *et al.*, 2000; Sundrum, 2001; Millet *et al.*, 2006; Blair, 2007). Esto podría ser un tanto complejo para ser adoptado por un productor mexicano.

El uso de dietas balanceadas que utilizan cereales de alta densidad, en las que muchos de los ingredientes tienen que ser importados a la unidad productiva, va en contra del objetivo de la autosuficiencia (Kelly *et al.*, 2001). Por ello, uno de los puntos más representativos dentro de la producción orgánica es la obtención de alimentos en la misma granja (Kumm, 2002), con el propósito de establecer lo más parecido a un ciclo completo de nutrientes dentro de la unidad (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2005); lo cual podría limitar de cierta manera al productor que no cuente con un área agrícola apta o esté asociado con alguien que le provea este insumo (Kumm, 2002).

En el caso de que los animales se encuentren en grandes espacios abiertos, hay que tomar en cuenta las actividades que realizan, tales como el desplazamiento, el hozado, la exploración y las interacciones sociales; ya que cuando se encuentran en estas condiciones tienden a ser mucho más activos que aquellos que se encuentran en confinamiento total (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2005), y por lo tanto las necesidades energéticas de los cerdos en pastoreo pueden llegar a ser, según las características del terreno, de 25 a 50% mayores a las de los animales confinados (McDonald *et al.*, 1995). Se ha estimado un gasto de 1.67 kcal de EM/ Kg de peso vivo por Km. recorrido (Close y Poorman, 1993). Por otra parte, la temperatura ambiente también debe considerarse en las necesidades energética, así como el tipo de alojamiento, si es de manera individual o grupal, aumentando entre 3.5 a 4.3 kcal, el primero y 1.9 a 2.4 kcal de EM/ Kg. PV^{0.75} en el segundo, con temperaturas entre 20 a 23 °C y 15 a 16 °C respectivamente (ARC, 1981).

Finalmente como desventajas algunos autores han sugerido que la producción orgánica de cerdos podría no ser tan sustentable como cría de rumiantes para producir carne; ya que éstos últimos tienen la ventaja de que promueven la conservación del suelo de ambientes naturales, forman parte del reciclaje de materia vegetal, son más independientes a insumos químicos de manera general y es más sencillo el pastoreo (Kumm, 2002).

Un estudio de análisis de costos realizado en Inglaterra con cerdos alojados en diferente tipo de instalaciones (camas profundas y sistema extensivo), apuntó que era posible mantener a los cerdos bajo los requerimientos de bienestar animal vigentes en la Comunidad Europea, con un pequeño aumento en el costo de producción por animal. Sin embargo, para que el sistema orgánico sea rentable a largo plazo se requiere mantener los precios Premium de la carne de cerdo, los cuales pueden ser de hasta el 30% extra del valor de uno convencional (Bornett *et al.*, 2003).

Dalgaard *et al.*, (1998) en un estudio que hicieron en Dinamarca encontraron que las granjas orgánicas vertían más N al ambiente por animal que las convencionales, debido a que en éstas se tenía un manejo de excretas más eficientes; en contraposición Honeyman, (2005) mencionó que el sistema de cama profunda tiene un manejo eficiente de las excretas, generando inclusive un composteo de buena calidad; lo cual indica que no se puede generalizar, sino que va a depender del manejo que se tenga en cada una de las granjas.

2.2 Antecedentes de alimentación en porcicultura orgánica.

A pesar de que en muchos países europeos hay buena disponibilidad de ingredientes alimenticios aptos para emplearse en la producción pecuaria orgánica, esta gama de opciones disminuye cuando los productores han optado por criar animales orgánicamente pero en sistemas intensivos, sobre todo cerdos, gallinas ponedoras y vacas lecheras, Esta reducción de posibilidades se ha debido principalmente a que se exige mayor producción de los animales y por otro lado, no todos los ingredientes que se encuentran en el mercado pueden satisfacer las necesidades de estos, principalmente en cuanto a fuentes de aminoácidos limitantes ya que solo son permitidos algunos ingredientes convencionales que pueden complementar las raciones (proteína de papa, gluten de maíz, subproductos pesqueros y leguminosas). Aunado a lo anterior, la dificultad puede ser mayor en un futuro cercano, ya que para el año 2011 se contempla que las raciones sean compuestas en un 100% por ingredientes orgánicos, eliminando así muchas opciones de alimentación (Rahmann y Böhm, 2005).

Los mismos autores sugieren nuevas fuentes alimenticias como: Pastas de oleaginosas: Nabo (*Brassica napus*), girasol (*Helianthus annuus*), linaza (*Camelina sativa*); leguminosas: Trebol

(*Trifolium spp*), lupino (*Lupinus spp.*), veza (*Vicia sativa*); nuevas variedades de plantas comunes con proteína de alta calidad y digestibilidad: Haba (*Vicia faba*), chícharo (*Pisum sativum*); además de fuentes de aminoácidos esenciales: microalgas (*Chlorella vulgaris*, *Spirulina patensis*) y residuos de bacterias. Igualmente proponen nuevos procesos (tostado, fermentación, germinación); también sugieren el empleo de subproductos del procesamiento de alimentos orgánicos (levaduras, granos de destilería, pulpa de papa, semillas de calabaza, lentejas, entre otros).

Se menciona que a parte de nuevos ingredientes sería de interés en la alimentación de animales criados orgánicamente, la combinación de algunos tratamientos como la germinación y fermentación natural (Asiedu *et al.*, 1993) o con inóculos bacterianos y fungales, los que pueden realzar los aportes nutrimentales de los alimentos, provocando un pH más ácido, disminuyendo factores antinutricionales como el ácido fítico e incrementando la disponibilidad de minerales, carbohidratos y aminoácidos (Sripriya *et al.*, 1997; Sanni *et al.* 1999; Yousif y El Tinay, 2000; Hallén *et al.* 2004), por lo que sería de interés emplearlos para la alimentación de animales criados orgánicamente, aunque no existen antecedentes del empleo de éstos procesos en el sistema orgánico.

Ebke y Sundrum (2004) hicieron una evaluación de 21 granjas orgánicas de cerdos ubicadas en Austria para conocer cuáles eran los principales problemas y retos durante el proceso de certificación orgánico. Al evaluar el aspecto nutricional y de alimentación, encontraron que en la mayoría de ellas había problemas tanto en el manejo como en la composición de las dietas, ya que eran parcialmente deficientes en proteína y por lo tanto, las ganancias diarias de peso en cerdos de finalización fueron en promedio de 657g y con un periodo de 150 días.

Las investigaciones en la nutrición de cerdos orgánicos en granjas intensivas, han ido encaminadas a la búsqueda de alternativas en la alimentación para suplir las demandas de proteína y aminoácidos, además de la influencia de la fibra en los cerdos en crecimiento.

Sundrum *et al.* (2001), describieron las necesidades de aminoácidos en cerdos criados orgánicamente y propusieron las cantidades tanto para cerdos en crecimiento como para cerdas lactantes, empleando ingredientes orgánicos existentes en el mercado europeo. También, Sundrum *et al.* (2000), evaluaron a 100 cerdos alojados de manera individual y alimentados con cuatro dietas de crecimiento-finalización, una de ellas convencional suplementada con aminoácidos cristalinos y la compararon contra otras 3 dietas orgánicas de diferente formulación a base de cebada y trigo, todas isocalóricas. La fuente proteica de las dietas orgánicas fue haba suplementada con proteína de papa al mismo nivel que los aminoácidos cristalinos de la dieta

control, chícharos y lupinos o habas y lupinos. Se evaluaron parámetros productivos de los cerdos finalizados y las características de la canal y del músculo *longissimus dorsi*. A pesar que había grandes diferencias con el contenido de proteína cruda de la dieta suplementada con proteína de papa, en comparación con la dieta convencional, ambas presentaron el mismo desempeño en los cerdos, por otro lado los cerdos alimentados con las otras dos dietas orgánicas presentaron un menor crecimiento, consumieron menos alimento que el control y el grupo de la dieta con proteína de papa. En cuanto a la calidad de la canal, se observó mayor rendimiento y área del músculo *longissimus dorsi* en los cerdos con complementación de aminoácidos, sin embargo, en los cerdos con dietas orgánicas se encontró mayor cantidad de grasa intramuscular lo cual representa un aspecto de calidad de la carne.

Millet *et al*, (2006), probaron en cerdos en crecimiento criados orgánicamente tres dietas isocalóricas con diferentes concentraciones de proteína cruda (14-20%), encontrando que durante la primera fase de crecimiento una dieta alta en proteína producía un mejor desarrollo, pero conforme los cerdos crecían las dietas con menor contenido de proteína tenían mejores resultados en los parámetros de crecimiento y de calidad de la canal, siempre y cuando éstas tuvieran una cantidad adecuada de lisina.

Se han efectuado diversos estudios sobre todo con cerdos en pastoreo, en uno de estos Mowat *et al*. (2001) evaluaron la contribución nutricional del forraje para cerdos en crecimiento en praderas de gramíneas y trébol, suplementado con un concentrado *ad libitum*, en donde encontraron que el consumo de forraje representó el 4% del total de la materia orgánica; lo cual coincide con lo obtenido por Lauristen *et al*. (2000), quienes registraron que un alto consumo de forraje, puede disminuir el consumo de concentrado hasta en un 70% del consumo *ad libitum*. Hansen *et al*. (2000) observaron que cerdos mantenidos en condiciones similares a las anteriormente descritas consumieron en forma de pasto o ensilado de cebada/chícharo solo el 5 al 9% de la energía diaria necesaria, provocando una disminución en la ganancia diaria de peso entre el 14 y 16%. Presto *et al* (2009) indicaron que una fuente extra de forraje para cerdos en crecimiento en las áreas al aire libre tenía una influencia significativa para reducir las conductas agresivas de los animales y hacerlos más activos, pero sin afectar el tiempo que utilizaban para alimentarse.

2.3 Ingredientes alimenticios potenciales para su uso en porcicultura orgánica en México.

Las fuentes de aminoácidos más importantes para la crianza orgánica de cerdos en Europa son las leguminosas como las habas, chícharos y lupinos. La proteína de papa, el gluten de maíz o la pasta de colza son usados como alimentos de origen convencional que ayudan a proveer la

mayoría de los aminoácidos (Zollitsch *et al.*, 2004), ya que la primera cuenta con un perfil de aminoácidos ideal para las necesidades de los cerdos (Sundrum *et al.*, 2000).

En el mercado mexicano hay ingredientes que podrían llegar a emplearse para la alimentación de cerdos criados orgánicamente, tales como los subproductos agrícolas y de la transformación alimenticia orgánica, entre los que se encuentran los residuos de panadería y de la industria láctea, así como diversos bagazos y pulpas vegetales, o bien alimentos que no cumplen con las características de calidad para el mercado humano (frutas, verduras y/o granos). Sin embargo, hay que dejar claro que la alimentación alternativa y orgánica no son sinónimos, pues un alimento puede ser alternativo pero no orgánico, y viceversa. Aunque los conceptos de la producción orgánica pudieran confundirse con el empleo de materias primas alternativas, en realidad la mayor parte de las dietas para cerdos bajo este sistema de producción utilizan ingredientes convencionales certificados como orgánicos (Sundrum, 2001). Por otro lado, existen alimentos alternativos que difícilmente podrían ser certificados como orgánicos, por ejemplo los subproductos de origen animal y excretas (KRAV, 2008).

La descripción de los ingredientes empleados en el presente estudio se analizan a continuación.

2.3.1 Papa (*Solanum tuberosum* L.)

En México de acuerdo con la FAO (2008) en el año 2007 se produjeron 1, 750, 000 toneladas de papa. Por su parte el Consejo Nacional de la Papa (CONAPAPA) estimó un 10% de merma durante la cosecha, además de un rechazo por no cumplir con la calidad, la cual no fue estimada. Dado que es un cultivo muy sensible, requiere muchas sustancias para combatir plagas (Livingstone *et al.* 1979), lo que implica que se deberán tomar las precauciones necesarias para emplearlas como alimento orgánico (Blair, 2007).

La papa pertenece a la familia de las solanáceas, es un tubérculo, con raíz globosa, contiene una pulpa blanca o amarilla y de composición feculenta. Su cáscara es delgada, y su color puede ir desde el amarillo pálido hasta el rojo magenta según la variedad, pero su composición química y valor nutricional son similares. Bajo la cáscara se encuentra una capa fibrovascular y una parte central con alta proporción de almidón (IMSS, 2008). Tienen un contenido relativamente bajo de materia seca y por ende una baja densidad nutricional. Aproximadamente el 70% de la materia seca (MS) es almidón, en cuanto a Fibra Cruda (FC) y a la proteína cruda (PC) es similar al maíz, y es pobre en minerales (Whittemore, 1977). Del total del nitrógeno de la papa, 30-50% es proteína soluble, 10% es proteína insoluble y el resto es

nitrógeno no proteico (Pastuszewska, 2009). Se ha concluido que los contenidos de energía digestible ED y proteína digestible son muy similares a los del maíz, además de que son muy palatables para los cerdos de cualquier edad y etapa productiva. En cerdas en gestación Blair (2007) recomienda de 4 a 6 kg de papa cocida, adicionada de 1 kg de concentrado. Estas características hacen de este producto un alimento potencial sobre todo si se toma en cuenta la cantidad de papas que no cumplen con las características para su comercialización y son desechadas (Whittemore, 1977).

La proteína de la papa tiene un alto valor biológico similar al de la soya. La concentración de aminoácidos en 100g de PC es: 2.7g cistina+metionina, 3.2g treonina y 1.1g triptófano. El primer aminoácido limitante es la metionina o isoleucina (Blair, 2007). Se puede encontrar un buen contenido de lisina de aproximadamente 7.6 g en 16 g de N (Pastuszewska *et al.* 2009).

Los factores antinutricionales son los glucoalcaloides, principalmente, la α -solanina y la α -caconina (Pariera *et al.*, 2008). Para evitar problemas de toxicidad y bajo consumo, las papas deben de procesarse (Whittemore, 1977); el método más efectivo es el calor húmedo (Rehman y Shah, 2005), pues el ensilaje prácticamente no afecta a estos factores antinutricionales. Los mejores resultados se han obtenido al cocerlas a 100°C por 20 a 40 minutos (Blair, 2007), evitando excesos, pues un tratamiento de calor prolongado o un enfriado lento después del calor, resulta en el daño de la proteína y una reducción en su digestibilidad (Papadopoulos, 1989).

2.3.1.1 Características del almidón de papa

A pesar de ser una fuente muy rica de almidón, el almidón de papa cruda tiene muy baja digestibilidad, pues está contenido en gránulos tipo-B, los cuales tienen una alta concentración de enlaces covalentes unidos a fosfato, en comparación con otros almidones. Esta baja digestibilidad se debe a que las enzimas amilolíticas son incapaces de degradar los oligosacáridos fosforilados provenientes de la ruptura de la estructura del almidón (Noda *et al.*, 2008). Además de los enlaces covalentes de P, la digestibilidad del almidón está influenciada por la forma física del granulo (entre más grande y regular es más digestible); el contenido de amilosa y amilopectina (entre más exista esta última, mayor es la digestibilidad, según Rooney y Pflugfelder, 1986); y los factores antinutricionales (Whittemore, 1977) antes mencionados. En el Cuadro 1 se muestran algunas propiedades fisicoquímicas del almidón de papa, así como su composición.

Cuadro 1 Composición química (%) y algunas propiedades del almidón de papa

| Componente | (%) |
|---|---------------------------|
| Humedad | 13.1 ± 0.15 |
| Cenizas | 0.25 ± 0.01 |
| Nitrógeno | 0.09 ± 0.02 |
| Contenido de amilosa total | 28.1 ± 0.5 |
| Fósforo | 0.1 ± 0.05 |
| Almidón dañado | 1.5 ± 0.04 |
| Forma del almidón | Ovalada a esférica |
| Tamaño del granulo (diámetro µm) | 10-110 |

*Datos reportados en base seca y es la media de tres determinaciones.

Adaptado de Noda *et al.* (2008).

A continuación se muestra una comparación entre el almidón de la papa y el de otros tubérculos, raíces y cereales, en cuanto a su contenido de amilosa (Cuadro 2), el tamaño y forma de sus gránulos (Figura 1), así como la susceptibilidad de los gránulos de almidón para ser afectados por enzimas amilolíticas α -amilasa pancreática y α -amilasa bacteriana (Cuadro 3). En éstos pueden apreciarse ciertas características del almidón de papa de importancia para emplearse en la alimentación animal; en el Cuadro 2 se aprecia que el contenido aparente de amilosa es menor al de otros tubérculos y cereales, lo que puede darle una mejor digestibilidad. En la Figura 1 se observa que los gránulos de papa tienen un tamaño mayor y forma más regular en comparación con las otras fuentes de almidón, lo que puede facilitar el proceso de gelatinización (Rooney y Pflugfelder, 1986) y así hacerlo más digestible. En el Cuadro 3 se puede ver que la susceptibilidad del almidón intacto ante la amilasa bacteriana podría considerarse apropiado para realizar un ensilado.

Cuadro 2. Contenido de amilosa en diferentes fuentes de almidón

| Fuente del almidón | Contenido aparente de amilosa (%) |
|--------------------|-----------------------------------|
| Camote | 19.8 |
| Kudzu | 19.6 |
| Sago | 21.9 |
| Yuca | 18.4 |
| Maiz | 23.4 |
| Arroz | 13.2 |
| Papa | 18 |

Adaptado de Srichuwong *et al* (2005).

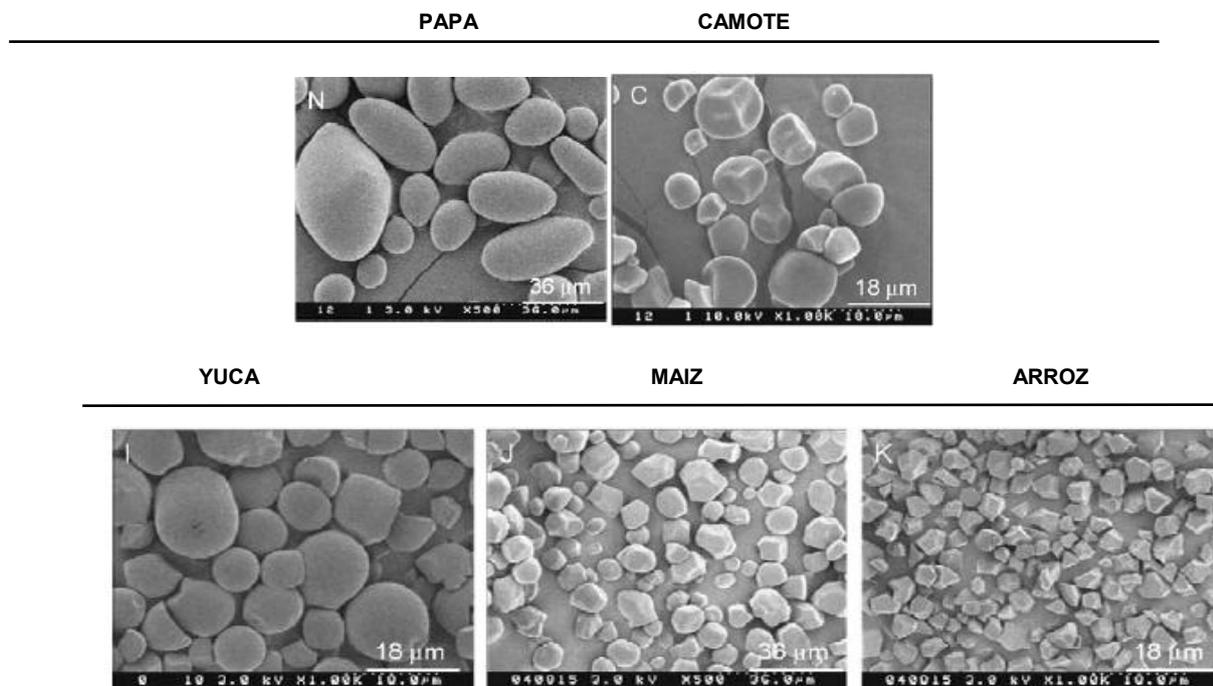


Figura 1. Tamaño y forma de gránulos de almidón de diferentes fuentes. Adaptado de Srichuwong *et al* (2005).

Cuadro 3. Susceptibilidad del almidón intacto proveniente de diferentes fuentes, ante α -amilasa pancreática y α -amilasa bacteriana

| Fuente del almidón | Susceptibilidad relativa al ataque de | |
|----------------------|--|------------------------------|
| | amilasa (amilosa de maíz normal = 100) | |
| | α -amilasa pancreática | α -amilasa bacteriana |
| Maíz céreo | -- | 117 |
| Maíz normal | 100 | 100 |
| Maíz alto en amilosa | 45 | 28 |
| Sorgo céreo | -- | 113 |
| Sorgo normal | -- | 101 |
| Papa | 7 | 37 |
| Camote | 92 | -- |
| Plátano | 43 | -- |
| Frijol | 51 | -- |
| Haba | 75 | -- |

Adaptado de Rooney y Pflugfelder (1986)

2.3.2 Plátano (*Musa sapientum* sp.)

Es un fruto de forma alargada y característica de la familia *Musaceae*, la fruta madura mide de 10 a 30 cm según la variedad, su cáscara es de color amarillo que gradualmente adquiere motas café obscuro o negras que denotan distintos grados de madurez, su consistencia es blanda pero muy resistente, la pulpa es blanda, blanco amarillenta, rica en almidón y otros carbohidratos, su aroma es dulce y suave, sus variedades difieren por su tamaño, color y contenido de carbohidratos. Contiene 22% carbohidratos, 2 % de FC, es rico en retinol, vitamina C, ácido fólico, potasio (370 mg/100 g), es pobre en sodio, hierro, calcio, zinc y cianocobalamina (IMSS, 2008). Es fuente de fructo-oligosacáridos (Cordenunsi *et al.*, 2008). La cantidad de proteína es mínima, además de que ésta es de un pobre valor biológico (Ly, 2004).

En México se produjeron casi 2 millones de toneladas de plátano en 2007 (FAO, 2008) y se estima que un 32% del producto es rechazado durante el proceso de comercialización. La

posibilidad de emplear estos plátanos de rechazo, ya sea de plantaciones o de empacadoras es interesante, pues una parte importante de la fruta cosechada no cumple los requisitos para la comercialización, además como en el caso de la papa, en las plantas empacadoras y comercializadora el desecho de los productos se da por múltiples razones, entre las que se pueden encontrar fluctuaciones en el precio de los productos, saturación del mercado, el mal estado del producto y no cumplir con las exigencias organolépticas; como color, tamaño, forma, textura o la integridad de la cáscara. Para aprovechar estos productos, hay que tener en cuenta el posible gran volumen de frutos y la dificultad de su traslado, por el contenido de agua que tienen, así como la rapidez con la que se deterioran, pues no hay muchas opciones para conservar la fruta. Por lo que se ha optado por ensilarlo y secarlo (Ly, 2004). De manera comercial, los plátanos nunca se dejan madurar en la planta, se cosechan a cierto nivel de desarrollo y se maduran en almacenaje. La fase en que se cosecha influye en el tiempo que va a requerir para madurarse y de la calidad del fruto (Madamba *et al.*, 1977).

Hay dos periodos distintos del crecimiento del plátano: 1. Formación de almidón, cuando la fruta fija sus reservas de almidón al reducir los azúcares; 2. La maduración, cuando la reserva de almidón es transformada en azúcares solubles y sacarosa y posteriormente hidrolizados a azúcar invertida (Madamba *et al.*, 1977).

En los dos siguientes cuadros se muestra la composición del plátano en diferentes etapas de su desarrollo, comparando verde contra maduro (Cuadro 4) y en diferentes días de madurez (Cuadro 5); estos contenidos están referidos en la porción de carbohidratos. Cabe resaltar la diferencia encontrada en cuanto al almidón y azúcares solubles, según transcurre el tiempo.

Cuadro 4. Contenido de carbohidratos en plátanos verdes y maduros

| | Verdes | Maduros |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Contenido, % MS | | |
| Almidón | 65.8 | 4.5 |
| Azúcares solubles | 10.1 | 71.6 |
| Fibra cruda | 3.9 | 3.6 |
| Fibra detergente ácido | 7.2 | 8 |
| Fibra detergente neutro | 10.6 | 10.2 |

Adaptado de LeDividich, *et al* (1976)

Cuadro 5. Características de los carbohidratos solubles durante la maduración de los plátanos

| Días | Pulpa fresca % | | | Distribución% | | |
|------|----------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| | Glucosa | Fructosa | Sacarosa | Glucosa | Fructosa | Sacarosa |
| 0 | 2.24 | 1.45 | 6.65 | 19.24 | 12.46 | 68.3 |
| 3 | 3.09 | 2.5 | 10.61 | 10.07 | 15.43 | 65.49 |
| 6 | 3.99 | 2.75 | 12 | 21.29 | 14.67 | 64.03 |
| 9 | 4.21 | 3.24 | 12.08 | 21.56 | 16.59 | 61.85 |

Adaptado de LeDividich, *et al* (1976)

La cáscara y las semillas son potencialmente alergénicas y contienen tiramina (IMSS, 2008). Los taninos parecen ser los principales factores antinutricionales de los plátanos, los cuales se encuentran sobre todo en las cáscaras y son más abundantes en los plátanos verdes que en los maduros. La maduración es favorable para la desaparición de los taninos (Ly, 2004).

Los frutos de plátano o partes de la planta han sido empleados con resultados aceptables en la alimentación de rumiantes (Pieltain *et al.*, 1998; Viswanathan *et al.*, 1989; López y Ralda, 1999), mientras que en cerdos su uso en zonas tropicales ha sido constante, sobre todo desde la década de 1970 se han realizado extensas evaluaciones del empleo de plátanos (maduros, verdes, harina) en la dieta de cerdos de engorda. Siempre y cuando se cumpliera con las necesidades proteicas, las dietas no tuvieron diferencias significativas para la ganancia diaria de peso ni el consumo de MS, (Clavijo y Maner, 1972; Agudelo y Gallo, 1974; Olivas *et al.*, 1974; Ffoulkes y Espejo, 1978; Zaragoza, 1982).

2.3.3 Lenteja (*Lens esculenta* sp.)

Es una leguminosa papilionada de semilla redonda aplanada con diámetro de hasta de 0.7 cm, su pericarpio es de color verdoso a café claro, con cotiledones de color amarillo; puede tener diferentes tamaños, clasificándose en grande o chica. Los aminoácidos limitantes de las lentejas son los aminoácidos azufrados. En 100 gramos, se encuentran 58.7 g de carbohidratos, 1.6 g de lípidos y 5.2 g de FC, tiene 5.8 mg de hierro, 433 mg de ácido fólico, 107 mg de magnesio, tiene 74 mg de Ca (IMSS, 2008). Es rica en oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa, verbascosa y arabinosa), además se han encontrado, inhibidores de las proteasas, lectinas, ácido fítico, saponinas y taninos (Blair, 2006). Contiene 770-1100 mg /100 g de taninos y 970-1440 mg /100 g

ácido fólico. La digestibilidad de su proteína y almidón es de 36.8-42 % (Rehman y Shah, 2005). Se ha reportado que niveles por encima del 20 % de inclusión pueden alterar el sabor de la carne de cerdo (Blair, 2006). Sin embargo, no existe mucha información del empleo de lenteja en la alimentación de cerdos.

2.4 Factores antinutricionales (FAN)

Para el empleo de un ingrediente alternativo en la dieta de animales siempre deberán tomarse en cuenta los factores antinutricionales que contiene, de tal manera que se encuentre alguna forma de remediar su presencia. Los factores antinutricionales, son producto del metabolismo secundario de los vegetales, estos son defensas químicas producidas por la planta en contra de depredadores, generalmente aumentan sus concentraciones en situaciones de estrés para la planta, además son más comunes en plantas tropicales, que en aquellas de climas templados (D'Mello, 2000).

Cuadro 6. Efectos de FAN en monogástricos domésticos

| Factores antinutricionales | Efecto mayor <i>in vivo</i> |
|----------------------------|--|
| Inhibidores de proteasas | Reducción de la actividad de las proteasas, hipertrofia/hiperplasia pancreática, incremento en la secreción de enzimas pancreáticas, formación de nódulos acinares, depresión del crecimiento. |
| Lectinas | Daño de la pared intestinal, respuesta inmune alterada, aumento en la pérdida de proteína endógena, depresión del crecimiento, muerte |
| Inhibidores de amilasa | Interferencia con digestión de almidones |
| Proteínas antigénicas | Interferencia con la integridad de la pared intestinal, respuesta inmune alterada |
| Alcaloides | Disturbios neurológicos y disminución de palatabilidad |
| Taninos | Formación de complejos proteína-carbohidrato, interferencia con digestibilidad de proteínas y carbohidratos |
| Glúcidos cianógenos | Falla respiratoria |
| Oligosacáridos | Flatulencia, indigestión |
| Fitatos | Forman complejos con minerales y proteínas, deprimen la absorción de minerales y limitan la disponibilidad del P. |

Adaptado de D'Mello, (2000).

En el cuadro 6 se mencionan los principales efectos de los FAN en animales monogástricos. A continuación se menciona en que alimentos se pueden encontrar éstos FAN: Inhibidores de proteasas (en la mayoría de las leguminosas y papa), taninos (en la mayoría de las leguminosas

y ligeramente en plátano), glúcidos cianogénicos (papa), vicina y convicina (lenteja), oligosacáridos (lenteja), alcaloides (papa y lenteja), ácido fítico (lenteja y garbanzo) (Belmar y Nava, 2005).

2.5 Procesos tecnológicos utilizados en la prueba

2.5.1 Germinación

La germinación involucra una serie de eventos que ocurren de manera natural en las semillas, los beneficios de ésta como proceso biotecnológico en el área de la alimentación se deben, sobretudo, a los cambios estructurales que sufre la semilla, con los cuales aumenta la biodisponibilidad de la mayoría de los nutrientes en comparación a la semilla sin germinar, además de que disminuye el contenido de factores antinutricionales. Otra ventaja es que es un proceso fácil de realizar que no requiere de gran infraestructura y equipo.

La germinación es el paso de una semilla del estado de vida latente a la vida activa, para producir una planta. Para que una semilla germine necesita de diferentes condiciones:

Condiciones intrínsecas.- La semilla requiere estar bien constituida (densidad superior a la del agua, excepto en oleaginosas), no haber sufrido alguna alteración mecánica o química (embrión y albumen intactos), estar madura, conservar la facultad germinativa, pues después de un tiempo que puede variar entre especies, las semillas pierden esta facultad (Vidal, 1984).

Condiciones extrínsecas.- Agua (se requiere de agua para romper los tegumentos y facilitar la salida del embrión, es empleada en las reacciones químicas, hincha la semilla, disuelve reservas nutritivas y facilita la acción de las enzimas que permiten al embrión alimentarse); el aire (aunque en vida latente las semillas requieren poco oxígeno, al momento de la germinación consumen gran cantidad de éste, por ello se requiere que puedan respirar); calor (estimula a la semilla a abandonar el estado latente y activarse); las temperaturas más favorables en México son de 20 a 35 °C, aunque esto depende de la especie (Vidal, 1984), luz. (pueden germinar con o sin luz, pero sin luz no desarrollan clorofila suficiente) (Rodríguez *et al.*, 2008). Pueden apreciarse diferencias significativas en las características nutricionales de un germinado, dependiendo de las condiciones de iluminación del proceso de germinación (Khattak *et al.*, 2007; 2008) y carga eléctrica (una carga negativa estimula mayor germinación) (Vidal, 1984).

Una semilla colocada en un sustrato húmedo, absorbe agua, se hincha, rasga tegumentos y aparece la radícula que penetra verticalmente en la tierra para formar la raíz primaria (Vidal, 1984). Durante la germinación se realiza una respiración habiendo desprendimiento de calor y un

cambio en el peso de las semillas (Ahmed *et al.*, 1995; Rodríguez *et al.*, 2008). Además, comienza la nutrición del embrión, que implica desdoblamiento de los compuestos de reserva hacia sustancias de menor complejidad, las enzimas más importantes para tal efecto son amilasas, lipasas, invertasas y proteasas (Vidal, 1984), las enzimas que mayor actividad tienen durante los dos primeros días son la α -amilasa y la β -glucanasa, llegando a su pico al tercer día, declinando al siguiente (Corchete *et al.*, 1983; Uriyo, 2001).

El empleo de soluciones alcalinas durante la germinación puede incrementar la energía metabolizable y la digestibilidad ileal de la proteína. Kyarisiima *et al.* (2005) ofrecieron un germinado de un sorgo criollo sumergido en una solución con cenizas de madera, lo que promovió un aumento en la ganancia de peso de pollos de engorda, comparado con el control, además llega a disminuir el contenido de taninos.

En los germinados se han reportado características nutricionales superiores a las de su respectiva semilla (Fengler *et al.*, 1990), pues tienen niveles más altos de nutrientes y menores de factores antinutricionales (Khattak *et al.*, 2007; 2008). Sin embargo, se ha observado una disminución lineal de EM, así como de la digestibilidad de la materia seca y PC de los germinados conforme se alarga el tiempo de germinación. Se recomienda un tiempo corto de germinación (menor a 4 días) para aprovechar los beneficios de este proceso (Peer y Leeson, 1985a).

Como se mencionó anteriormente durante la germinación se dan diferentes cambios en la composición nutrimental de la semilla, misma que varía según la especie vegetal. A continuación se mencionan algunos de estos cambios en diversas especies vegetales.

Nitrógeno.- Las semillas tienen almacenadas proteínas de alto peso molecular, las cuales son degradadas o inclusive desaparecen durante los primeros tres días de germinación (Kumar y Venkataraman, 1978), dando lugar a pequeños péptidos o aminoácidos libres, posteriormente comienza una nueva síntesis proteica (Moueiium *et al.*, 1996). Estas proteínas son de reserva, enzimas o subunidades de éstas, necesarias para el desarrollo del embrión (Ahmed *et al.*, 1995). En el caso de la lenteja germinada, su PC oscila entre 22 – 31 % (Rodríguez *et al.*, 2008); de manera general se puede apreciar que el perfil de aminoácidos de las proteínas nuevas (del germen) difiere al de la semilla intacta, la semilla germinada tiene un mejor perfil y por ende un mayor valor biológico (Kuo *et al.*, 2004; Ghavidel y Prakash, 2007; Gulewitz, 2008). En el caso de la soya se puede observar que las concentraciones de ácido aspártico y de la leucina aumentan con la germinación (Peer y Leeson, 1985b). Mostafa y Rahma (1987) encontraron que al germinar soya a diferentes días (0 a 6 días) la proteína cruda aumentó de 50.5 % a 51.8 % (50.3 % a los 3 días), el nitrógeno no proteico se encontró en menor proporción de 7.6 a 6.32 % (6.45 a los 3

días), aumentaron los aminoácidos esenciales entre 8-9 % a los 3 días y 22.4 % a los 6 días, la lisina aumentó de 5.23 % a 5.57 % en los 3 días y hasta 6.22 % hasta los 6 días (Mostafa y Rahma, 1987). Por otro lado, la proteína de las leguminosas se vuelve más digestible después de la germinación pues disminuyen los factores antinutricionales que éstas contienen (Kumaraguru *et al.*, 2007; Blaszcak *et al.*, 2007). Se ha encontrado que con la germinación puede aumentar la digestibilidad de la proteína de diversas semillas entre 53-82 %, sobre todo por la disminución de factores antinutricionales (Ghavidel y Prakash, 2007).

La mayor parte de las proteínas almacenadas en las leguminosas (legumina y vicilina) están glucosiladas, unidas a ramnosa, xilosa, galactosa, manosa y glucosa. La maquinaria enzimática necesaria para romper esa unión (glucosidasas como β -galactosidasa y α -manosidasa) se activa durante la germinación, liberando ambas fracciones en los cotiledones. El pico de actividad de estas enzimas está dado aproximadamente a las 48 y 72 horas del inicio de la germinación (Corchete *et al.*, 1983). Rodríguez *et al.* (2008) encontraron que la lisina y la tirosina disminuyen conforme avanza la germinación, sin embargo, encontraron que sucedía lo contrario con las lentejas con luz durante 6 días. La mayoría de las aminos proteicas en plantas son metabolitos intermediarios usados en la biosíntesis de aminoácidos proteicos, los cuales aumentan en su concentración. En las lentejas hay buena cantidad de ornitina, la cual aumenta conforme avanza la germinación, la ornitina es intermediaria para la síntesis de arginina, alcaloides y prolaminas (Kuo *et al.*, 2004).

Energía.- Durante el inicio de la germinación se puede apreciar un sutil aumento en la EM contenida en la semilla, pero conforme transcurre este proceso la misma EM contenida en el brote puede llegar a disminuir (Akinlosotu y Akinyele, 1991). De manera general, la actividad enzimática aumenta conforme pasan los días: inulasas, amilasas, invertasas, α y β glucosidasas desdoblan estructuras complejas, llevando a que disminuyan los niveles, tanto de almidón como de oligosacáridos no amiláceos (Azhar, 1972). Durante el proceso de germinación de leguminosas se ha observado una disminución gradual del contenido de oligosacáridos, mientras que aumenta el de monosacáridos (Akinlosotu y Akinyele, 1991). Los oligosacáridos α -galactosidos (rafinosa, estaquiosa, verbascosa) tienen enlaces α -1,6-galactosa los cuales son indigestible para los mamíferos, sin embargo durante el proceso de germinación disminuyen (Kadlec *et al.*, 2006b).

En el caso del germinado de soya se ha observado una disminución en la cantidad de aceite, mientras que se incrementa la proporción de ácidos grasos saturados de 13 % a 23 % y disminuyen los ácidos grasos insaturados de 86.6 % a 77 %, además se observa una disminución

en la cantidad de almidón de 37.6 % a 19.4 %, así como un incremento de los carbohidratos totales de 28.1 % a 31.1 % en los 3 días (Mostafa y Rahma, 1987).

El almidón de las semillas germinadas difiere al de las no germinadas en su digestibilidad, en el caso del garbanzo, la digestibilidad de su almidón aumenta de 39.5 a 49.4 % después de 3 días (in vivo) y si se cocinan esos germinados la digestibilidad del almidón puede aumentar de 2 a 4 veces, comparada con la del germen no cocido (Shekib, 1994). Los gránulos de almidón crecen con la germinación por lo que aumenta su digestibilidad. Al aumentar la digestibilidad de los carbohidratos, aumenta también la disponibilidad de la proteína (Ghavidel y Prakash, 2007).

Vitaminas.- Durante la germinación las concentraciones de algunas vitaminas tienden a aumentar significativamente, tal es el caso de la niacina y del ácido ascórbico (Akinlosotu y Akinyele, 1991), pero por otro lado se ha visto que otras vitaminas como la tiamina disminuyen durante la germinación, pues la semilla germinada la elimina al ambiente (Akinlosotu y Akinyele, 1991; Golda *et al.*, 2004).

Fibra cruda.- Durante los primeros días de germinación la fibra dietética (soluble y total) aumenta y la insoluble disminuye. (Ghavidel y Prakash, 2007), pero conforme pasan los días de germinación la FC aumenta linealmente (Mostafa y Rahma, 1987).

Minerales.- El peso de las cenizas tiende a disminuir con la germinación (Ghavidel y Prakash, 2007), no obstante se ha observado lo contrario en la soya (Peer y Leeson, 1985b). Akinlosotu y Akinyele (1991), indicaron una disminución en el hierro, calcio y fósforo debida al hecho de sumergir las semillas en el agua, pues estos minerales son liberados hacia el agua. El proceso de germinación, también está asociado a una mejoría en la biodisponibilidad del calcio. Esto puede estar relacionado también a la disminución de factores antinutricionales y de fibra cruda (Ghavidel y Prakash, 2007).

Factores antinutricionales.- El simple hecho de sumergir en agua las semillas es suficiente para disminuir la concentración de estos compuestos (Pujola *et al.*, 2007). Según lo reportado por Peer y Leeson (1985b), en el caso de la soya, el factor inhibidor de la tripsina disminuyó cúbicamente conforme el tiempo de germinación aumentó, lo que coincide con lo reportado por con Sripriya *et al.* (1997); así mismo Mostafa y Rahma (1987) y Donangelo *et al.* (1995) quienes encontraron que este factor antinutricional tuvo una disminución de 22.6 % a los 3 días y hasta de 32.4 % a los 6, mejorando así la digestibilidad de la PC (36.3 %) a los 6 días.

Particularmente en las habas, la germinación elimina por completo la estaquiosa y en su mayoría a la vicina, al igual que el factor inhibidor de la tripsina; por otro lado la hemaglutinina llega a reducirse hasta en 86% después de 3 días. Como consecuencia de eso y de la desnaturalización de la PC hacia aminoácidos libres, aumenta la digestibilidad del nitrógeno (Akinlosotu y Akinyele, 1991; Khalil y Mansour, 1995; Ghavidel y Prakash, 2007; Sangronis y Machado, 2007).

Otros.- Se ha identificado a los germinados como potenciales reservorios de patógenos, si los patógenos están presentes en las semillas, las condiciones de germinación pueden promover la proliferación de estos organismos. Desinfectar la semilla antes de la germinación es un paso clave para evitar estos problemas (Kadlec *et al.*, 2006 a; NACMCF, 1999 National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods). El germen puede ser susceptible al ataque de hongos, siendo las semillas la principal fuente de contaminación. Para reducir este problema se pueden emplear diversos métodos de control; tales como el hipoclorito de sodio (Capper, 1988). Por lo que es necesaria la desinfección de las semillas y el buen manejo de los germinados.

Las semillas durante su germinación son capaces de retirar por completo algunos contaminantes (como nitritos y nitratos, fosfatos y potasio) del agua con la cual se tratan, sin involucrar una toxicidad en el propio germinado (Ghaly *et al.*, 2005), además de que está permitido su uso para la producción orgánica (KRAV, 2008).

2.5.2 Ensilaje

Los alimentos fermentados ofrecen una alternativa alimenticia para los animales, por lo que deberían de tenerse en consideración como importantes fuentes de nutrientes (Steinkraus, 1983; Brown y Chavalimu, 1985; Molina *et al.*, 1990; Broderick y Rhodes, 1990; Aguilera *et al.*, 1997; Sanni *et al.* 1999; Abu *et al.*, 2000; Scipioni y Marteli, 2001; Cabrera-Mendoza *et al.*, 2006; Moneim *et al.*, 1995). El proceso de ensilaje es una técnica que ha permitido almacenar por tiempos prolongados una gran variedad de alimentos, manteniendo su calidad nutritiva por arriba de un 90% (Diego, 1998).

Desde el punto de vista bioquímico en un ensilaje bien realizado se da un proceso de fermentación anaerobia láctica, durante la cual los azúcares solubles se convierten en ácido láctico y en conjunto, el agotamiento de los carbohidratos da lugar a una acción conservadora (Woolford, 1992), en el caso del ácido láctico esta acción conservadora se debe a la concentración de iones hidrógeno y la toxicidad de la molécula no disociada o a su anión (Hersom

y Hulland, 1980). Otra ventaja del ensilaje es que permite mejorar las características nutritivas de diversos alimentos, mejora la digestibilidad de nutrientes (Woolford, 1992), promueve el crecimiento de microflora benéfica (Hansen *et al.* 2007), disminuye el pH (Roth, 2000) proporcionando así un ambiente saludable para el tracto gastrointestinal (Thu Hong y Lindberg, 2007) evitando infecciones (Roth, 2000), además es fuente de energía, pues se considera que en la mayoría de los casos la energía bruta es completamente metabolizada (Swenson y Reece, 1999). Sin embargo, el éxito de emplear alimentos ácidos depende de la naturaleza fisicoquímica del ácido y si es palatable para los animales (Roth, 2000). El ácido láctico permite un buen ensilado y una buena palatabilidad para los cerdos (Woolford, 1992), además de que es fácilmente absorbido en el intestino del cerdo (Serena *et al.*, 2007b). Como ejemplo de las propiedades del ensilado, Bach *et al* (2001) encontraron que cerdos clínicamente enfermos de disentería porcina que tuvieron un cambio de dieta de una a base de maíz a otra a base de ensilado de maíz mostraron mejoría, esto fue interpretado como que el ensilado de maíz disminuyó el pH en el intestino grueso al momento de efectuar la digestión, lo que inhibió el crecimiento de la *Brachyspira hyodysenteriae*, pues la colonización por parte de la *B. hyodysenteriae* requiere de la microflora anaeróbica para expresarse, misma que fue inhibida por este cambio en las condiciones ambientales del intestino.

El ensilaje podría emplearse para alimentar cerdos criados orgánicamente, pudiendo aprovechar desperdicios de frutas, tubérculos (Nikolić y Jovanović,, 1986) o pescado (Rose *et al.*, 1994), entre otros productos. Hay reportes de ensilados de varios subproductos de la industria alimenticia (Okine *et al.*, 2005; Yang, 2006), en el caso particular de tubérculos (papa) y el plátano entero o partes de la fruta y la planta, han producido ensilajes con resultados aceptables como para poder incluirlos en la dieta de cerdos.

Existen algunas condiciones para que en el ensilaje se lleve a cabo el proceso fermentativo deseado, o sea, homofermentativo láctico a partir de los azúcares solubles y que se desarrollen bacterias lácticas (*Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Streptococcus*) (Woolford, 1998), si bien, a continuación se mencionan por separado estas condiciones, ninguna es excluyente, pues se requiere que todas interactúen adecuadamente:

-Humedad.- la humedad excesiva puede contrarrestar el efecto preservativo de los ácidos de la fermentación primaria u homofermentativa (Cabrera-Mendoza *et al.*, 2007) y bajo estas condiciones los *Clostridium* pueden no ser inhibidos, incluso a un pH tan bajo como 4 (Woolford, 1992). En ensilados con contenidos menores al 15% de MS se ha sugerido la posibilidad de utilizar bacterias productoras de ácido propiónico para controlar la fermentación del silo como complemento o en sustitución de las bacterias lácticas. Este tipo de bacterias producen ácido

propiónico a partir de azúcares y del mismo ácido láctico. La fermentación secundaria que tienen estas bacterias a partir del ácido láctico no tiene impacto alguno, a diferencia de la que realizan los clostridios que es nociva para la calidad del ensilado (Woolford, 1998).

-Contenido de aire.- Se deben crear condiciones anaerobias, por lo tanto se debe extraer la mayor cantidad de aire posible. La exposición al aire reactiva el proceso de deterioro, puesto que las bacterias lactogénicas requieren un ambiente anaerobio para la producción de ácido láctico (Diego, 1998).

-pH ácido.- El silo debe llegar rápidamente a un pH menor de 3.8 (Rosas-Hernández, 1987), esto se puede lograr con soluciones de ácidos orgánicos. Sin embargo, el pH exacto bajo el cual se evita una fermentación secundaria o heterofermentativa no puede ser establecido con precisión, ya que depende principalmente del contenido de MS del material ensilado; entre mayor sea la MS se requerirá de un pH más ácido para lograr la estabilidad (Woolford, 1998). Cabe mencionar, que la mayoría de las especies bacterianas tienen su pH óptimo en la región de la neutralidad y son incapaces de desarrollarse por debajo de un pH de 4.2, recordando que el pH de un ensilado debe estar alrededor de 3.8 (Cabrera-Mendoza *et al.*, 2006). Entre las bacterias más ácido tolerantes están los géneros *Lactobacillus spp.* (deseable para el ensilado) y *Clostridium butyricum* (totalmente indeseable para un ensilado), que crecen por debajo del 3.5, mientras que los hongos y levaduras (organismos indeseables en una fermentación anaerobia) se desarrollan mejor en una escala ligeramente ácida (pH 5 a 6) pero pueden tolerar un 2 o incluso menos. El ácido propiónico es activo a concentraciones inferiores a 0.08 N y es eficaz en su acción inhibitoria aun en un pH de 6 o 7 (Hersom, 1980). Rosas-Hernández, *et al* (1987) encontraron una relación estrecha entre el pH del ensilado y la proporción de ácidos orgánicos presentes en el ensilado, observando que un pH por debajo de 4.2 puede contener entre 1.5 – 2.5 % de ácido láctico, lo cual es resultado de una fermentación adecuada.

2.5.2.1 Eventos cronológicos durante el ensilaje

Una vez que se ha llenado el silo con la compactación se comienzan a crear condiciones anaerobias. Las bacterias aerobias producen algunas reacciones bioquímicas (producción de ácido acético y butírico) pero estas mueren cuando el oxígeno disminuye. Las bacterias homofermentativas comienzan a crecer en este momento (condiciones anaerobias), produciendo ácido láctico y disminuyendo el pH. La temperatura que alcanza una fermentación láctica es llamada “fermentación fría” debido al poco calor generado, lo que la hace más eficiente aún, pues no se pierde energía en forma de calor (Woolford, 1992).

La producción de ácido láctico es la que disminuirá el pH y al llegar a 4, comenzarán a morir las bacterias indeseables, como coliformes y clostridios (Diego, 1998), con una sucesión de bacterias productoras de ácido láctico como *Streptococci*, *Enterococci*, *Lactobacillus* y finalmente *Pediococci*, creando así un medio estable y controlado en donde los nutrientes del alimento se conservaran sin ser dañados (Woolford, 1992). En la Figura 2 se muestra el proceso para que se establezca un ensilado.

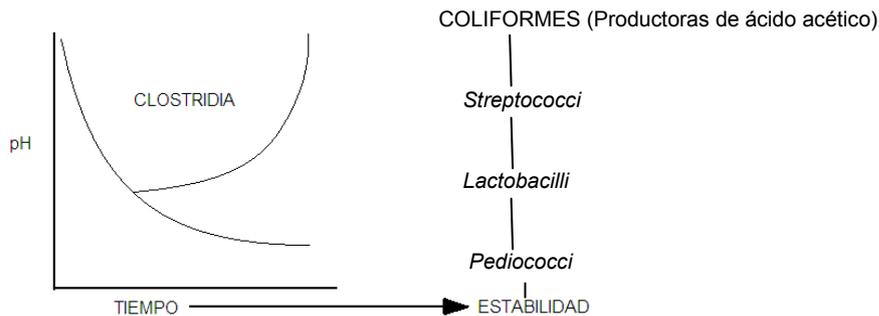


Figura 2. Sucesión de bacterias en un ensilado con respecto al aumento del tiempo y modificación del pH del medio

Tomado de Woolford, (1992)

Dentro de los organismos presentes en un ensilado existen los deseables que son los que producen únicamente ácido láctico (homofermentativos) y los indeseables (heterofermentativos) que desvían la fermentación para producir etanol, malonil, ácido acético y dióxido de carbono a partir de los azúcares presentes. En el Cuadro 7 se muestran las diferentes vías de fermentación que se pueden dar en un ensilado y los metabolitos provenientes de estas, así como las mermas que se pueden dar en la materia seca y en la energía, representada por la recuperación de energía química.

Cuadro 7. Vías de fermentación más frecuentes en un ensilado y metabolitos producidos; así como mermas estimadas en MS y recuperación química

| | Recuperación (%) | |
|---|------------------|---------|
| | Materia Seca | Energía |
| HOMOFERMENTATIVAS | | |
| 1 glucosa → 2 ácido láctico | 100 | 97 |
| HETEROFERMENTATIVAS | | |
| 1 glucosa → 1 ácido láctico + 1 Etanol + 1 CO ₂ | 76 | 97 |
| 3 fructosa → 1 ácido láctico + 2 Manitol + 1 ácido acético + 1 CO ₂ | 76 | 97 |
| CLOSTRIDIA | | |
| 2 ácido láctico → 1 ácido butírico + 2 CO ₂ + 2 H ₂ | 49 | 81 |
| 2 alanina → 2 ácido propionico + 2 ácido acético + 2 H ₂ + 1 CO ₂ | 78 | 81 |
| LEVADURAS | | |
| 1 glucosa → 2 Etanol + 1 CO ₂ | 76 | 97 |

Adaptado de Woolford (1998)

Entre más rápido disminuya el pH se evita que más proteína sea degradada por los microorganismos presentes en el ensilado, sobre todo *Clostridium*, produciendo amoníaco y aminas biogénicas, las cuales son totalmente indeseables (Woolford, 1998). La temperatura influye considerablemente en la actividad conservadora de los ácidos orgánicos, pues la toxicidad de estos hacia los microorganismos aumenta conforme se incrementa la temperatura (coeficiente térmico) (Hersom, 1980).

2.5.3 Cocción

El calor es uno de los métodos más efectivos para procesar los alimentos. Pero este puede afectar las proteínas al desnaturalizarlas (descomposición de la estructura terciaria), cambiar sus propiedades fisicoquímicas, aumentar su solubilidad, reaccionar con sustancias reductoras de proteínas ya que el calor propicia que compuestos no nitrogenados se unan a los grupos amino, generando la denominada reacción de Maillard, que hace indisponible la proteína, también se pueden crear nuevos enlaces peptídicos entre compuestos nitrogenados, por ejemplo entre la

lisina y el ácido aspártico o glutámico; se puede ocasionar la ruptura de enlaces disulfuro; la formación de nuevos aminoácidos, lo que puede causar residuos inestables (Papadopoulos, 1989). Sin embargo, la cocción adecuada es capaz de reducir la cantidad de compuestos antinutricionales, ésta reducción va de la mano con la mejoría de la digestibilidad de la proteína y del almidón. En el caso de las papas la cocción a 121°C por 10 minutos puede aumentar la digestibilidad de la proteína entre 95.7 - 105 % y del almidón 117 - 138%, sin embargo una cocción convencional llega a aumentar la digestibilidad de proteína y almidón a 86 - 93.3 % y 84 - 90.4 % respectivamente (Rehman y Shah, 2005). Pues son suficientes 30 minutos y 95°C para gelatinizar adecuadamente el almidón de la papa (Gunaratne y Hoover, 2002; Menoli y Beleia, 2007) ya que esto ocurre entre los 64 y 71°C, los inhibidores de las proteasas son destruidos al mantener una cocción de 70°C por 20 minutos (Livingstone *et al.*, 1979).

2.6 Cerdas gestantes

Las cerdas poseen la característica de que pueden reproducirse aún con deficiencias nutricionales, pues tienen la habilidad de utilizar de manera adecuada los nutrientes de sus reservas corporales y de los alimentos que consumen (Miller *et al.*, 1991). Esto las hace candidatas para emplear diversos ingredientes y sistemas de alimentación. No obstante, es primordial satisfacer de manera óptima sus requerimientos nutrimentales. De manera general puede mencionarse que los requerimientos nutricionales de una cerda gestante son 3,265 kcal /kg EM, 12.6 % PC y 0.54 % lisina total (NRC, 1998). El hecho de no llegar a satisfacer adecuadamente estos requerimientos puede traer diversas consecuencias a corto y largo plazo, tanto a la cerda como a su progenie (Miller *et al.*, 1991).

Las cerdas generalmente son desechadas en la porcicultura convencional por fallas reproductivas, problemas locomotores o pobre desarrollo lactacional (Aguila, 2008). Si durante la gestación las cerdas consumen una cantidad de energía por debajo de sus necesidades, ésta condición generalmente se asociará con pobres reservas grasas corporales al parto o al destete y puede provocar que cuando regresen al estro su índice de concepción sea menor para el siguiente parto (Dourmad *et al.*, 1994). Por otro lado el peso de sus camadas puede tener una tendencia pobre, así como el subsecuente desarrollo de éstas (Miller *et al.*, 1991). Se ha encontrado una relación proporcional entre el número de lechones nacidos muertos con la disminución de grasa dorsal al final de la gestación (Maes *et al.*, 2004). Por el contrario una sobrealimentación durante la gestación aumenta el peso y la condición de la cerda al final de la gestación, lo cual incrementa la existencia de problemas al parto, disminuye el consumo de alimento en la lactancia, causando cambios extremos en la conformación de las cerdas de un ciclo a otro, lo cual afecta severamente a la productividad (Esbenshade *et al.*, 1986) y longevidad

de los animales (Noblet *et al*, 1990), causando el desecho de la cerda (Dourmad *et al.*, 1994). Por ello se deben cuidar las estrategias de alimentación en todas las etapas fisiológicas de la cerda, obviamente incluyendo la gestación, con la finalidad de alargar la vida reproductiva y maximizar la longevidad (Close y Cole, 1986; DeRouchey *et al.*, 2007). Sobre todo en un sistema como el orgánico, el cual tiene como uno de sus fundamentos el bienestar de los animales (KRAV, 2008).

Durante la gestación la cerda necesita nutrientes para satisfacer las demandas por concepto de desarrollo de los productos y ganancia de peso de tejido materno (Miller *et al.*, 1991). El desarrollo de los productos tiene una pequeña demanda nutricional los primeros dos meses de gestación y la mayoría de los nutrientes de la dieta son retenidos y depositados en tejido materno. Cuando se acelera el crecimiento embrionario hay un cambio tanto en la prioridad, como en la demanda de nutrientes. El crecimiento y desarrollo más exacerbado de los fetos ocurre al final de la gestación y desde entonces existe una estrecha relación entre el peso al nacimiento, vigor, viabilidad y mortalidad de los lechones y el nivel energético de la dieta (Close y Cole, 1986). Cuando la demanda de nutrientes por concepto de crecimiento de los productos aumenta, si no es satisfecha por el consumo, la cerda comienza a hacer uso de las reservas corporales y la manera en que pueda suplir estos nutrientes va a depender de su estado nutricional y de cómo se distribuyan los nutrientes consumidos en su cuerpo y a su vez en el útero. En la Figura 3 y el Cuadro 8, se indica la distribución de la energía consumida, en cerdas primerizas con bajo y alto consumo energético, durante los tres tercios de gestación, con una temperatura ambiental constante de 20°C (Close y Poorman, 1993). El peso de los fetos aumenta cúbicamente, a partir del día 69 de gestación, en ese día aumenta la ganancia de proteína de 0.25 g/día a 4.63 g/día y la de grasa de 0.06 g/ día a 1.09 g/ día de los productos. Por lo que el consumo de alimento por parte de las cerdas debe elevarse alrededor de este día (Mc Pherson *et al.*, 2004). El aumento cuadrático del contenido proteico de los tejidos maternos y los fetales es tan abrupto a partir del día 70 de gestación, que hace que aumenten las necesidades de PC en la dieta, pasando los requerimientos de proteína ileal digestible verdadera, de 147 g/ día a 330 g/ día.(Ji *et al.*, 2005) , esta rápida demanda de N es debida en parte por el aumento en la concentración de estrógenos en plasma desde el día 70 hasta el parto, pues estos estrógenos circulantes de origen feto-placentar, sobre todo, se sabe que tienen la capacidad de mejorar la retención de N. La principal retención de N (proteína) se da alrededor de los 105 días de gestación, del cual la mayor parte del N se retiene en los productos de la concepción (aproximadamente 14 g/producto/día) (Dourmad *et al.*, 1996).

El consumo de alimento, el gasto energético y la distribución de la energía consumida, variarán con la temperatura ambiental. Si los animales son mantenidos en condiciones de

temperaturas frías, se puede ocasionar un catabolismo prolongado de la grasa si se encuentran por debajo del límite térmico crítico para las cerdas (18°C). Por ejemplo, una cerda alojada individualmente en una temperatura de 13 °C, con un consumo energético de 4.77 Mcal EM /día entre el día 70 al 110 de gestación, podría perder aproximadamente 240 gramos de grasa por día. Sería el equivalente a perder 4.8 kg de grasa durante la gestación, lo que representaría el 20% de las reservas de grasa del animal. Pudiendo afectar de manera drástica su siguiente lactancia e impactar en su vida productiva. En animales alojados en grupo la temperatura crítica es de 13°C, por lo que el impacto de la temperatura y del consumo es menor en comparación a las cerdas alojadas individualmente (Close y Cole, 1986). Los requerimientos de energía para el mantenimiento en termoneutralidad son de 105 kcal EM/kg PV^{.75} en cerdas gestantes. Durante la gestación, el mantenimiento representa entre el 75 al 85 % del total de requerimientos y es afectado en gran manera por la temperatura ambiental y la actividad de los animales. Los requerimientos para la ganancia total uterina son pocos, pero estos se incrementan conforme avanza la gestación. Además, el requerimiento de EM durante la gestación depende de la cantidad y composición de peso materno ganado y en el peso perdido durante la lactación anterior (Noblet *et al.*, 1990).

Durante la gestación, los requerimientos de energía varían de acuerdo al peso vivo, condiciones de alojamiento, la ganancia materna deseada y la pérdida de peso vivo durante la lactación (Noblet *et al.*, 1990). Existen modelos precisos para determinar los requerimientos nutricionales de cerdas, así como para elaborar una proyección del desempeño y conformación de las cerdas. Estos modelos son viables para utilizarlos en sistemas de producción similares al descrito en este trabajo (Dourmad *et al.*, 2008).

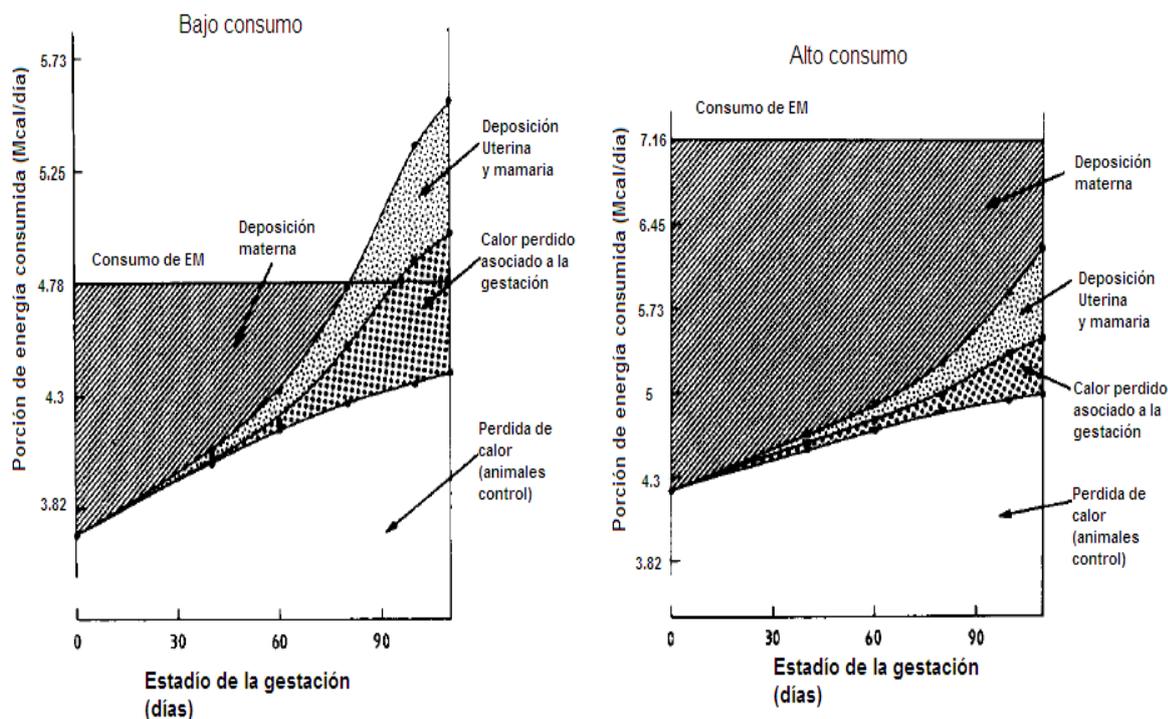


Figura 3. Energía Metabolizable (EM) consumida por cerdas primerizas con dieta convencional y 20°C de temperatura ambiental. Adaptado de Close y Poorman, (1993).

Cuadro 8. Fracciones de Energía Metabolizable (EM) consumida por cerdas primerizas

| | Etapa de Gestación (días) | Consumo de EM (Mcal por día) | Pérdida de calor (Mcal por día) | Retención de Energía (Mcal por día) | Deposición de energía en tejidos corporales | |
|--------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|
| | | | | | Como proteína (Mcal por día) | Como grasa (Mcal por día) |
| Bajo Consumo | 47 | 4.85 | 3.80 | 1.05 | 0.19 | 0.86 |
| | 75 | 4.90 | 4.04 | 0.86 | 0.38 | 0.48 |
| | 97 | 4.61 | 4.73 | -0.12 | 0.36 | -0.48 |
| Alto consumo | 49 | 6.97 | 4.13 | 2.84 | 0.26 | 2.58 |
| | 68 | 6.74 | 4.97 | 1.77 | 0.41 | 1.36 |
| | 98 | 7.05 | 5.66 | 1.39 | 0.41 | 0.98 |

Adaptado de Close y Poorman, (1993).

Al alimentar cerdas multíparas gestantes y compararlas con cerdas multíparas vacías, las primeras resultan con una mayor ganancia neta de peso (ganancia total- ganancia uterina). A eso se le ha llamado anabolismo gestacional. Se han formulado diversas explicaciones como un aumento en la deposición de N en tejidos maternos, los bajos requerimientos de mantenimiento o la hidratación de los tejidos en las cerdas durante la gestación. Sin embargo, esto no sucede en cerdas nulíparas, una posible explicación para esto es que el anabolismo gestacional se da en cerdas multíparas, debido a que durante la última lactación sufrieron una pérdida de proteína y se redujo la relación proteína:agua, por lo que este anabolismo es un mecanismo homeostático que les permite recuperar de cierta manera esa pérdida de tejidos; por otro lado las cerdas nulíparas no fueron sometidas a estos procesos metabólicos (Noblet *et al.*, 1990).

Para poner en marcha un sistema de alimentación adecuado es necesario tener un indicador práctico del estado físico y de las necesidades nutricionales de la cerda. Se sabe que el peso vivo no es tan representativo para conocer la composición y las necesidades nutricionales de una cerda reproductora; por otro lado, la capacidad uterina, la capacidad visceral, el diámetro ovárico, el volumen mamario y la forma del cuerpo (engrasamiento) son de mayor ayuda para tener una noción del estado físico de la hembra y de sus requerimientos. Otros datos de interés son la ganancia de masa muscular y algunas relaciones como agua:grasa y agua:proteína, que varían según la edad y circunstancias fisiológicas (Whittemore y Schofield, 2000). Sin embargo, de manera práctica es difícil tomarlas en cuenta en una granja. La evaluación visual de la condición corporal es un dato que se utiliza comúnmente en las granjas, aunque, no es fácil evaluar objetivamente la condición corporal. Por ejemplo, hay cerdas que aparentemente se ven delgadas pero pueden tener una capa de grasa dorsal gruesa o viceversa, este método depende mucho de la experiencia y habilidades de la persona que evalúa. Este tipo de evaluación subjetiva se ve aun más alterada en aquellas granjas donde existen varias razas. Por medio de la medición de grasa dorsal y el peso corporal se puede emplear una ecuación para conocer la cantidad de grasa que hay en una cerda: $\text{Kg de grasa} = 0.381 (\text{peso vivo en kg}) + 0.042 (\text{grasa dorsal mm}) - 31.099$ ($R^2=0.90$) (Maes *et al.*, 2004). Sin embargo, el pesaje tampoco es común en las granjas, puesto que exige manejo extra en las cerdas, por lo que se han desarrollado ecuaciones para predecir el peso por medio de mediciones zoométricas, como la de flanco a flanco (Iwasawa *et al.*, 2004). Para aumentar R^2 de este tipo de ecuaciones se puede incluir el día de gestación, el número de parto y la medición de grasa dorsal (O'Connell *et al.*, 2007). También, se sabe que existe una baja correlación entre la evaluación corporal visual y la medición de grasa dorsal (Young *et al.*, 2001). La evaluación visual puede no solo estar influenciada por la cantidad de grasa dorsal, también lo puede estar por la masa muscular. La correlación de estos métodos difiere a lo largo de la gestación y del número de parto de la hembra (Maes *et al.*, 2004). Entonces se tienen diversos

indicadores con factibilidad de emplearse, por lo que es importante tomar en cuenta, cual o cuáles son los adecuados para las circunstancias de la granja y así poder alimentar adecuadamente a las cerdas.

En un sistema en el cual se mantienen varias cerdas juntas, como lo es el sistema orgánico, es importante considerar no solo a la conformación de cada cerda en particular, sino que también deben tomarse en cuenta las interacciones sociales, pues éstas dejan en una desventaja a las cerdas con bajo nivel jerárquico al momento de alimentarlas, sobre todo si la alimentación se da para todo el grupo y de manera restringida (Brouns y Edwards, 1994). Como medida correctiva para estos problemas se han diseñado estrategias como comederos automáticos, comederos individuales dentro de jaulas, alimentación varias veces al día y alimentación *ad libitum* con dietas altamente fibrosas (Schneider *et al.*, 2006). Por otra parte, se ha observado que conforme aumenta el tamaño del espacio de alojamiento para cerdas gestantes, disminuyen los problemas de patas, sin embargo no se encuentra diferencia en cuanto a parámetros productivos como la condición corporal, el peso, la grasa dorsal, la proporción de desecho, el número de lechones nacidos vivos, las proporciones de nacidos muertos o mortalidad después del parto (Salak-Johnson *et al.*, 2007), además el hecho de colocar un sustrato vegetal disminuye las conductas agresivas en los cerdos (Presto *et al.*, 2009).

Finalmente, si se considera que la selección genética a la que se han visto sometidos los animales modernos para mejorar parámetros productivos y reproductivos han traído consecuencias indeseables como disminución del consumo voluntario, un mayor peso a la maduración (30% más que hace 20 años), por ende animales fisiológicamente inmaduros, con proestros más cortos, signos de pubertad menos intensos, aquellos animales seleccionados por su alta conversión magra de alimento o un bajo consumo de alimento tienden a tener un desempeño reproductivo inferior: el tamaño de la camada y el peso al nacimiento pueden reducirse. Agregando que esta misma selección genética para mejorar la constitución muscular se ha asociado a problemas podales y debilidad en las patas (Rauw *et al.*, 1998) lleva a la reflexión de que las cerdas genéticamente mejoradas tendrían dificultades para adaptarse a un sistema como el orgánico (Boelling *et al.*, 2003). Uno de los principios de la producción orgánica es el de emplear animales autóctonos o locales, pues se supone que éstos cuentan con la ventaja de estar más adaptados a las condiciones ambientales de una zona en particular (KRAV, 2008), además de que se rescata la diversidad genética de razas autóctonas o locales, puesto que se considera que en la actualidad alrededor del mundo un 33% de estas razas se encuentra en peligro de extinción (Chambers, 2004). Con ésta finalidad se han empleado algunas razas por ejemplo la raza Mangalica de Hungría que es extremadamente resistente al frío por tener una cubierta de pelo largo y producir jamones excelentes, pero camadas de solo 6 o 7 lechones; los cerdos Kune-

Kune (Trust, 2006a;b), el cerdo ibérico, las razas tradicionales de producción extensiva del reino unido como la Berkshire, Tamworth y Large Black (Local Harvest, 2006) las cuales han sido adaptas al sistema orgánico sin dificultades. Por otro lado se tienen razas de mayor uso comercial como Duroc y Saddleback, pero que aportan características deseables para la porcicultura orgánica, tanto por el uso de animales de raza pura, como los obtenidos por su hibridación con líneas maternas comerciales. Como ejemplo de esto último algunas empresas genéticas han desarrollado algunas líneas que pueden emplearse en sistemas extensivos (orgánicos o no), como Camborough 12 ((Landrace x Large White) x Duroc) de PIC (Pig Improvement Company) pues poseen rusticidad, buena prolificidad y además un rápido crecimiento y magrez de su progenie (Kelly *et al.*, 2001).

Por otro lado, aunque, se ha observado una relación positiva entre la cantidad de grasa dorsal de la cerda y el peso al nacimiento de los lechones y a su vez este peso está estrechamente relacionado con la sobrevivencia y posterior desarrollo del cerdo en crecimiento (Rauw *et al.*, 1998), no se encontró información al respecto para cerdos criados orgánicamente, y aún menos en cuanto al empleo de un sistema de alimentación con alimentos alternativos.

3. JUSTIFICACION

La producción de carne orgánica de cerdo en México es prácticamente inexistente, sin embargo hay potencial para que productores a pequeña escala puedan adaptar sus unidades a sistemas orgánicos y acceder así con sus productos a mercados preferenciales, tanto nacionales como extranjeros, pues la demanda de este tipo de productos que existe en el país se ha incrementado de manera importante. Esto sin mencionar el enorme mercado internacional, cuya demanda de productos orgánicos rebasa la capacidad de producción para satisfacerla, como es el caso de Europa. Además México cuenta con una diversidad de climas y recursos naturales en los cuales se puede desarrollar este tipo de sistema, y de las cuales se pueden beneficiar comunidades marginadas con un impacto ambiental, social y económico positivo para el país. Actualmente, no se tiene experiencia para desarrollar este proceso y menos aun de los impactos que puede tener en la productividad y la salud de los animales, sobre todo durante el periodo de transición.

Es importante encontrar fuentes alimenticias que satisfagan los requerimientos nutricionales de los animales y que les permitan llegar a obtener un nivel de producción competitivo y que cumplan con las exigencias de la producción orgánica. Encontrar métodos sencillos (como el ensilaje) que mejoren la calidad de alimentos de bajo valor económico como los plátanos y papas de rechazo, y en el caso de la germinación que mejoren aun más la calidad de las semillas. El empleo de alimentos rechazados o que tienen como destino un basurero es sumamente interesante, pues tan solo en el caso de la Central de Abastos de la Ciudad de México, se estima una producción diaria de 850 toneladas de desechos orgánicos (Argüello, 2006) con la posibilidad de emplearse en la alimentación animal. Aunado a lo anterior, si bien las prácticas empleadas en la crianza orgánica de cerdos van encaminadas a la producción sustentable, no se han realizado esfuerzos por obtener alimento para los animales que no compita con la alimentación humana y por otro lado que mitigue el impacto ambiental que generan en todo el mundo millones de toneladas de alimentos de rechazo y otros desperdicios orgánicos, con posibilidad de emplearse como materia prima de calidad.

En el caso particular de las cerdas gestantes, los cambios corporales que presentan durante gestación se reflejan en el comportamiento productivo de las mismas, a corto y largo plazo, por lo que es indispensable conocer el efecto que pueden tener tanto el sistema de producción orgánico, como una alimentación alternativa, sobre la productividad de las cerdas gestantes. No existe información al respecto, por lo que el presente trabajo pretende aportar información relevante en este tema.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del sistema de manejo orgánico y la alimentación alternativa (no orgánica) en cerdas reproductoras durante una gestación.

4.2 Objetivos particulares

-Caracterización general del aporte nutrimental (AQP, aporte de Ca y P) de ingredientes alternativos seleccionados como fuentes de energía (papa y plátano) y proteína (lenteja), después de ser sometidos a tratamientos como cocción y ensilaje para el caso de la papa y el plátano, y la germinación para el caso de la lenteja.

-Formulación de una dieta que cumpla con los requerimientos para la alimentación de cerdas reproductoras en la etapa de gestación, en un sistema de manejo tipo orgánico.

-Evaluar los efectos de un sistema de alimentación alternativa (no orgánica) y de manejo de un sistema orgánico frente a un sistema convencional, sobre la condición corporal (peso y grasa dorsal) y la composición corporal (disposición de proteína, grasa y agua) en cerdas gestantes.

-Evaluar los efectos de un sistema de alimentación alternativa (no orgánica) y el manejo de un sistema orgánico en cerdas gestantes, sobre los siguientes parámetros: consumo de materia seca, consumo de energía metabolizable, número total de lechones nacidos, número de lechones nacidos vivos, peso de la camada al nacimiento y el peso promedio de los lechones; todo ello a lo largo de una gestación.

5. HIPOTESIS

La productividad en una sola gestación de hembras gestantes alimentadas con dietas alternativas (no orgánicas), alojadas en un sistema de producción orgánico, no difiere de aquellas alimentadas con dietas convencionales en un sistema de producción convencional.

6. MATERIAL Y METODOS

El proyecto se llevó a cabo en dos fases. La primera fase fue de laboratorio, en la cual se eligieron las materias primas y los procesos a emplear en cada una, así como la caracterización nutrimental de los productos y la formulación de las dietas. La segunda fase fue la prueba de campo, en la cual se realizó la evaluación del comportamiento productivo de los animales.

6.1 Primera fase

Inicialmente se eligieron como posibles semillas de leguminosa para someterse al proceso de germinación y así elegir la fuente proteica de la dieta alternativa al garbanzo variedad chica y grande (*Cicer arietinum L.*); haba (*Vicia faba L.*); frijol negro mexicano (*Phaseolus vulgaris L.*); y a la lenteja en variedades chica y grande (*Lens culinaris*). Por otro lado se consideraron para los procesos de cocción y ensilaje y elegir de éstos la fuente energética para la dieta alternativa: al camote de desecho de diversas variedades (*Ipomea batatas Lam*), papa de desecho diversas variedades (*Solanum tuberosum L.*). Igualmente como fuente energética, pero únicamente para el proceso de ensilaje se empleó al plátano maduro de diferentes variedades (*Musa sapientum L.*). La selección de los ingredientes se dio con base a la disponibilidad de éstos, a su aporte nutrimental, a los resultados que tuvieron al ser sometidos al tratamiento elegido y finalmente a la aceptación que tuvieron por parte de los animales. Al no cumplir cualquiera de éstos requisitos fueron descartados. Ya elegidos los ingredientes y sus procesos, se efectuó su caracterización nutrimental (Cuadro 14 y 15) a través del: Análisis Químico Proximal, determinación de Ca y P (García-Pérez, 2009) mismos que se realizaron en los laboratorios de bromatología y de toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

6.1.1 Pruebas preliminares de selección de ingredientes y procesos

Los ingredientes preseleccionados se adquirieron en seis diferentes bodegas de la Central de Abastos de la Ciudad de México, mismas que siguieron proporcionando el producto para el resto del experimento. A excepción de las semillas de leguminosa; el plátano, la papa y el camote, tenían que ser alimentos de desecho y que tuvieran como destino el contenedor de basura. Los productos se aceptaron sin importar la causa por la cual fueron desechados; ya que los motivos de este son muy variadas y en ocasiones no existe suficiente disponibilidad de los productos, como para evitarlos.

Los productos de desecho obtenidos generalmente fueron una mezcla de distintas variedades y calidad. De éstas mezclas se obtuvieron las muestras para las pruebas preliminares con los procesos y para ser elegidos: por su disponibilidad, la calidad del producto cocido y/o ensilado, así como por su aporte nutrimental (Morales, 2007). Las semillas de leguminosas elegidas tuvieron que cumplir con una adecuada disponibilidad para el resto del experimento, cumplir con los requisitos para su germinación (semillas íntegras y sin plagas); además de que el costo y el aporte nutrimental fueran adecuados; también se requirió que durante el procesamiento existiera un porcentaje superior al 80 % de germinación a los tres días y que no presentaran crecimiento de hongos durante el transcurso de la prueba. Finalmente se observó la aceptación del alimento por un grupo de diez cerdos de engorda, proporcionándoles el ingrediente alternativo al mismo tiempo que eran alimentados con concentrado, dejando el alimento a su disposición por 15 minutos observando si solo jugaban con el o lo consumían.

Las pruebas preliminares constituyeron los siguientes tratamientos:

Ensilaje: plátano con cáscara; papa cruda; camote crudo; papa cocida; papa cocida con plátano con cáscara (relación 1:1). Todos los tratamientos se abrieron a los 2, 7 y 15 días. Se emplearon cinco repeticiones por cada día.

Cocción: papa, y camote. Se cocieron sumergidos en agua por 30 minutos después de la ebullición. Se emplearon cuatro repeticiones por ingrediente.

Germinación: haba, garbanzo, frijol y lenteja. Se emplearon cinco repeticiones por ingrediente.

6.1.2 Selección de ingredientes y sus procesos

Después de descartar los ingredientes y los tratamientos menos adecuados, se volvieron a realizar los tratamientos elegidos (ensilado de papa cocida con plátano maduro y germinado de lenteja), para realizar la caracterización nutrimental. Los procesos realizados tanto de manera preliminar, como práctica para elaborar las raciones de las cerdas se describen a continuación:

Cocción: El ingrediente seleccionado se picó y trituró para aumentar la superficie de contacto, de manera preliminar con un cuchillo y el canto de una botella de vidrio; y manera práctica picado con pala y triturado con un pisón, posteriormente se vertieron los trozos en una olla de 4 litros de capacidad para la forma preliminar, y en un bote de lámina de 50 litros de capacidad para la manera práctica, posteriormente se llenaron de agua, se colocó una tapa

sobrepuesta y fue sometido a una cocción húmeda, aproximadamente a 90 °C y por 30 minutos después de la ebullición, se retiró el agua y se extendió el producto en una superficie plana para enfriarse rápidamente (Papadopoulos, 1989; Sripriya *et al.* 1997; Thu Hong y Lindberg, 2007; Khalil y Mansour, 1995). En el caso de la papa, que posteriormente fue ensilada, se utilizaron papas de diferentes variedades; incluyendo papa amarilla, voladora, rosa, criolla y blanca. La calidad de la papa empleada iba desde papas intactas de primera calidad, rotas o maceradas, sucias con tierra, verdes, germinadas con bulbos, hasta tubérculos con un avanzado nivel de putrefacción. Todas éstas se mezclaban homogéneamente.

Ensilaje: De manera general se utilizaron los productos troceados de la misma manera que para la cocción, esto con la finalidad de aumentar la superficie de contacto para el proceso de fermentación. En el caso del método práctico se utilizó la papa (previamente cocida y enfriada) y el plátano maduro con predominancia de la variedad Chiapas, debido a ser el que más se desechaba, ambos productos fueron mezclados en una proporción de uno a uno, esto se realizó con una pala y en el suelo. El plátano con diferentes niveles de maduración (desde plátanos amarillo brillante, con motas oscuras, hasta frutos totalmente negros de consistencia acuosa) se empleó en trozos con todo y cáscara. Las pruebas preliminares se efectuaron en microsilos, que son envases de plástico opacos de un kilogramo de capacidad, que cuentan con una tapa de rosca. El procedimiento para ensilar en los microsilos y de manera práctica para elaborar las raciones (tambos de plástico opaco con un volumen de 200 litros) fue el siguiente: El material se mezcló y se vertió en los contenedores, los cuales se dividieron en 5 capas de material; entre cada capa se procuró compactar lo más que se pudiera para extraer el aire atrapado y así disminuir en la mayor medida posible la presencia de oxígeno dentro del recipiente. Al finalizar la compactación, se roció sobre la superficie una solución de ácido propiónico al 1% para evitar el crecimiento de hongos en la superficie. Debido a la gran producción de gas, los recipientes no se cerraron herméticamente y se dejó un espacio con aire de aproximadamente un décimo de la altura del envase. En el caso de los microsilos, la tapa se cerró lo suficiente para permitir que el exceso de gas saliera, pero sin permitir gran contacto del ensilado con la atmósfera, mientras que en los tambos de 200 L. se utilizó plástico autoadherible "Playo"™, con pequeñas perforaciones en la superficie, con la misma finalidad. Se emplearon cuatro microsilos para el bioensayo. El procedimiento de ensilaje fue adaptado de los protocolos empleados por diferentes autores (Aguilera *et al.*, 1997; Sripriya *et al.* 1997; Sanni *et al.* 1999; Abu *et al.*, 2000; Scipioni y Marteli, 2001; Okine *et al.*, 2005; Thu Hong y Lindberg, 2007). En el caso de las pruebas preliminares se abrieron los silos a los 2, 7 y 15 días, esto con la finalidad de determinar las características organolépticas del ensilado (olor, apreciación visual del crecimiento de hongos, apariencia, temperatura y pH), y decidir cuando

era más propicio obtener el producto. Los tambos utilizados para el método práctico se abrieron conforme se necesitaran, además de que se elaboraban dependiendo de la disponibilidad de papa y de plátano que se tuviera, por lo que no todos los ensilajes fueron de siete días, sin embargo nunca se empleó ningún ensilado de menos de una semana de fermentación, ni de más de veinte días.

Germinación: Esta se aplicó a 300 gramos de semillas, las cuales se enjuagaron con agua corriente, posteriormente se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 1% por un tiempo máximo de 3 minutos. Se oreadon por 10 minutos y se sumergieron en botes de plástico con 20 litros de capacidad, los cuales se llenaron con agua corriente por 24 hrs, en 2 periodos de 12 horas, con un oreado intermedio de 1 hora. Posteriormente las semillas pregerminadas se sembraron en charolas de 26 x 37 cm y con 2 cm de profundidad. La germinación se realizaba diariamente, con la finalidad de proporcionar a siempre a las cerdas, lentejas con 3 días de germinación. El riego fue por aspersión, asperjando un máximo 500 ml de agua corriente por cada m², la cosecha se realizó a los 3 días. Semanalmente se obtuvieron muestras aleatorias (100 semillas) de germinado para verificar el porcentaje de germinación y que este fuera el deseado. El procedimiento de germinación fue adaptado de los protocolos empleados por diferentes autores (Mostafa y Rahma, 1987; Donangelo *et al.*, 1995; Khalil y Mansour, 1995; Sripriya *et al.* 1997; Uriyo, 2001; Corréa *et al.*, 2007). Tanto el procedimiento de ensayo preliminar como práctico fueron similares. Para la prueba preliminar se pesaron 100 gramos de cada semilla y se germinaron con el procedimiento aquí descrito, con cinco repeticiones para conocer el porcentaje de germinación de cada ingrediente, contando cien semillas al azar de cada charola, posteriormente se pesó la cosecha de cada charola para conocer el rendimiento de cada semilla y así poder estimar que cantidad de germinado fresco se obtendría por cada 100 gramos de semilla.

6.2 Segunda fase

Se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizado en el municipio de Jilotepec, Estado de México. El CEIEPP tiene una granja de 120 hembras reproductoras y su progenie en un sistema semitecnificado con alojamientos en confinamiento sobre piso de cemento o rejillas de plástico o concreto y con un sistema de alimentación a partir de concentrado en harina formulada a base de sorgo, pasta de soya, aceite, premezclas de vitaminas y minerales.

Las hembras seleccionadas aleatoriamente, fueron alojadas en una parte de la granja separada físicamente del resto, condición fijada por la Fundación Internacional para Movimientos de Agricultura Orgánica IFOAM (por sus siglas en inglés).

Esta parte de la granja (Figura 9) se encuentra separada de las demás casetas y en la cual existen una serie de corrales y un área exterior; con las siguientes dimensiones:

- Tres corrales con piso de concreto de 28.26 m² c/u (techados por completo)
- Tres corrales con piso de concreto de 13.68m² c/u (techados por completo)
- Un área exterior (patio de piso de tierra) de 197.62 m²

Este espacio cumple las especificaciones mínimas que marcan organismos certificadores internacionales KRAV (KRAV, 2008) de Suecia y Certimex de México (CERTIMEX, 2005) que son de 2.5m²/ hembra en interiores y 1.9 m²/hembra en exteriores. Los alojamientos tienen bebederos de chupón independientes del resto de la granja y un sistema de drenaje individual. Todos los corrales se adecuaron en la parte interior con una cama de paja (condición obligatoria de las regulaciones), la cual se cambiaba aproximadamente cada dos semanas.

El sitio destinado como patio se encuentra al aire libre (Figura 10) y tiene una porción protegida contra el sol, que puede cubrir más de la mitad de la superficie según la hora del día. Un segmento de este espacio esta acondicionado con tres baterías de cinco jaulas metálicas individuales de 2 metros de largo por 90 cm de ancho y 1.30 metros de altura; cada una de estas tiene un comedero tipo artesa de concreto (Figura 11).

6.2.1 Animales experimentales.

Se emplearon 15 cerdas adultas de una crucea York-Landrace en la etapa de gestación de segundo a décimo primer parto, con un peso promedio al destete de 243.53 ± 45.8 kg, 17.28 ± 2.4 mm grasa dorsal (GD), proporcionadas por el mismo centro. Las cerdas fueron distribuidas aleatoriamente en 3 tratamientos.

Una vez presentado el celo, las cerdas se sirvieron por medio de inseminación artificial, los servicios se efectuaron a las 12, 24 y 36 horas de haberse detectado signos de estro con ayuda de un verraco celador. Todo el protocolo reproductivo de los animales de los tratamientos con manejo orgánico, fue realizado bajo condiciones permitidas por las regulaciones vigentes, tales como permitir el libre movimiento de los animales, estar en

contacto con otros individuos, poder socializar, tener acceso a forraje y a un espacio de ejercicio al aire libre (KRAV, 2008; CERTIMEX, 2005).

Las cerdas se mantuvieron, alojadas en la misma área donde transcurrió toda la gestación, la cual se verificó por medio de tres métodos: En dos ocasiones se esperó retorno a estro, primero durante los días 18 a 29 y después desde los 40 a los 48 días posteriores al último servicio. Desde los 21 días hasta los 35 días la gestación se comprobó por medio de ecografía tiempo real con un aparato Agrosan A8™ y finalmente se realizó una verificación visual a los 50 días. El protocolo reproductivo del grupo control fue el mismo que para las cerdas con manejo orgánico, con la única diferencia que las primeras permanecieron alojadas en jaulas individuales de gestación. Al llegar el momento del parto se adecuaron los alojamientos para el parto proporcionando material de cama nuevo y limpio.

Durante el momento del parto, en el caso de las cerdas con manejo orgánico no se empleó ninguna clase de inducción del parto, ni de medicamentos para promover las contracciones uterinas; al momento de nacer el lechón se le atendió secándolo, limpiando membranas, desinfectando y ligando el ombligo; posteriormente fue pesado y se le identificó por medio de muescas. Mientras que para el grupo control el manejo fue el de inducción hormonal y al momento del parto se empleó estradiol y oxitocina para promover las contracciones uterinas, el resto del manejo fue el mismo en los tres grupos.

6.3 Tratamientos y manejo de alimentación.

Los animales fueron distribuidos al azar en tres tratamientos, con base en el manejo (Convencional vs. Orgánico) y tipo de alimentación (Convencional vs. Alternativo): Convencional-convencional (Cc); Orgánico-alternativo (Oa); Orgánico-convencional (Oc). Se emplearon contrastes ortogonales para comparar los efectos de los tratamientos, con dos acomodos: Oc vs. Oa y el contraste Oc, Oa vs. Cc, de tal manera que se pudiera conocer la influencia de la alimentación y del sistema de manejo, respectivamente, sobre las variables de respuesta (Kuehl, 2001). El alimento convencional se proporcionó dos veces al día (8am y 2pm) en comederos de canaleta con agua corriente para Cc y de artesa para Oc y Oa; la alimentación de los tratamientos Oc y Oa se proporcionaron igualmente dos veces al día (8am y 5pm). Para la formulación de las dietas se emplearon los requerimientos de cerdas gestantes establecidos en las tablas de NRC (1998). Se formularon dos dietas (Cuadro 13), una apegada al sistema orgánico y una dieta convencional basada en sorgo y pasta de soya. La cantidad de alimento expresada en MS, se ofreció de manera restringida (2 kg/ cerda/ día) durante el primer tercio de gestación, a partir del día 70 de gestación se incrementó en 12% el consumo de EM

(Ji *et al.*, 2005). Con la finalidad de emplear a los animales como unidad experimental, la alimentación se proporcionó individualmente, separando a las cerdas (Kuehl, 2001) por medio de comederos individuales, en los que, permanecieron por un periodo de tiempo de máximo 20 minutos para consumir su ración individual previamente pesada: inmediatamente concluida la ración o que se mostrara indiferencia de la cerda hacia el alimento, ésta era sacada de la jaula para pesar los restos de la ración y así medir el consumo de alimento.

6.4 Variables de respuesta

-Consumo de alimento (CA).- Diariamente se registró el consumo de los tres grupos, pesando lo ofrecido y lo rechazado, posteriormente se transformó a base seca para poder compararlo entre tratamientos. Se determinó la MS de los lotes de alimento por medio de muestreos semanales de alimento convencional y alternativo, se hizo pesando el alimento fresco y posteriormente deshidratándolo para pesarlo y obtener la diferencia de pesos para conocer la variación semanal de contenido de materia seca.

-Características y composición del alimento.- Para el caso de la elección de los alimentos de desecho a partir de la prueba preliminar se tomó en consideración la disponibilidad del ingrediente durante toda la prueba, esto tomando en cuenta su estacionalidad y el costo que pudiera llegar a tener. Lo anterior se realizó preguntando en las bodegas especializadas en dicho producto. En cuanto al ensilado se evaluaron las características organolépticas de los cinco microsilos de 1 kg obtenidos en el bioensayo; estas características fueron pH y temperatura obtenidos por medio de un potenciómetro; apariencia, en la cual se realizaron apreciaciones observacionales como: evaluación visual del crecimiento de hongos, que el olor fuera agradable, que la consistencia no fuera demasiado líquida o sólida. Para el germinado de lenteja se evaluaron las cinco charolas de germinación del bioensayo para las siguientes variables: porcentaje de germinación a los 3 días, así como una evaluación visual del crecimiento de hongos. Para obtener las muestras, en el caso del germinado se seleccionaban aproximadamente 30 gramos de material en cada extremo de la charola y del centro de ésta; para el ensilado se tomaba una cucharada sopera de la superficie y luego de cada 5 cm, hasta el fondo. En ambas situaciones se realizaba una alícuota con todas las muestras de cada microsilo y charola.

-Evaluación corporal.- Se realizó midiendo grasa dorsal, la conformación y zoometría de las cerdas en 4 ocasiones: recién destetadas, al inicio del segundo y del tercer tercio de gestación y finalmente antes del parto (112 días de gestación). Para medir GD se utilizó un aparato de ultrasonido Lean-meater de Renco®, y se evaluó la grasa profunda a nivel del

punto P2 a cinco centímetros hacia ambos lados, utilizando como referencia la inserción de la última costilla (Maes *et al.*, 2004). En el caso de la conformación, la evaluación fue realizada por la misma persona con la finalidad de obtener una observación estandarizada, y se basó en una escala de condición corporal del 1 al 5, en la cual se asigna un número a la condición que se puede apreciar; donde el 1 corresponde a una cerda emaciada con protuberancias óseas visibles fácilmente, hasta el 5 que corresponde a una cerda evidentemente obesa en la cual no es posible tocar huesos de pelvis o columna (Maes *et al.*, 2004; Young *et al.*, 2001). La zoometría constó de tres mediciones al cuerpo de las hembras: La longitud dorsal que va desde la articulación atlantooccipital hasta la base de la cola; el diámetro del tórax pasando la cinta debajo de ambas axilas y una medición de flanco a flanco desde un pliegue de la babilla al otro. Empleando los datos de 30 hembras de la misma granja se desarrolló una ecuación de predicción empleando el método Stepwise del procedimiento de modelos lineales generales de JMP 8 (JMP, 2000) y poder estimar así los pesos por medio de las zoometrías de acuerdo a la metodología descrita por (Maes *et al.*, 2004; Young *et al.*, 2001; Iwasawa *et al.*, 2004; O'Connell *et al.*, 2007).

*Peso en kilogramos= (((1.522 x medida longitud en cm)+(1.299 x medida diámetro torácico en cm)+(1.559 x medida flanco a flanco en cm)) – 340.149)

A través de los datos descritos fue posible estimar: la ganancia total de peso (GT), ganancia materna (GM = ganancia total - ganancia uterina), grasa corporal (GC), masa proteica (MP), relación grasa: proteína (G:P), porcentaje de grasa corporal (% GC), porcentaje de proteína corporal (% PC), agua corporal (AC) y porcentaje de agua corporal (% AC) y relación agua: masa proteica (A:MP), así como las diferencias de grasa (dif. GC) y de proteína (dif. PC) del final de la gestación con respecto al inicio de ésta. Estas estimaciones se realizaron utilizando las ecuaciones propuestas por Dourmad *et al.* (1997, 2008) y Everts y Dekker (1995)

Grasa corporal= -26.4 + 0.221 (PV vacío) + 1.331 (GD en P2) (Dourmad *et al.*, 1997)

Masa Proteica= 2.28 + 0.178 (PV vacío) – 0.333 (GD en P2) (Dourmad *et al.*, 1997)

Agua corporal= 6.88 + 0.615 (PV corregido) – 1.693 (GD en P2) (Everts y Dekker, 1995)

*En donde PV vacío = a (PV corregido)^{1.013}

*PV corregido = Peso en báscula – Productos de la concepción, y “a” es una constante que corresponde a 0.905 para hembras vacías y a 0.912 para las hembras con su gestación a término.

*Para determinar el peso de los productos de la concepción se emplearon las siguientes ecuaciones:

-Contenido uterino (kg) = $0.3 + 1.329$ (Peso de la camada en kg)

-Placenta (kg) = $- 0.2 + 0.227$ (Peso de la camada en kg)

-Líquidos (kg) = $- 0.2 + 0.143$ (Peso de la camada en kg)

-Variables al parto.- Se registró al momento del parto el número de lechones nacidos totales (LNT), lechones nacidos vivos (LNV), lechones nacidos muertos (LNM) y momias, peso promedio del lechón (PPL) y peso de la camada al nacimiento (PCN) y se obtuvo el porcentaje lechones muertos al parto (%MPar).

6.5 Análisis estadístico.

Con excepción de las variables observacionales que no fueron analizadas estadísticamente tales como las organolépticas de los alimentos (pH, temperatura, olor, apariencia, crecimiento de hongos en el ensilado y el germinado), el porcentaje de germinación y todas aquellas para la elección de los alimentos en la prueba preliminar, a todas las variables se les realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas de Levene (Kuehl, 2001). Se realizó un análisis de varianza y la diferencia entre medias se evaluó mediante los siguientes contrastes: Oc vs. Oa (Orgánico-convencional vs. Orgánico-alternativo) y el contraste Oc, Oa vs. Cc (Orgánico-convencional y Orgánico-alternativo vs. Convencional-convencional) para las variables de respuesta: CA, PV, CC, GD, GT, GM, GC, MP, G: P, % GC, % PC, AC, A: MP, dif. GC, dif. PC, LNT, LNV, LNM, PPL, PCN y % MPar. Todas aquellas variables que estuvieron expresadas en porcentaje, fueron transformadas a la raíz cuadrada del arco seno, para poder analizarse. En el caso de las variables condición corporal y número de momias se llevó a cabo la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Kuehl, 2001). Se utilizó un nivel de significancia del 5%. Para todas las variables se realizó una correlación de Pearson con el número de parto, para saber si éste ejercía algún efecto en las variables de respuesta (Kuehl, 2001). La información se analizó con el procedimiento de modelos lineales generales de JMP 8 (JMP, 2000) y SPSS 15.

7. RESULTADOS

En cuanto a las pruebas preliminares en el Cuadro 9 se presentan los resultados de la selección de ingredientes. En lo que respecta a los ingredientes utilizados en las dietas experimentales, se realizó una valoración organoléptica a los 5 microsilos; el olor y la apariencia fueron agradables, y no se observó contaminación por hongos. El pH promedio fue de 3.8 ± 0.7 con una temperatura de $24.7 \pm 1.08^{\circ}\text{C}$. En el caso del germinado de lenteja se observó que la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 1% fue suficiente para evitar la contaminación por hongos, sin que éste manejo alterara la capacidad germinativa de la lenteja, pues el porcentaje de germinación siempre fue superior al 99%.

Tanto el CA, el consumo de MS y de EM fue similar entre grupos ($P>0.05$). El alimento alternativo tuvo buena aceptación por parte de las cerdas, además se observó que a pesar de la alta cantidad de humedad (36.21 % de MS), lo que le hace voluminoso en comparación al concentrado, las cerdas fueron capaces de ingerir hasta 10 kg al día, en base húmeda. En las Figuras 4 y 5 se indican la cantidad de alimento ofrecido y consumido equivalente en MS y EM a lo largo de la gestación. En la Figura 6 se observan las fluctuaciones del contenido de materia seca por semana en el alimento, tanto para la dieta alternativa como para el concentrado. En el primer caso la media fue de MS de $36.21 \pm 3.11\%$ con un coeficiente de variación del 8.6%, lo que difiere del 33.4% de MS esperado al formular la dieta. En el caso del concentrado el promedio fue de $88.71 \pm 0.98\%$ con un coeficiente de variación del 1.1%.

La temperatura ambiente promedio durante la prueba fue de $17.3 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$, sin haberse encontrado diferencias en la que se presentó en las instalaciones durante el día, siendo la variación máxima durante un solo día de 10°C .

Cuadro 9. Selección de ingredientes

| Ingrediente | Disponibilidad* | Costo ** | Aporte nutrimental*** | Respuesta al tratamiento | Observaciones |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|---|---|
| Plátano | Prácticamente todo el año | Desecho sin costo | Suficiente para la prueba | Buena fermentación, pH(3.9) estable a los 7 días. | Ensilado solo es muy líquido, bien consumido por animales. |
| Papa | Prácticamente todo el año | Desecho sin costo | Suficiente para la prueba | Ensilaje cruda, pH (4.23) inestable a 15 días. Cocida y ensilada se pudrió desde los 2 días | Difícil compactar cruda, cocida y ensilada sola se pudrió en todas las replicas, papa cruda usada como juguete sin ser consumirla |
| Papa-plátano ✓ | Prácticamente todo el año | Desecho sin costo | Suficiente para la prueba | Buena fermentación, pH(3.8) estable a los 7 días | Fácil de realizar con buen aspecto, excelente consumo |
| Camote | Poca disponibilidad | 8.22 \$ / kg | Suficiente para la prueba | Buena fermentación, pH(4.09) estable a los 7 días | Alto precio, difícil de obtener como desecho, requiere cocción |
| Haba | Prácticamente todo el año | 24 \$ / kg | Excelente para la prueba | Crecimiento de hongos en todas las charolas, 81% de germinación | Muchas semillas no aptas para germinar, costo alto |
| Garbanzo | Prácticamente todo el año | 16.5 \$ / kg | Excelente para la prueba | Sin crecimiento de hongos, 98% de germinación | Costo elevado |
| Frijol | Prácticamente todo el año | 12.5 \$ / kg | Bueno para la prueba | Sin crecimiento de hongos, 47.5 % de germinación | Muchos factores antinutricionales difíciles de eliminar, germinación pobre |
| Lenteja ✓ | Prácticamente todo el año | 11.5 \$ / kg | Bueno para la prueba | Más de 99% de germinación, sin crecimiento de hongos | Precio más bajo de las leguminosas |

*Según lo observado y comentarios del comerciante

**Costos promedio de bodegas en pesos mexicanos, durante la primer semana de junio de 2008.

***Según aportes (Morales, 2007) y requerimientos de las cerdas gestantes (NRC, 1998)

-Todos los germinados tuvieron buena aceptación por parte de los animales.

✓ Ingrediente y proceso seleccionado

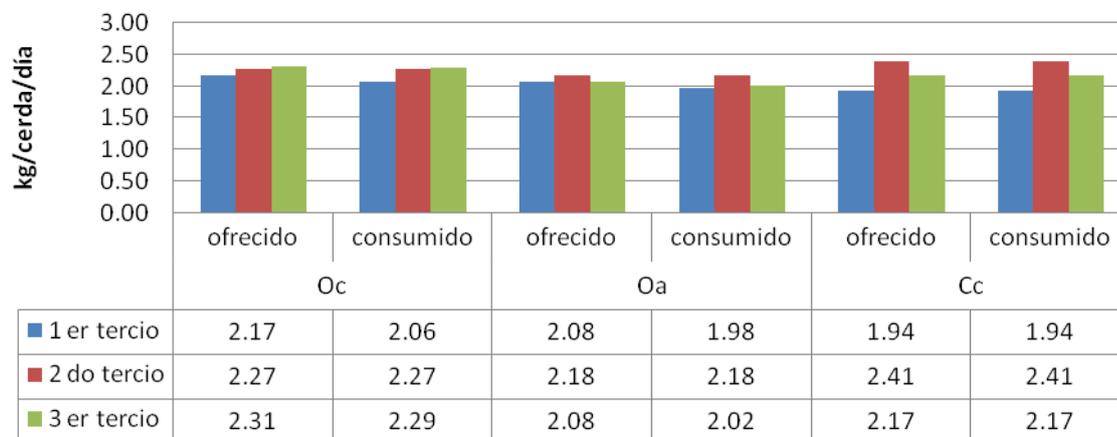


Figura 4. Promedios de alimento ofrecido y consumido (equivalente en MS) durante cada tercio de la gestación.

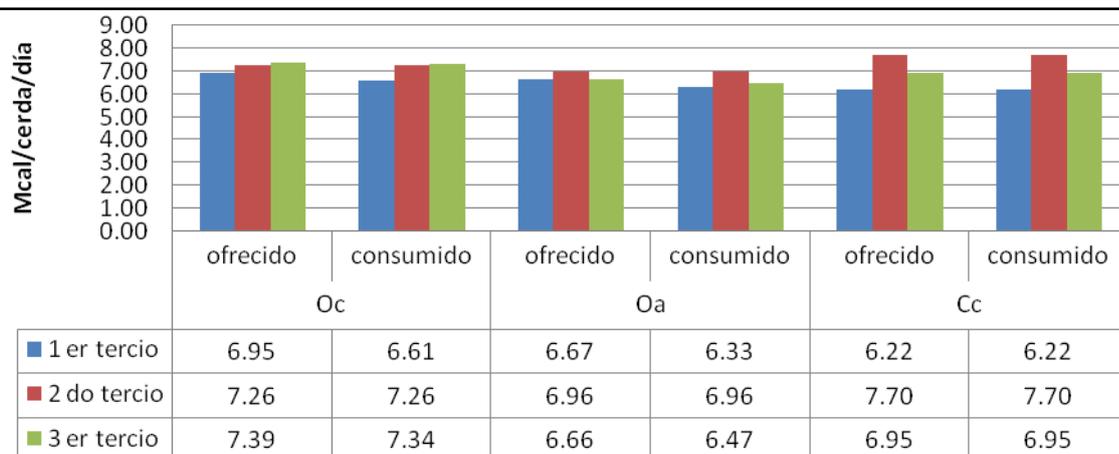


Figura 5. Promedios de energía ofrecida y consumida (equivalente en MS) durante cada tercio de la gestación.

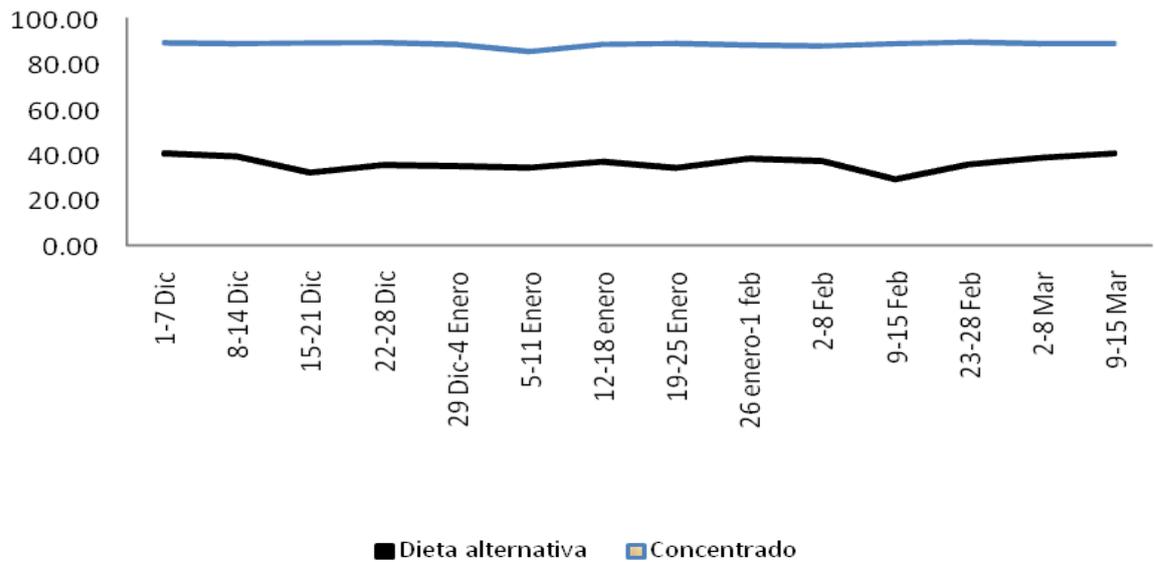


Figura 6. Variaciones semanales en el contenido de MS de la dieta alternativa y del concentrado.

La ecuación de regresión línea usada para estimar el peso de las cerdas a través de la zoometría tuvo un coeficiente de correlación de 0.88 y de determinación de 0.74. En lo que concierne al peso vivo de las cerdas y su condición corporal (Figura 8 y Cuadro 10), no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre grupos a lo largo de la gestación. Sin embargo, la GT fue mayor ($P=0.001$) para el grupo Cc (48.5 ± 11.9 kg) respecto a los dos grupos de manejo orgánico Oc (26.15 ± 19.3 kg) y Oa (10.62 ± 14.7 kg). De manera específica con la GM se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0.001$) entre los tratamientos para ambos contrastes, siendo el promedio de ganancia materna de Cc (20.3 ± 12.69 kg) superior a los de Oc (-6.3 ± 14.1 kg) y Oa (-11.11 ± 10.3 kg), en los cuales se observó pérdida de peso. En las mediciones de GD (Figura 7 y Cuadro 10) no se registraron diferencias ($p>0.05$) a lo largo de la gestación; no obstante, en la última medición, el grupo Oa (18.1 ± 1.83 mm) fue el que tuvo menor GD ($p=0.035$), con respecto a los grupos Oc (20.7 ± 1.96) y Cc (21.16 ± 1.54 mm). La CC de los tres grupos a lo largo de los 4 muestreos fue similar ($P>0.05$).

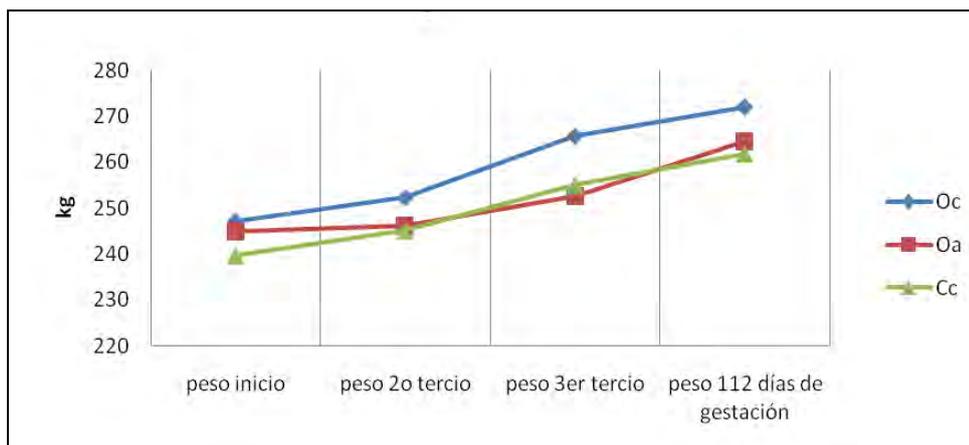


Figura 7. Cambio del peso corporal a lo largo de la gestación.

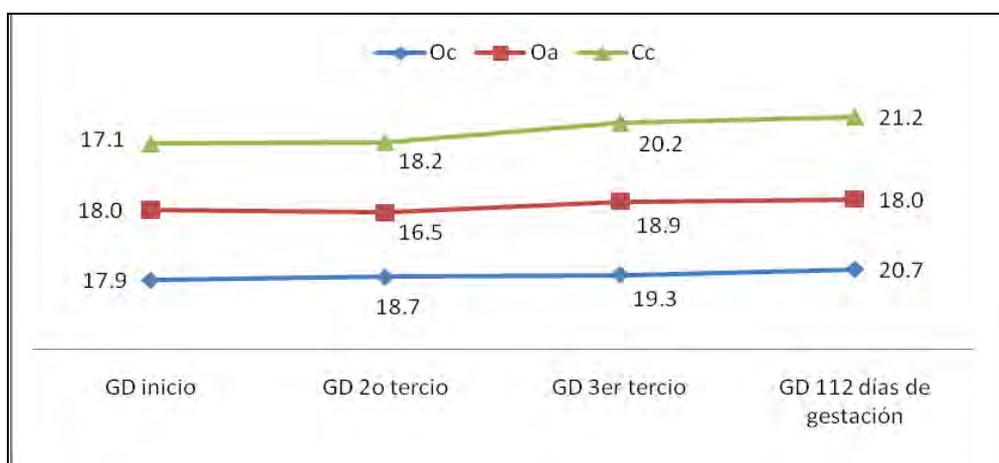


Figura 8. Cambios en la grasa dorsal (P2) a lo largo de la gestación.

Las variables de respuesta de composición corporal (Cuadro 11): GC al inicio y a los 112 días de gestación no mostraron diferencias entre los grupos ($P>0.05$), sin embargo la diferencia de GC presentó efecto tanto del manejo como del alimento, teniendo la mayor ganancia Cc (17.27 ± 1.7 kg) contra Oc y Oa (9.8 ± 5.7 kg y 1.55 ± 6.24 kg respectivamente). Al analizar las variables correspondientes a la conformación corporal tales como son: % GC al inicio y 112 días de gestación; MP al inicio y a los 112 días de gestación; diferencia PC; % MP al inicio y a los 112 días de gestación y relación G:P al inicio; AC al inicio y a los 112 días de gestación; % AC al inicio y a los 112 días de gestación; relación AC:PC al inicio y a los 112 días de gestación, no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. Por otra parte se

observó que la relación G:P a los 112 días fue menor ($P=0.035$) para el contraste dirigido hacia el efecto del alimento, para el grupo Oa (1.3 ± 0.09) contra Oc (1.43 ± 0.1) y Cc (1.45 ± 0.08).

Cuadro 10. Efecto del sistema de manejo y de alimentación sobre el peso, grasa dorsal y condición corporal a lo largo de la gestación.

| Variable | Tratamiento | | | Valores de <i>p</i> | | EEM |
|----------------------------------|-------------|--------|--------|---------------------|---------------|-------|
| | Oc | Oa | Cc | efecto alimento | efecto manejo | |
| PV al inicio de la gestación, kg | 247.1 | 257.37 | 230 | 0.730 | 0.350 | 12.22 |
| PV 2do tercio, kg | 252.25 | 246.1 | 245.08 | 0.778 | 0.814 | 8.73 |
| PV 3er tercio, kg | 265.72 | 252.51 | 255.04 | 0.515 | 0.806 | 8.17 |
| PV 112 días, kg | 273.25 | 268 | 278.5 | 0.811 | 0.645 | 8.813 |
| GT, kg | 26.15 | 10.62 | 48.5 | 0.148 | 0.001* | 5.85 |
| GM, kg | -6.3 | -11.1 | 20.3 | 0.001* | 0.001* | 5.09 |
| GD inicio, mm | 17.9 | 18 | 17.1 | 0.458 | 0.234 | 0.631 |
| GD 2do tercio, mm | 18.7 | 16.5 | 18.16 | 0.069 | 0.488 | 0.512 |
| GD 3er tercio, mm | 19.3 | 18.8 | 20.16 | 0.789 | 0.394 | 0.650 |
| GD 112 días, mm | 20.7 | 18 | 21.16 | 0.035* | 0.058 | 0.590 |
| Moda | | | | | | |
| CC Inicio | 2.5 | 2.5 | 3 | 0.571 | | |
| CC 2do tercio | 3 | 2.5 | 3 | 0.212 | | |
| CC 3er tercio | 3 | 3 | 3 | 0.142 | | |
| CC 112 días | 3 | 3 | 2.5 | 0.628 | | |

(media, error estándar de la media (EEM). peso vivo (PV), ganancia total (GT), ganancia materna (GM), espesor de grasa dorsal en sitio P2 (GD) y condición corporal (CC)

*Diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$)

Contrastes.- efecto alimento Oc vs. Oa, efecto manejo Oc, Oa vs. Cc.

PV de segundo y tercer tercio estimados con zoometría

Cuadro 11. Efecto del tipo de dieta y manejo sobre las variables de composición corporal de las cerdas a lo largo de la gestación

| Variable | Tratamiento | | | Valores de p | | EEM |
|------------------------------------|-------------|--------|--------|-----------------|---------------|-------|
| | Oc | Oa | Cc | efecto alimento | efecto manejo | |
| GC inicio, kg | 43.47 | 49.33 | 38.7 | 0.458 | 0.234 | 3.32 |
| GC a los 112 días de gestación, kg | 53.01 | 50.9 | 55.9 | 0.662 | 0.368 | 2.24 |
| Dif. GC , kg | 9.8 | 1.55 | 17.27 | 0.018* | 0.00001* | 2.1 |
| % GC inicio | 17.09 | 18.94 | 16.63 | 0.199 | 0.217 | 0.006 |
| % GC 112 días de gestación | 19.4 | 18.97 | 20.04 | 0.521 | 0.144 | 0.003 |
| MP inicio, kg | 37.48 | 41.45 | 35.76 | 0.487 | 0.423 | 2.33 |
| MP 112 días de gestación, kg | 37.37 | 39.24 | 38.9 | 0.736 | 0.574 | 1.72 |
| Dif. PC, kg | -0.114 | -2.271 | 3.13 | 0.988 | 0.957 | 0.931 |
| % MP inicio | 15 | 16.04 | 15.4 | 0.102 | 0.831 | 0.002 |
| % MP 112 días de gestación | 13.56 | 14.59 | 13.89 | 0.080 | 0.674 | 0.002 |
| G:P inicio | 1.13 | 1.18 | 1.1 | 0.523 | 0.184 | 0.029 |
| G:P 112 días | 1.43 | 1.3 | 1.45 | 0.035* | 0.106 | 0.028 |
| AC inicio, kg | 129.29 | 143.73 | 124.1 | 0.474 | 0.448 | 8.25 |
| AC112 días, kg | 119.27 | 127.87 | 124.97 | 0.565 | 0.984 | 6.0 |
| % AC inicio | 51.6 | 55.6 | 53.38 | 0.115 | 0.952 | 0.012 |
| % AC 112 días | 43.2 | 47.5 | 44.57 | 0.073 | 0.707 | 0.011 |
| AC:PC inicio | 3.44 | 3.47 | 3.46 | 0.358 | 0.624 | 0.1 |
| AC:PC 112 días | 3.18 | 3.25 | 3.2 | 0.076 | 0.697 | 0.016 |

(media, error estándar de la media (EEM))

*Diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)

Contrastes.- efecto alimento Oc vs. Oa, efecto manejo Oc, Oa vs. Cc.

En las variables evaluadas (Cuadro 12): LNT, LNV, PPL y número de momias, no hubo diferencia ($P>0.05$), únicamente se halló diferencia en la variable número de LNM ($P=0.033$), en el contraste dirigido al efecto del sistema, el valor fue 2.3 ± 0.94 lechones muertos para Cc, y 0.8 ± 0.74 para Oc y 0.5 ± 0.86 en el grupo Oa. Para la variable %MPar en el mismo contraste de efecto del manejo se observó que Cc presentó el mayor ($P=0.005$) porcentaje de mortalidad con $22.7\pm 8.9\%$, mientras que Oc y Oa tuvieron 7.6 ± 8 y $10.6\pm 6.8\%$ respectivamente. Para la variable PCN, hubo un mayor resultado ($P=0.035$) a favor del alimento concentrado, con valores para Oa de 13.19 ± 4.01 kg, mientras que para Oc y Cc fueron de 19.52 ± 3.12 kg y 17.01 ± 4.91 kg, respectivamente. El número de parto no tuvo efecto alguno sobre las variables al parto, pues no se encontró ninguna correlación ($P>0.05$).

Cuadro 12. Efecto del tipo de dieta y manejo sobre las variables del parto

| Variable | Tratamiento | | | Valores de p | | EEM |
|----------|-------------|-------|-------|-----------------|---------------|-------|
| | Oc | Oa | Cc | efecto alimento | efecto manejo | |
| LNT | 12.2 | 9.75 | 13.5 | 0.156 | 0.061 | 0.777 |
| LNV | 11.4 | 8.75 | 10.5 | 0.131 | 0.663 | 0.728 |
| LNM | 0.8 | 0.5 | 2.3 | 0.605 | 0.033* | 0.319 |
| %MPar | 7.6 | 10.6 | 22.7 | 0.593 | 0.005* | 0.029 |
| PPL, kg | 1.64 | 1.33 | 1.6 | 0.078 | 0.321 | 0.073 |
| PCN, kg | 19.52 | 13.19 | 17.01 | 0.035* | 0.585 | 1.287 |
| Momias | 0 | 0.5 | 0.66 | 0.179 | | 0.163 |

(media, error estándar de la media (EEM)). Lechones nacidos total (LNT), lechones nacidos vivos (LNV), porcentaje de mortalidad al parto % MPar, peso promedio del lechón PPL, peso de camada al nacimiento (PCN).

*Diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$)

Contrastes.- efecto alimento Oc vs. Oa, efecto manejo Oc, Oa vs. Cc.

8. DISCUSION

En las pruebas preliminares de este trabajo se encontraron inconvenientes diversos en los tratamientos (ingrediente-proceso), por lo que se eligieron únicamente el ensilado de papa cocida con plátano maduro y el germinado de lenteja. Pues se observó que la calidad del ensilado de papa-plátano fue adecuada y que el tiempo de fermentación fue el correcto, ya que para un ensilado con contenido de MS menor al 15% es necesario que el pH disminuya por debajo de 3.8, de tal manera que se evite una fermentación inadecuada (Woolford, 1998), además en las muestras del ensilaje de éste estudio se encontraron las condiciones óptimas para establecer que el ensilaje fue el adecuado (Cabrera-Mendoza *et al.*, 2006), sin que hubiera necesidad de un mayor tiempo de fermentación (Diego, 1998). Los resultados obtenidos en los ensilados para pH y temperatura, así como las características físicas, indicaron que las condiciones dentro del silo fueron estables por lo que no se requirió mayor tiempo de fermentación (Woolford, 1992), ya que el plátano maduro presenta mayor concentración de azúcares solubles a diferencia de los forrajes (Madamba *et al.*, 1977), por otro lado el almidón de la papa ayudó a disminuir la tasa fermentativa, de modo que ésta no fuera exacerbada y pudiera empobrecer el contenido energético del ensilado, pues aunque los azúcares solubles son empleados en gran medida por las bacterias y en cambio la utilización del almidón por parte de éstos microorganismos es menor (Okine *et al.*, 2005; Rooney y Pflugfelder, 1986), evitando así el empobrecimiento del ensilado y estabilizando las condiciones ambientales en el interior del silo (Elferink *et al.*, 1999). Según lo encontrado por Rosas-Hernández y Valdez- Mendoza (1987), además de Cabrera-Mendoza *et al.* (2006), el pH también puede indicar que la proporción de ácidos grasos volátiles podría ser la adecuada, con un predominio en dicha proporción del ácido láctico. Este dato también indicó la calidad del ensilado de papa-plátano, pues la aceptación que tuvo por parte de los animales fue buena, ya que otro tipo de fermentación (clostridial) provocaría un sabor desagradable y un consumo pobre de éste tipo de ensilado por parte de las cerdas (Fernández-Carmona *et al.* 1984).

En el caso de las determinaciones nutrimentales de ambas materias primas se aprecia que los valores encontrados fueron los esperados (IMSS, 2008) y se podrían considerar como ingredientes con potencial para formular raciones alternativas para cerdas gestantes y posiblemente para cerdos en crecimiento (NRC, 1998) mantenidos en un sistema orgánico. Aunque existen diversos reportes de alimentación de cerdos con alimentos fermentados (Rose *et al.*, 1994; Scipioni y Marteli, 2001; Yang *et al.*, 2006; Thu Hong y Lindberg, 2007) y con germinados (Peer y Leeson, 1985b), no hay trabajos específicos que dejen antecedentes del empleo de éstos ingredientes en cerdas gestantes y en condiciones de manejo similares a las de este estudio.

Durante la prueba de campo las cerdas fueron alimentadas con base a su condición corporal y a su medida de grosor de grasa dorsal. Aunque, coincidiendo con Charette *et al.* (1996), es complejo evaluar objetivamente la primera variable debido a que existen diversos componentes a tomar en cuenta como son: el peso vivo, la grasa dorsal, el tamaño del animal, el número de parto, las medidas morfológicas del crecimiento y el desarrollo de la cerda; y entonces poder definir las estrategias de alimentación de las cerdas. En el presente estudio se ofreció alimentación individualizada, la cual no mostró diferencias significativas en cuanto a los consumos de alimento en MS y EM, por lo que de manera general se puede apreciar que de esta forma se evitaron problemas de bajo consumo por parte de cerdas de baja jerarquía (Brouns y Edwards, 1994). Este tipo de manejo alimenticio es común en sistemas de producción similares al utilizado en ésta prueba y ha probado ser práctico (Salak-Johnson *et al.*, 2007; Spoolder *et al.*, 2009). Aunque los tres tratamientos tuvieron la misma disponibilidad de EM en el alimento se encontró una diferencia en la GT y en GM, en ambas con mejor ganancia del grupo Cc, mientras que los grupos que recibieron un manejo orgánico presentaron pérdidas de peso en GM, sobre todo las cerdas del grupo Oa. Esta GM resulta incompatible con los 25 kg promedio que Patience (1996) sugiere por gestación.

Una proporción importante de la pérdida de peso por parte de las cerdas del grupo Oa, puede explicarse por la disminución en la cantidad de grasa que éstas presentaron, lo cual podría ser asociado también a la disminución de la GD a los 112 días de gestación y la reducción en la dif. GC y relación G:P a los 112 días de gestación; de manera general todas éstas variables se vieron influenciadas por el tipo de dieta, a excepción de la diferencia GC en la cual se encontraron efectos tanto debido al manejo como a la alimentación. Cabe destacar que los cambios en la grasa corporal, no son tan relevantes como las variaciones en el espesor de la GD, debido a que la primera puede aumentar o disminuir ligeramente, mientras que la GD se modifica de manera severa en un corto lapso de tiempo (Everts y Dekker, 1995), debido a que el tejido adiposo subcutáneo e intramuscular difieren metabólicamente y responden de manera diferente a los cambios en la alimentación (Smith *et al.*, 1998).

Aunque la MS del alimento alternativo se mantuvo estable durante toda la prueba, en la segunda semana de febrero hubo una disminución en un 20% (de 36.21% hasta 29% de MS), lo que representó una reducción de 1332 kcal EM/ día/cerda, que duró toda la semana; por otra parte, en ese lapso de tiempo las cerdas del grupo Oa se encontraban en el último tercio de gestación, durante el cual existe una importante demanda de nutrimentos por parte de los productos (Close y Cole, 1986; Patience, 1996); aunado a lo anterior en éste periodo la temperatura ambiente promedio fue de 16°C, misma que se considera temperatura mínima crítica

(TMC) para animales alojados individualmente (ARC, 1981). Durante las noches las cerdas dormían en grupos dentro de los corrales manteniendo una temperatura en el interior de éstos de aproximadamente 17°C. en contraste con la temperatura externa que era de 6°C. Verstegen y Den Hartog (1989), recomiendan que en condiciones de granja la TMC para cerdas alojadas en grupo, sea de 15°C al inicio de la gestación y de 13°C al final de esta, igualmente, sugieren proveer a las cerdas una ración adicional de ración de 50 g/d por cada grado centígrado inferior a la TMC. Los animales pueden reducir la pérdida de calor hasta en un 40% al aumentar el aislamiento térmico al juntar sus cuerpos, aumentando así la tolerancia al frío (Verstegen y Curtis, 1988). A pesar de que en el presente trabajo no se hizo un estudio etológico, se pudo apreciar visualmente que no todas las cerdas compartían los corrales y algunas incluso llegaban a dormir fuera de estos, quedando así expuestas al frío.

Por lo expuesto anteriormente, se puede suponer que en éste trabajo estuvieron presentes algunos factores que pueden propiciar un balance energético negativo en las cerdas, tales como: temperaturas por debajo del límite crítico de confort térmico (Miller *et al.*, 1991; Verstegen y Curtis, 1988); aumento de los requerimientos energéticos por demandas fisiológicas (Dourmad *et al.*, 2007), pues es de tenerse en cuenta que la última semana antes del parto el crecimiento de la glándula mamaria requiere cerca de 1387 kcal EM/día, aumentando un 20% los requerimientos energéticos (Patience, 1996). Además, si se toma como pauta, que las estereotipias le pueden llegar a costar a una cerda un 20% de sus requerimientos de energía diaria (Verstegen y Den Hartog, 1989) y mantenerse parada le consume aproximadamente 650 kcal EM/cerda/día (Noblet *et al.*, 1993), se puede suponer que la actividad que tuvieron las cerdas en este sistema, que si bien no parecía exhaustiva, pudo haber tenido un impacto en el requerimiento energético.

En cuanto a la variable % AC, se encontró una disminución similar en los tres tratamientos, coincidiendo con lo descrito por Walker y Young (1992), pues la hidratación de los tejidos uterinos en lugar de los tejidos maternos causa esta disminución, pues gran parte del aumento de peso de la gestación es explicada por esta hidratación, la cual presenta un aumento lineal con el incremento de peso fetal.

Pese a que no existió una evidencia estadística en la variable Dif. MP, de manera numérica se observa que los grupos con manejo orgánico presentaron alguna pérdida de MP a los 112 días, al contrario del grupo Cc en el cual se aprecia una ganancia de MP a los 112 días de gestación. Estas diferencias en la MP no lograron ser tan evidentes, pues la prueba no duró suficiente tiempo como para ver una diferencia estadística en la MP de los grupos de cerdas (Everts y Dekker, 1995). Según Dourmad *et al* (1996), el suplemento energético durante la gestación de las cerdas

múltiparas modernas, como las empleadas en éste trabajo, limita la retención de N y de ganancia muscular, por consiguiente, éstos autores recomiendan aportes cercanos a 8.5 Mcal ED/día (aproximadamente 1.4 Mcal más que el promedio ofrecido a las cerdas con alimentación alternativa de éste trabajo), para asegurar que se restauren adecuadamente las reservas corporales. Una posible deficiencia del aporte de aminoácidos, principalmente lisina, podría sugerirse como otra causa para el impacto de la dieta sobre el peso de los animales, no obstante, Stein (1998) indicó que el nivel de lisina en las dietas de gestación no afecta la ganancia de peso, sobre todo de cerdas múltiparas, pues la digestibilidad ileal aparente para aminoácidos es bastante eficiente, además de que aportes mayores a 10.6 g/d de lisina total no mejoran la productividad de las cerdas (Cooper *et al.*, 2001). Se requiere por lo tanto una relación proteína:energía adecuada para evitar que tanto el crecimiento como la composición corporal se vean restringidos, por lo que la energía es un factor limitante también para la deposición de tejido muscular (Williams *et al.*, 1993; Pettigrew y Yang, 1997).

La suma de todos esos factores pudo haber orillado a las cerdas a movilizar reservas grasas con la finalidad de satisfacer sus propias necesidades y las del crecimiento de sus productos (Noblet y Shi, 1993). Lo cual puede tener un impacto en la viabilidad posterior de los productos, pues la composición corporal tiene influencia en la composición de la leche en los primeros días de lactación, lo que podría llegar a ser un factor limitante en el desarrollo de los lechones (Revell *et al.*, 1998). Así mismo la disminución de GC puede comprometer a las propias cerdas, debido a que las que presentan bajos niveles de GC son menos eficientes para utilizar la energía destinada a la ganancia de peso e incremento de la capa de grasa dorsal (Young *et al.*, 2005).

Al realizar la comparación de los grupos para las variables al parto entre los diferentes tratamientos, no se encontraron diferencias en LNT, LNV, el número de momias y para PPL, por otro lado el grupo Cc tuvo el mayor número de LNM, así como en el mayor %MPar, lo cual indica que el manejo convencional tuvo una influencia en la viabilidad de los lechones durante el periparto. Los manejos en el sistema convencional, durante el parto fueron: la inducción del parto con prostaglandinas sintéticas y el empleo de oxitocina, estradiol, Ca y P. Pese a que no es objetivo en este estudio, hay evidencias que sugieren que el uso de hormonas como la oxitocina incrementan la mortalidad de los lechones durante el parto (Linneen *et al.*, 2005; Trujillo y Mota, 2009) lo cual pudo haber ocurrido en las camadas de las cerdas del grupo Cc. Por otro lado se encontró que las cerdas del grupo Oa tuvieron el menor peso de camada (Cuadro 11). Al respecto Hammell *et al.* (1976) encontraron que el PPL de cerdas con dietas pobres en PC no se vio afectado, aunque si observaron que el peso de las camadas y el de las

madres fueron bajos. Se ha reportado con anterioridad que las únicas respuestas en las camadas al modificar los niveles de energía de la dieta, son el peso de la camada y el número de lechones nacidos (Miller *et al.*, 1991).

De acuerdo a lo mencionado por Miller *et al.*, (1991) y O'Dowd *et al.*, (1997) ni el manejo, ni el aporte de nutrimentos para las cerdas durante la gestación, tienen efectos inmediatos. Por su parte Bergsma *et al.* (2009) consideraron que una movilización excesiva de tejido adiposo o proteica durante la gestación, pueden ocasionar problemas reproductivos, solo evidentes hasta el siguiente parto; por lo tanto un estudio donde se evalúen las consecuencias de la nutrición, el manejo o la alimentación debería de ser a largo plazo para valorar de manera adecuada estos factores.

Spoolder *et al.* (2009) en una revisión sobre varios sistemas de alojamiento para grupos de cerdas y sus implicaciones en la productividad de las mismas; sugieren que se debe tomar en cuenta el estrés al que están sometido las y su impacto en la fertilidad; además de la etapa de gestación. Los factores específicos del estrés en grupos de cerdas a considerar son entre otros: la jerarquización, densidad poblacional, ambientes poco estimulantes, efectos climatológicos, relaciones animal-humano negativas; sistema de alimentación y consumo de alimento; condición corporal, problemas podales provocadas por el sistema; uso de cama; agresiones intragrupalas; tamaño y composición del grupo; tipo de piso; además de la disponibilidad de áreas para huir y esconderse. Como se puede apreciar son muchos factores y por ello, las experiencias con estos sistemas han sido muy variadas, que van desde éxitos hasta fracasos en cuanto a la productividad y longevidad de las cerdas. Salak-Johnson, *et al* (2007) emplearon un sistema de manejo y alojamiento similar al de este estudio, y encontraron que conforme aumentó el espacio de alojamiento por cerda, aumentó el peso y la profundidad de grasa dorsal; lo cual se contrapone con lo encontrado en este trabajo.

En el caso del tratamiento de manejo orgánico, a pesar de que el consumo de energía fue el mismo que en los otros tratamientos, la movilización de reservas corporales fue más rápida, provocada por un estado de balance energético negativo agudo en las cerdas, debido a un incremento multifactorial en las necesidades energéticas. A pesar de que en la literatura no se encontraron trabajos similares, es importante para la implementación apropiada de un sistema como este: establecer requerimientos nutricionales *ad hoc* para los animales, tomando en cuenta el gasto energético y los cofactores que intervienen en su metabolismo como vitaminas y minerales (Miller *et al.* 1991), además de realizar evaluaciones en periodos de tiempo más largos (Spoolder *et al.*, 2009)

9. CONCLUSIONES

El ensilaje de papa y plátano de desecho, así como el germinado de lenteja de 3 días, resultaron adecuados como tratamientos para realzar las propiedades nutrimentales de los ingredientes elegidos. Estos procedimientos son sencillos de realizar y tuvieron los resultados esperados como ingredientes para formulación de raciones en cerdas gestantes con manejo de tipo orgánico, además de que pueden aprovechar ingredientes de desecho que hubieran sido desperdiciados y que tienen el potencial de convertirse en una fuente de contaminación ambiental.

Una dieta alternativa para cerdas gestantes en un sistema de producción similar al de esta prueba, formulada con base a los requerimientos de producción convencionales no es suficiente para promover una buena deposición de reservas maternas y mantener una conformación corporal ideal después de una gestación. Ya que la demanda energética es superior en estos sistemas productivos, por lo que se requieren tener una estimación cercana de estas necesidades.

No es suficiente elevar la cantidad de consumo de alimento al mismo nivel que se haría en condiciones convencionales, sobretodo si se trata de un alimento con gran cantidad de humedad, la cual puede variar al momento de elaborar la ración. Para lo cual es necesario estandarizar el nivel de humedad de éste alimento o monitorear estas fluctuaciones y predecir los cambios en el nivel de materia seca.

La productividad de cerdas gestantes criadas con manejo orgánico y en las condiciones de este trabajo fue menor y finalmente se reflejó en el menor peso de las camadas al nacimiento, aunque con el manejo convencional se presentó mayor mortalidad de los lechones durante el parto.

10. ANEXOS

Cuadro 13. Dietas de cerdas gestantes

| Ingredientes | Control | Alternativa |
|-------------------------------|----------------|--------------------|
| Sorgo | 82.65 | 20 |
| Pasta de soya 44.5% | 11.2 | - |
| Aceite de soya | 2.65 | - |
| Ensilado papa-plátano | - | 22 |
| Germinado de lenteja | - | 50 |
| Aceite de palma | - | 4.61 |
| Ortofosfato | 1.35 | 2.16 |
| Carbonato de calcio | 1.2 | 0.72 |
| Sal | 0.36 | 0.32 |
| Colina | 0.21 | - |
| Premezcla vitamínica | 0.28 | 0.14 |
| Premezcla de minerales | 0.10 | 0.05 |
| TOTAL | 100 | 100 |

*Dietas isoenergéticas e isoprotéicas, en base 90. La dieta alternativa contiene un 33.4% de MS.

*Aportes nutrimentales: 3.2 Mcal/kg EM, 13% PC, 0.75% calcio total, 0.60% fósforo total

Cuadro 14. Aportes nutrimentales del germinado de lenteja

| | BH | 100% MS | B90 | CV % BH | CV % Desh. |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|
| MS % | 35.82±3.53 | 100 | 90.00 | 9.85 | 0.00 |
| HUMEDAD % | 64.17±3.53 | 0 | 10.00 | 5.5 | 0.00 |
| PC % | 9.97±0.81 | 27.91±1.09 | 25.12±0.98 | 8.1 | 3.92 |
| EE % | 0.979±0.25 | 2.7±0.54 | 2.43±0.49 | 25.49 | 20.23 |
| CEN % | 0.86±0.09 | 2.42±1.85 | 2.17±0.17 | 10.5 | 7.69 |
| FC % | 1.42±0.21 | 4.02±0.71 | 3.62±0.65 | 15.2 | 17.87 |
| ELN % | 22.54±2.48 | 62.86±1 | 56.57±0.91 | 11.03 | 1.60 |
| TND % | 29.78±3.5 | 83.07±4.11 | 74.76±3.7 | 11.74 | 4.95 |
| ED kcal/kg | 1313±154.2 | 3662.67±181.37 | 3296.40±163.24 | 11.74 | 4.95 |
| EM kcal/kg | 1076.54±126.43 | 3003.07±148.71 | 2702.77±133.84 | 11.74 | 4.95 |
| Ca % | 0.11±0.06 | 0.324±0.23 | 0.29±0.21 | 57.2 | 70.75 |
| P % | 0.09±0.009 | 0.254±0.054 | 0.23±0.05 | 10.16 | 21.50 |

-Medias ± error estándar de una alícuota de 5 charolas de lenteja germinadas por 3 días

-MS (materia seca), BH (base húmeda), B90 (base 90% de materia seca), 100% MS, CV% Des. (Porcentaje del coeficiente de variación en 100% MS y base 90)

-EM= ED*0.96

-ED= TND*43.8

-TND= $\Sigma((PC*0.75)+((EE*0.9)*2.25)+(FC*0.15)+(ELN*0.9))$ (NRC,1982)

Cuadro 15. Aportes nutrimentales del ensilado de papa-plátano

| | BH | 100% MS | B 90 | CV % BH | CV % Desh. |
|-------------------|--------------|----------------|----------------|------------|---------------|
| MS % | 17.16±0.87 | 100.00 | 90.00 | 5.1 | 0.00 |
| HUMEDAD % | 82.84±0.87 | 0.00 | 10.00 | 1.05 | 0.00 |
| PC % | 2.18±1.07 | 13.06±7.3 | 11.75±6.662 | 49.25 | 56.31 |
| EE % | 0.98±0.31 | 5.81±2.15 | 5.23±1.94 | 32.24 | 37.12 |
| CEN % | 1.10±0.07 | 6.42±0.21 | 5.77±0.19 | 6.5 | 3.36 |
| FC % | 0.49±0.07 | 2.86±0.57 | 2.57±0.52 | 15.7 | 20.05 |
| ELN % | 12.41±2.12 | 71.85±9.61 | 64.67±8.66 | 17.17 | 13.39 |
| TND % | 14.65±1.19 | 85.37±5.71 | 76.83±5.14 | 8.18 | 6.69 |
| ED kcal/kg | 645.79±52.89 | 3763.82±251.89 | 3387.44±226.71 | 8.18 | 6.69 |
| EM kcal/kg | 529.49±43.36 | 3086.01±206.53 | 2777.41±185.88 | 8.18 | 6.69 |
| Ca % | 0.04±0.01 | 0.21±0.09 | 0.19±0.08 | 41.3 | 42.86 |
| P % | 0.03±0.004 | 0.19±0.02 | 0.17±0.02 | 14.6 | 13.30 |

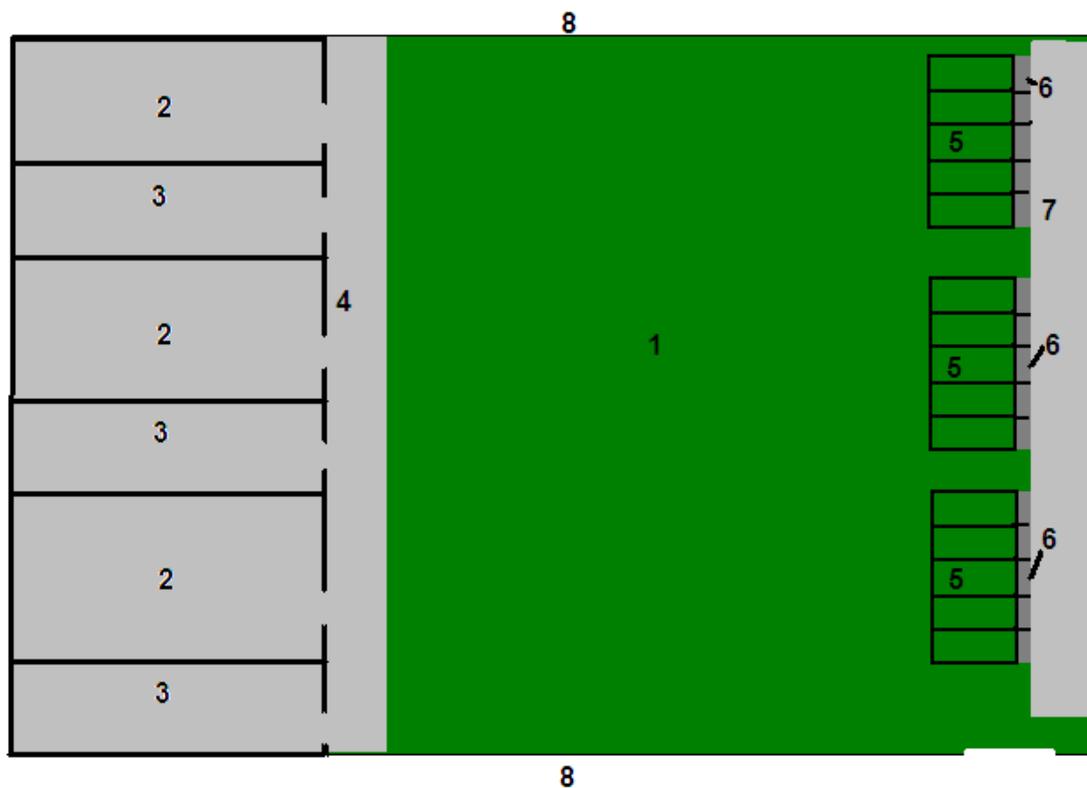
-Medias ± error estándar de 5 microsilos de ensilado de papa- plátano (50% papa, 50% plátano) con un ensilaje de 7 días.

-MS (materia seca), BH (base húmeda), B90 (base 90% de materia seca), B100, (100% deshidratado), CV% Desh. (Porcentaje del coeficiente de variación en base 100 y base 90)

-EM= ED*0.96

-ED= TND*43.8

-TND= $\Sigma((PC*0.75)+((EE*0.9)*2.25)+(FC*0.15)+(ELN*0.9))$ (NRC,1982)



1.- Área de exterior

2.- corral con piso de concreto de 28.26 m²

3.- corral con piso de concreto de 13.68m²

4.- Banqueta techada

5.- Batería de jaulas individuales metálica

6.- Comederos tipo artesa

7.- Pasillo de alimentación con piso de concreto

8.- Malla ciclónica

Figura 9. Espacio de alojamiento



Figura 10. Espacio de alojamiento durante la prueba. (Hurtado, 2008)



Figura 11. Batería de jaulas con comedero. (Hurtado, 2008)

11. LITERATURA CITADA

- Abu OA, Tewe OO, Losel DM, Onifade AA. Changes in lipid, fatty acids protein composition of sweet potato (*Ipomoea batatas*) after solid-state fungal fermentation. *Bioresource Technology*. 2000; 72: 189-192.
- Agudelo GR, Gallo JTC. Digestibilidad, valor nutritivo y energético del plátano (*Musa paradisiaca* L.) en cerdos. ALPA memoria. I.C.A. Bogotá, Colombia. 1974: 4-9.
- Águila RRR. VI Jornada Internacional de Producción Porcina, Longevidad de la cerda; La brecha entre potencial y realidad. Memorias. 3 a 5 abril de 2008. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Producción Animal: Cerdos. CU, (DF) México. 10 pp.
- Aguilera A, Pérez-Gil F, Grande D, de la Cruz I, Juárez J. Digestibility and fermentative characteristics of mango, lemon and corn stovers silages with or without addition of molasses and urea. *Small Ruminant Research*. 1997, 26: 87-91.
- Ahmed RAR, Abdel-Rahim EAM, Abdel-Fatah OM, Erdmann VA, Lippmann C. The changes of protein patterns during one week of germination of some legume seeds and roots. *Food chemistry* 1995; 52: 433-437.
- Akinlosotu A, Akinyele IO. The effect of germination on the oligosaccharide and nutrient content of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *Food Chemistry*. 1991; 39: 157-165.
- Anaya-Bretón MDM. Importancia de invertir en la producción orgánica en México, 1996-2006. (tesis de licenciatura). México, D. F. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Aragón. 2008. 148 pp.
- ARC (Agricultural Research Council). The nutrient requirements of pigs. Commonwealth Agricultural. Bureaux. Slough, Reino Unido, 1981.
- Argüello HDA. Proyecto de implementación de una planta de reciclaje orgánico en la central de abastos de la Ciudad de México (tesis de licenciatura). México DF. UNAM Facultad de Economía, 2006. 103 pp
- Asiedu M, Lied E. Effect of processing (sprouting and/or fermentation) on sorghum and maize: II. Vitamins and amino acid composition. *Biological utilization of maize protein*. *Food chemistry* 1993; 48: 201-204.
- Azhar S, Srivaastava AK, Krishna M. Compositional changes during the germination of *Cicer arietinum*. *Phytochemistry*. 1972; 11: 3173-3179.
- Bach KKE. Influence of feed and feed structure on disease and welfare of pigs. The 4th NAHWOA Workshop Breeding and feeding for animal health and welfare in organic livestock systems, 24-27 March, 2001 Wageningen Netherlands, (citado 9 septiembre 2008) Available from URL <http://www.veeru.reading.ac.uk/organic/FINALProceedingsEdited.pdf>
- Barragán HEA. Participación de los sistemas de producción animal en el equilibrio ecológico. En Examen general de calidad profesional, para medicina veterinaria y zootecnia, material de estudios: Área porcinos. Castro MI, editor. Jaisser Editores. 1999. 189-212.
- Belmar CR, Nava MR. VIII Encuentro de nutrición y producción de animales monogástricos. Factores antinutricionales en la alimentación de animales

monogástricos, 2005 noviembre, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". Guanare, Portuguesa. Venezuela. 5 pp.

- Bergsma R, Kanis E, Verstegen MWA, van der Peet-Schwering CMC, Knol EF. Lactation efficiency as a result of body composition dynamics and feed intake in sows. *Livestock Science*. 2009; 125: 208-222.
- Blair R. *Nutrition and Feeding of Organic Pigs*. CAB International. 1ra Edición. Reino Unido, 2007. 322 pp.
- Blaszczyk W, Doblado R, Frias J, Vidal-Valverde C, Sadowska J, Fornal J. Microstructural and biochemical changes in raw and germinated cowpeas seeds upon high-pressure treatment. *Food Research International*. 2007; 40: 415-423.
- Boelling D, Groen AF, Sørensen P, Madsen P, Jensen J. Genetic improvement of livestock for organic farming systems. *Livestock Production Science*. 2003; 80: 79-88.
- Bonilla PM. Proyecto de código de prácticas para la producción orgánica de alimentos de origen animal: estudio recapitulativo (tesis de licenciatura). México DF. UNAM FMVZ, 2002. 39 pp.
- Bornett HLI, Guy JH, Cain PJ. Impact of animal welfare on costs and viability of pig production in the UK. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 2003; 16 (2) 163-186.
- Broderick A, Rhodes L. Effects of fermenter type, xylanase addition and dual cultures on fungal fermentations of wheat pollard and bran. *Biological Wastes*. 1990; 31:267-274
- Brouns F, Edwards SA. Social rank and feeding behavior of group-housed sows fed competitively or ad libitum. *Applied Animal Behaviour Science*, 1994; 39: 225-235.
- Brown DL, Chavalimu E. Effects of ensiling or drying on five forage species in western Kenya: *Zea mays* (maize stover), *Pennisetum purpureum* (Pakistan napier grass), *Pennisetum sp.* (bana grass), *Iponema batata* (sweet potato vines) and *Cajanus cajan* (pigeon pea leaves). *Animal Feed Science and Technology*. 1985; 13: 1- 6.
- Cabrera-Mendoza, Rosiles-Martínez PR, Ramírez-Pérez AH, Castrejón-Pineda F, Fuentes-Hernández VO. Changes in the concentration of short chain fatty acids, pH, dry matter and minerals during the process of ensiling a mixture of swine manure and chopped sugar cane. *Agricultural Journal*. 2006; 1: 104-108.
- Capper AL. Fungal contamination of hydroponic forage. *Animal Feed Science and Technology* 1988; 20: 163-169.
- CERTIMEX, 2005. Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, S.C. Normas para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de Productos Ecológicos. Oaxaca, México. 2005. <http://www.certimexsc.com/docs/NormasCERTIMEXactualizadas2005%5B4%5D.pdf>
- Chambers, F.J. Status of Rare Breeds of Domestic Farm Livestock in Australia. (Citado marzo 9 de 2009).2006 <http://www.livestock.org.au/organic/pig/breeds>
- Charette R, Bigras-Poulin M, Martineau GP. Body condition evaluation in sows. *Livestock Production Science*. 1996; 46: 107-115.
- Clavijo H, Maner JH. Factores que afectan la digestibilidad, valor nutritivo y energético del banano para ratas y cerdos. (tesis de M en C). Bogotá, Colombia. I.C.A. Colombia, 1972.
- Close WH, Cole DJA. Some aspects of the nutritional requirements of sows their relevance in the development of a feeding strategy. *Livestock Production Science*, 1986; 15: 39-52

- Close WH, Poorman PK. Outdoor pigs their nutrient requirements, appetite and environmental responses. En : Garnsworthy PC y Cole DJA. Recent advances in animal nutrition. Nottingham University Press, Loughborough, Reino Unido, 1993. 261 pp.
- Cooper DR, Patience JF, Zijlstra RT, Rademacher M. Effect of energy and lysine intake in gestation on sow performance. Journal of Animal Science. 2001; 79: 2367-2377
- Corchete P, Guerra H, Nicolas G. β -galactosidase and α -mannosidase activities in *Lens culinaris*: Isolation and changes during germination. International Journal of Biochemistry. 1983; 15: 427-431.
- Cordenunsi BR, Shiga TM, Lajolo F. Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (*Musa acuminata* L.: cvs Mysore and Nanicao) Carbohydrate Polymers. 2008; 71: 26–31
- Corrêa MR, Pereira PJEB, Pereira PCAB, Faquin V, Soares RE, Monteiro AB, Dyer WE.. A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems. Scientia Horticulturae. 2008; 116: 17-20.
- D’Mello JPF. Antinutritional factors and mycotoxins en: D’Mello JPF. Farm animal metabolism and nutrition. CAB International, New York, EUA. 2000. 448pp
- Dalgaard T, Halberg N, Kristensen IS. Can organic farming help to reduce N-losses. nutrient cycling in agroecosystems. 1998; 52: 277-287.
- DeRouchey JM, Dritz SS, Goodband RD, Nelssen JL, Tokach MD. Breeding herd recommendations for swine. 2007. Kansas State University, Kansas, EUA. 16. pp
- Diego H, Ensilajes e inoculantes para silos, en Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal, 1998, Volumen VI, Alltech de México, México D. F 187-206
- Dierick NA, Vervaeke IJ, Demeyer DI, Decuyper JA. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. Animal Feed Science and Technology. 1989; 23: 141-167.
- Donangelo CM, Trugo LC, Trugo NMF, Eggum BO. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. Food Chemistry. 1995; 53: 23-27.
- Dourmad JY, Etienne M, Noblet J. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation. Journal of Animal Science. 1996; 74: 2211-2219.
- Dourmad JY, Etienne M, Prunier A, Noblet J. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review . Livestock Production Science, 1994; 40: 87-97.
- Dourmad JY, Étienne M, Valancogne A, Dubois S, Van Milgen J, Noblet J. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. Animal Feed Science and Technology. 2008; 143 (1-4):372-386.
- Ebke M, Sundrum A. Problems and challenges with the certification of organic pigs. En: Hovi M, Sundrum A, Padel S. Organic livestock farming: potential and limitations of husbandry practice to secure animal health and welfare and food quality. Memorias de 2o SAFO Workshop. Witzenhausen, Alemania 25-27 Marzo 2004. Pag 193- 198. (Citado 25 de noviembre de 2009) <http://orprints.org/0003148/>
- Elferink SJWHO, Driehuis F, Gootschal JC, Spoelstra SF. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. En: Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Estudio FAO Producción y protección vegetal 161. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. 1-15 Septiembre

1999. <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s04.htm#bm04>. (Citado 26 de Septiembre 2009)

- Esbenshade KL, Britt JH, Armstrong VD, Stanislaw CM. Body condition of sows across parities and relationship to reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 1986; 62: 1187-1193.
- Espinoza-Villavicencio JL, Palacios-Espinosa A, Ávila-Serrano N, Guillén-Trujillo A, de Luna- de la Peña R, Ortega- Pérez R, Murillo- Amador B. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: Una revisión. *Interciencia*. 2007; 32 : 385-390.
- Everts H, Dekker RA. Effect of protein supply during pregnancy and lactation on body composition of sows during three reproductive cycles. *Livestock Production Science*. 1995; 43: 137-147.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. (citado diciembre 03 2008) <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Fengler AI, Aherne FX, Robblee AR. Influence of germination of cereals on viscosity of their aqueous extracts and nutritive value. *Animal Feed Science and technology*. 1990; 28: 243-253.
- Fernández-Carmona J, Cervera C, Martí J. Ensilado de subproductos. En Gómez-Barrera A, Guerrero-Ginel JE, Garrido-Varo A Editores. Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal. II. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Actas No 3:165-188.
- Ffoulkes DS, Espejo AND. The banana plant as cattle feed composition and biomass production. *Tropical Animal Production*. 1978; 3: 45-50.
- García-Pérez A. Manual de Técnicas de análisis: Laboratorio de Analisis Químicos de Alimentos. Documentos del Sistema de Gestión de la Calidad. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ-UNAM. México, D.F. Diciembre 2009. 89 pp.
- Ghaly AE, Kamal M, Mahmoud NS. Phytoremediation of aquaculture wastewater for water recycling and production of fish feed. *Environment International*. 2005; 31: 1-3.
- Ghavidel RA, Prakash J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability of some legume seeds. *LWT* 2007; 40: 1292-1299.
- Golda A, Szyniarowski P, Ostrowska K, Kozik A. Thiamine binding and metabolism in germinating seeds of selected cereals and legumes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2004; 42: 187-195
- Gómez MA, Schwentesius R, Meraz MR, Lobato A, Gómez L. Agricultura, apicultura y ganadería orgánicas de México. 1a edición. 2005. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (PIAI-CIESTAAM). México. 69 pp.
- Gulewicz P, Martínez-Villaluenga C, Frías J, Ciesiolka D, Gulewitz K, Vidal-Valverde C. Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. *Food chemistry* 2008 ;107: 830-844
- Gunaratne A, Hoover R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*. 2002; 49: 425-437.

- Gustafson GM, Stern S. Two strategies for meeting energy demands of growing pigs at pasture. *Livestock Production Science*. 2003; 80: 167-174.
- Guy JH, Edwards SA. Consequences for meat quality of producing pork under organic standards. *Pig News and Information*. 2002;23: 3: 75-80.
- Hallén E, Ibañoğlu Ş, Ainworth P. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour *Journal of food engineering*. 2004; 63: 177-184
- Hammell DL, Kratzer DD, Cromwell GL, Hays VW. Effect of protein malnutrition of the sow on reproductive performance and on postnatal learning and performance of the offspring. *Journal of Animal Science*. 1976; 43: 589-597.
- Hansen CF, Riis AL, Bresson S, Højbjerg O, Jensen BB. Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. *Livestock Science*. 2007; 108: 206-209.
- Hansen LL, Bejerholm C, Claudi-Magnussen C, Andersen HJ. Effect of feeding including roughage on pig performance, technological meat quality and the eating quality of pork. *Memorias de 13a International IFOAM Scientific Conference*. Basel, Suiza. 2000: 289-296.
- Hermansen JE, Larsen VA, Andersen BH. Development of organic pig production systems. Paper presented at *Perspectives in Pig Science*, (citado 20 enero 2009) 2002 1-16. <http://orgprints.org/00000197/>
- Hermansen JE. Organic livestock production systems and appropriate development in relation to public expectations. *Livestock Production Science*. 2003; 80: 3-15.
- Hersom AC, Hulland ED. *Conservas alimenticias*. Editorial Acribia 7ma edición, 1980, Zaragoza España 51-73.
- Honeyman MS. Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: current trends and effects on animal care and product quality. *Livestock Production Science*. 2005; 94: 15-24.
- Hovi M, Sundrum A, Thamsborg SM. Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: current state and future challenges. *Livestock Production Science*. 2003; 80: 41-53.
- IMSS. Dirección de prestaciones médicas, División Institucional de Cuadros Básicos de Insumos para la Salud. Cuadros básicos de alimentos. Instituto Mexicano del Seguro Social. México. (citado junio 1 2008) <http://www.imss.gob.mx/cuadrosbasicos/alimentos/>
- Iwasawa T, Young MG, Keegan TP, Tokach MD, Dritz SS, Goodband RD, DeRouchey JM and Nelssen JL. Comparison of hearth girth or flank-toflank measurements for predicting sow weight. *Swine Day 2004*. Proceedings. Kansas State University. 17–22
- Ji F, Wu G, Blanton JR, Kim W. Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications. *Journal of Animal Science*. 2005; 83: 366-375.
- JMP (2000) SAS/STAT User Guide 4th ed. Sas Int. Inc. Cary NC, USA
- Kadlec P, Dostálová J, Houška M, Strohalm J, Culková J, Hinková A, Štarhová H. High pressure treatment of germinated chickpea *Cicer arietinum* L. seeds. *Journal of Food Engineering*. 2006a; 77: 445-448.
- Kadlec P, Dostálová J, Houška, Strohalm J, Zdeněk B. Evaluation of α -galactosides decrease during storage of germinated pea seeds treated by high pressure. *Journal of Food Engineering*. 2006b; 77: 364-367.

- Kelly HRC, Browning HM, Martins AP, Pearce GP, Stopes C, Edwards SA. Breeding and feeding pigs for organic production. The 3th NAHWOA Workshop Breeding and feeding for animal health and welfare in organic livestock systems; 2001 March 24-27; Wageningen Netherlands, (citado septiembre 9 2008) Available from: URL <http://www.veeru.reading.ac.uk/organic/FINALProceedingsEdited.pdf>
- Khalil AH, Mansour EH. The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. *Food Chemistry*. 1995; 54: 177-182.
- Khattak AB, Zeb A, Bibi N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in-vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer aritinum* L) sprouts. *Food Chemistry*. 2008; 4: 797-801.
- Khattak AB, Zeb A, Khan M, Bibi N, Ihsanullah, Khattak MS. Influence of germination techniques on sprout yield, biosynthesis of ascorbic acid and cooking ability, in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chemistry*. 2007; 103: 115-120.
- Klont RE, Hulsegge B, Hoving-Bolink AH, Gerritzen MA, Kurt E, Winkelman-Geodhart HA, de Jong IC, Kranen RW. Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing condition. *Journal of Animal Science*. 2001; 79: 2835-2843.
- KRAV. 2008. Standards. Uppsala, (Suecia) (citado marzo 14 2009) <http://www.krav.se/arkiv/PDF2008/standards2008.pdf>
- Kuehl RO. Diseño de experimentos. Thomsom Learning México. Segunda edición. México D.F. 2001. pp 492-519.
- Kumar KG, Venkataraman LV. Chickpea seed proteins: modification during germination. *Phytochemistry*, 1978; 17: 605-609
- Kumaraguru Vasagam KP, Balasubramanian T, Venkatesan R. Apparent digestibility of differently processed grain legumes, cow pea and mung bean in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius and associated histological anomalies in hepatopancreas and midgut. *Animal Feed Science and Technology*. 2007; 132: 250-266.
- Kumm K. Sustainability of organic meat production under Swedish conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2002; 88: 95-101.
- Kuo YH, Rozan P, Lambein F, Frias J, Vidal-Valverde C. Effects of different germination conditions on the content of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food chemistry* 2004; 86: 537-545.
- Kyarisiima CC, Okot MW, Svihus B. Use of wood ash extract and germination to improve the feeding value of Ugandan Sekedo sorghum (*sorghum bicolor*) for broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*. 2005; 120: 67-77.
- Lauristen HB, Soerensen GS, Larsen VA. Organic Pig Production in Denmark, En: Hermansen JE, Lund V y Thuen E. Ecological animal husbandry in the nordic countries. *Memorias de, NJF-seminar No. 303*. Horsens, Dinamarca. 16-17 Septiembre 1999. Danish Research Centre for Organic Farming. 113-118. (Citado 25 de noviembre de 2009) http://orgprints.org/3057/1/dar_2.pdf
- Le Dividich J, Seve B, Geoffroy F. Préparation et utilisation de l'ensilage de banana en l'alimentation animale. I. Technologie de l'ensilage, composition chimique et bilans de matières nutritive. *Annales de Zootechnie*. 1976; 25: 313-323.
- Libal GW. Feeding sows to maximize reproductive and lactation capabilities. En *Swine Nutrition*. Miller ER, Ullrey DE, Lewis AJ Editores. Butterworth-Heinemann, EUA, 1991. 527-553

- Linneen SK, Benz JM, Dritz SS, DeRouchey JM, Goodband RD, Tokach MD. A Review of oxytocin use for sows and gilts. Swine Day 2005. Proceedings. Kansas State University. 1-3.
- Livingstone RM, Baird BA, Atkinson T, Crofts RMJ. The effect of different patterns of thermal processing of potatoes on their digestibility by growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 1979; 4: 295-306.
- LocalHarvest. Heritage Pork. Local Harvest Heritage Meats. (Citado 26 octubre 2009) 2006. <http://www.localharvest.org/features/heritage-pork.jsp>
- López ACR, Ralda MGA. El uso de la cáscara de banana maduro como insumo para la alimentación de ganado bovino. (tesis de licenciatura). Costa Rica, Guácimo. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). 1999. 87 pp.
- Ly J, Bananas y plátanos para alimentar cerdos: Aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 2004; 11: 5-24.
- Madamba LSP, Baes AU, Mendoza Jr. Effect of maturity on some biochemical changes during ripening of banana (*Musa sapientum* L c. v. Lakatan). *Food Chemistry*, 1977; 2: 177-183.
- Maes DGD, Janssens GPJ, Delpitte P, Lammertyn A, de Kruif A. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. *Livestock Production Science*. 2004; 91: 57-67.
- McDonald, P., Edwards, S.A., Grenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. *Animal nutrition*. Longman Ed. Edinburg. Reino Unido, 1995. 479 pp.
- McPherson RL, Ji F, Wu G., Blanton JR, Kim W. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. *Journal of Animal Science*. 2004; 82: 2534-2540.
- Menoli AV, Beleia A. Starch and pectin solubilization and texture modification during pre-cooking and cooking of cassava root (*Manihot esculenta* Crantz). *LWT*. 2007; 40: 744-747.
- Millet S, Ongena E, Hesta M, Seynaeve M, De Smet S, Janssens GPJ. The feeding of ad libitum dietary protein to organic growing-finishing pigs. *The Veterinary Journal*. 2006; 171: 483-490.
- Molina M, Lechuga OR, Bressani R. Valor nutritivo de la pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger* en pollos y cerdos. *Agronomía Mesoamericana*. 1990; 1: 79-82.
- Moneim A, El Khalifa O, El Tinay AH. Effect of fermentation and germination on the *in vitro* protein digestibility of low and high tannin cultivars of sorghum. *Food Chemistry*. 1995; 54: 147-150.
- Morales de LJ, Babinsky V, Bourges RH, Camacho P ME. Composición de alimentos mexicanos. CD multimedia interactivo. Instituto Nacional de Ciencias Médica y Nutrición Salvador Zubirán. 2007
- Mostafa MM, Rahma EH. Chemical and nutrition changes in soybean during germination. *Food Chemistry*. 1987; 23 : 257-275.
- Moueium AZS El Tinay A, Abdalla AWH. Effect of germination on protein fractions of corn cultivars. *Food chemistry* 1996; 57: 381-384.
- Mowat D, Watson CA, Mayes RW, Kelly H, Browning H, Edwards SA. Herbage intake of growing pigs in an outdoor organic production system. *Memorias del British society of*

Animal Science Annual Meeting, York RU. 2001 (Citado 25 de noviembre de 2009)
<http://www.bsas.org.uk/downloads/annlproc/Pdf2001/169.pdf>

- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*. 1999; 52: 123-153.
- Nikolić JA, Jovanović M. Some properties of apple pomace ensiled with and without additives. *Animal Feed Science and Technology*, 1986; 15: 57-67.
- Noblet J, Dourmad JY, Etienne M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science*. 1990; 68: 562-572.
- Noblet J, Le Gooff. Effect of dietary fiber on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2001; 90: 35-52.
- Noblet J, Shi XS, Dubois S. Energy cost of standing activity in sows. *Livestock Production Science*. 1993; 34: 127-137.
- Noblet J, Shi XS. Comparative digestibility of energy and nutrients in growing pigs fed ad libitum and adult sows at maintenance. *Livestock Production Science*. 1993; 34: 137-152.
- Noda T, Takigawa S, Matsuura-Endo C, Suzuki T, Hashimoto N, Kottearachchi NS, Yamauchi H, Zaidul. Factors affecting the digestibility of raw and gelatinized potato starches. *Food Chemistry*. 2008; 110: 465-470.
- NRC 1982. United States-Canadian tables of feed composition: nutritional data for United States and Canadian Feeds. National Research Council. 3rd Rev. Edition. USA.
- NRC 1998. Nutrients Requirements for Swine. National Research Council. 10th Rev. Edition. USA.
- O'Connell MK, Lynch PB, Bertholot S, Verlait F, Lawlor PG. Measuring changes in physical size and predicting weight of sows during gestation. *Animal*. 2007; 1:9: 1335-1343.
- O'Dowd S, Hoste S, Mercer JT, Fowler VR, Edwards SA. Nutritional modification of body composition and the consequences for reproductive performance and longevity in genetically lean sows. *Livestock Production Science*. 1997; 52: 155-165.
- Okine A, Hanada M, Aididula Y, Okamoto M. Ensiling of potato pulp with or without bacterial inoculants and its effect on fermentation quality, nutrient composition and nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*. 2005; 121: 329-343
- Olivas FS, Viteri JS, Heivas EM. La harina de banano verde con cáscara en crecimiento y acabado de cerdos en confinamiento. ALPA. Memorias NIAP, Quito, Ecuador. 1974: 2-9
- Papadopoulos M. Effect of Processing on High-Protein Feedstuffs: A Review. *Biological Wastes*. 1989; 29 (2): 123-138.
- Pariera DCL, Peterson RKD, Gibson JE, Hu Q, Weaver DK. Glycoalkaloid responses of potato to Colorado potato beetle defoliation. *Food and Chemical Toxicology*. 2008; 46: 2832-2836.
- Pastuszewska B, Tuśnio A, Taciak M, Mazurczyk W. Variability in the composition of potato protein concentrate produced in different starch factories- A preliminary survey. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 154: 260-264.
- Patience JF. Meeting the energy and protein requirements of the high producing sow. *Animal Feed Science Technology*. 1996; 58: 49-64.
- Peer DJ, Leeson S. Feeding value of hydroponically sprouted barley for poultry and pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 1985b; 13: 183-190

- Peer DJ, Leeson S. Nutrient and trypsin inhibitor content of hydroponically sprouted soya beans. *Animal Feed Science and Technology*. 1985a; 203: 203-214
- Pettigrew JE, Yang H. Protein nutrition of gestating sows. *Journal of Animal Science*. 1997; 75: 2723-2730.
- Pieltain MC, Castañón JIR, Ventura MR, Flores MP. Nutritive value of banana (*Musa acuminata* L.) fruits for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 1998; 73: 187-191.
- Pijoan AC. "La porcicultura: una industria bajo ataque", Actualidades en la producción porcina y en el diagnóstico de enfermedades, 1999 marzo 26-27, México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 1999: 19-23.
- Presto MH, Algers B, Persson E, Andersson KH. Different roughages to organic growing/finishing pigs – influence on activity behavior and social interactions. *Livestock Science*. 2009; 123: 55-62.
- Pujola M, Farreras A, Casañas F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Food Chemistry* 2007; 102: 1034-1041
- Rahmann G, Böhm H. Organic fodder production in intensive organic livestock production in Europe: Recent scientific findings and the Impact on the development of organic farming. En integrating livestock-crop systems to meet the challenges of globalization. *Memorias del AHAT/BSAS International Conference, Noviembre 14-18 (2005) en Khon Kaen, Tailandia.* (Citado 25 de noviembre de 2009) http://orgprints.org/8737/1/122_BSAS-Thailand_invited_paper_DF_HB.pdf
- Ramonet Y, Meunier-Salaun MC, Dourmad JY. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. *Journal of Animal Science*. 1999; 77:591-599.
- Rauw WM, Kanis E, Noordhuizen-Stassen EN, Grommers FJ. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science*. 1998; 56: 15-33.
- Rehman Z, Shah WH. Thermal Heat Processing Effects on Antinutrients, Protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry* 2005; 91: 327-331
- Revell DK, Williams IH, Mullan BP, Ranford JL, Smits RJ. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: II. Milk composition, milk yield, and pig growth. *Journal of Animal Science*. 1998; 76: 1738-1743.
- Rodríguez C, Frías J, Vidal-Valverde C, Hernandez A. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine and ornithine contents during the germination of peas, beans and lentils. *Food chemistry*, 2008 ;108: 245-252.
- Rodríguez-Estévez V. Garrido GD, Caballero LI, García MA, García RC, Mata MC. Porcino ecológico. Monografía Numero 89. Capítulo tercero. España. Septiembre 2005. 16 pp.
- Rooney LW, Pflugfelder RL. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*. 1986; 63: 1607-1623.
- Rosas-Hernández RMA, Valdéz-Mendoza A. Evaluación del contenido de ácidos grasos volátiles en ensilados por cromatografía de gases. (tesis de licenciatura). México, D. F. Universidad Autónoma Metropolitana. 1987. 27 pp.
- Rose SP, Anderson DM, White MB. The growth of pigs from 6 to 10 kg when fed fish silages that were preserved either by formic acid or by fermentation. *Animal Feed Science and Technology*. 1994; 49: 163-169.

- Roth FX. Los ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. XVI Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2000. Barcelona, España. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP9.pdf> (citado el 11-08-09).
- Ruiz FJF. Curso-Taller del ABC de la agricultura orgánica: Memorias de la ponencia para el curso: El ABC de la agricultura orgánica; 2001 marzo 29-31; Chapingo (Estado de México) México: Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica, A. C. Centro Regional Universitario del Anáhuac. Programa de Agricultura Orgánica. UACH. 2001.133 pp.
- Salak-Johnson JL, Niekamp SR, Rodríguez-Zas SL, Ellis M, Curtis SE. Space allowance for dry, pregnant sows in pens: Body condition, skin lesions and performance. *Journal of Animal Science*. 2007; 87: 1758-1769.
- Sandøe P, Christiansen SB, Appleby MC. Farm animal welfare: The interaction of ethical questions and animal welfare science. *Animal Welfare*. 2003; 12: 469-478.
- Sangronis E, Machado CJ. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT* 2007; 40: 116-120.
- Sanni AI, Onilude AA, Ibidapo OT. Biochemical composition of infant weaning food fabricated from fermented blends of cereal and soybean. *Food Chemistry*. 1999; 65: 35-39.
- Schneider JD, Tokach MD, Dritz SS, Goodband RD, Nelssen JL, DeRouchey JM. Investigation into the effects of feeding schedule on body condition, aggressiveness, and reproductive failure in group housed sows. Swine Day 2006. Proceedings. Kansas State University. 24-33.
- Scipioni R, Martelli G. Consequences of the use of ensiled sugar beet-pulp in the diet of heavy pigs on performances, carcass characteristics and nitrogen balance: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 2001; 90: 81-91.
- Serena A, Hedemann MS, Bach Knudsen KE. Feeding high fiber diets changes luminal environment and morphology in the intestine of sows. *Livestock Science*. 2007a; 109: 115–117.
- Serena A, Jørgensen H, Bach Knudsen KE. The absorption of lactic acid is more synchronized with the absorption of glucose than with the absorption of short-chain fatty acids- A study with sows fed diets varying in dietary fiber. *Livestock Science*. 2007b; 109: 118-121.
- Shekib LA. In vitro digestibility and microscopic appearance of germinated legume starches and their effect on dietary protein utilization. *Food Chemistry*. 1994; 50: 59-62.
- Smith SB, Lin KC, Wilson JJ, Lunt DK, Cross HR. Starvation depresses acylglycerol biosynthesis in bovine subcutaneous but not intramuscular adipose tissue homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1998; 120: 165-174.
- Spooler HAM, Geudeke MJ, Van der Peet-Schwering CMC, Soede NM. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. *Livestock Science*. 2009; 125: 1-14.
- Srichuwong S, Sunarti TC, Mishima T, Isono N, Hsamatsu M. Starches from different botanical sources I. Contribution of amylopectin fin structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydrate Polymers*, 2005,60: 529-538
- Sripriya G, Antony U, Chandra TS. Changes in carbohydrate, free amino acids, organic acids, phytate and HCl extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (*Eleusine coracana*). *Food Chemistry*.1997; 58: 345-350.

- Stein HH. Comparative amino acid digestibilities in growing pigs and sows. (Tesis, PhD) University of Illinois, Urbana, EUA. 1998. 137 pp.
- Steinkraus K, Fermented foods, feeds and beverages. *Biotechnological Advances*. 1983; 1: 31-46.
- Sundrum A, Bütfering L, Henning M, Hoopenbrock KH. Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality. *Journal of Animal Science*. 2000; 78: 1199-1205.
- Sundrum A. Managing aminoacids in organic pig diets. The 4th NAHWOA Workshop Breeding and feeding for animal health and welfare in organic livestock systems; March 24-27; 2001 Wageningen Netherlands, (citado 9 septiembre 2008) Available from URL <http://www.veeru.reading.ac.uk/organic/FINALProceedingsEdited.pdf>
- Swenson MJ, Reece WO. *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. 5ª ed. UTEHA, Noriega Editores. México (DF) 1999, 516 pp.
- Thu Hong TT, Lindberg JE, Effect of cooking and fermentation of a pig diet on gut environment and digestibility in growing pigs. *Livestock Science*. 2007; 109: 135-137
- Tinoco JLL. *La porcicultura mexicana y el TLCAN*. Colección posgrado UNAM Dirección General de Estudios de Posgrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1ª edición. México (DF) 2004. 218 pp.
- Trujillo OME, Mota RD. Evaluación del beneficio por el uso de hormonales en la cerda. *Memorias del XLIV Congreso Nacional de AMVEC, A.C., Puerto Vallarta, México*. 22-25 de Julio 2009. Pags.113-125.
- Trust CIWF. Organic pig production system, Farma Sasov, Jihlava, Czech Republic. (Citado octubre 10 2009).2006a http://www.ciwf.org.uk/publications/GAP/GAP_case_studies_Czech_1.pdf
- Trust CIWF. Organic traditional breed system, Nyírbogdány. Hungary. (Citado octubre 10 de 2009).2006b http://www.ciwf.org.uk/publications/GAP/GAP_case_studies_Hungary_2.pdf
- Uriyo M. Changes in enzyme activities during germination of cowpeas (*Vigna unguiculata*, cv. California blackeye). *Food Chemistry*. 2001; 73: 7-10.
- Verstegen MWA, Curtis SE. Energetics of sows and gilts in gestation crates in the cold. *Journal of Animal Science*. 1988; 66: 2865-2875.
- Verstegen MWA, den Hartog LA. Nutrition of sows in relation to environment. *Pig News and Information* 1989; 10: 341-344.
- Vidal L. *Botánica*. Editorial Stella. Quinta Edición. Argentina (Buenos Aires) 1984. 411 pp
- Viswanathan K, Kadirvel R, Chandrasekaran D. Nutritive value of banana stalk (*Musa cavendishi*) as feed for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 1989; 22: 327-332.
- Walker B, Young BA. Modelling the development of uterine components and sow body composition in response to nutrient intake during pregnancy. *Livestock Production Science*. 1992; 30: 251-264.
- Whittemore CT, Schofield CP. A case for size and shape scaling for understanding nutrient use in breeding sows and growing pigs. *Livestock Production Science*. 2000; 65: 203-208.
- Whittemore CT. The potato (*Solanum tuberosum*) as a source of nutrients for pigs, calves and fowl – a review. *Animal Feed Science and Technology*. 1977; 2: 171-190.

- Williams IH, Close WH, Cole DJA. Strategies for sow nutrition: prediction the response of pregnant animals to protein and energy intake. En Cole DJA, Haresing W, Garnsworthy PC (Editores) Recent Developments in Pig Nutrition, Nottingham University Press, Loughborough. 1993: 317-331.
- Woolford M, ¿Qué pasa durante el ensilado? ¿Es necesario? ¿Puede ser modificado para controlar los efluentes y hacerlo más adecuado para la fermentación ruminal? en Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal, Volumen III, Alltech de México, México D. F. 1992: 97-118
- Woolford M, La fermentación de ensilado y su control, en Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal, Volumen VI, Alltech de México, México D. F. 1998: 207-224
- Yang SY, Ji KS, Baik YH, KWAK WS, Mc Caskey TA. Lactic acid fermentation of food waste for swine feed. Bioresource Technology, 2006; 97: 1858–1864
- Young MG, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Drit SS, Goodband RD, Nelssen JL. Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. Journal of Animal Science. 2005; 83: 255-261
- Young MG, Tokach MD, Goodband R, Nelssen JL, Dritz SS. The relationship between body condition score and backfat in gestating sows. Swine Day 2001. Proceedings. Kansas State University. 5-9.
- Yousif NE, El Tinay A. Effect of fermentation on protein fractions and in vitro protein digestibility. Food Chemistry, 2000; 70: 181-184
- Zaragoza AC. Producción de carne de cerdo en base a plátano y melaza a diferentes grados Brix. (tesis de licenciatura). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1982. 32 pp.
- Zollitsch W, et al. Feeding for Health and Welfare: the Challenge of Formulating Well-balanced Rations in Organic Livestock Production. En Vaarst M. Animal Health and Welfare in Organic Agriculture. CABI Publishing. 1ra Edición. Wallingford. Reino Unido. 2004: 329-349.