



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA**  
**PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y DEL**  
**BIENESTAR DE CERDOS ENGORDADOS EN UN SISTEMA**  
**DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO Y EN UN SISTEMA**  
**CONVENCIONAL**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS**

**P R E S E N T A**

**FERNANDO RAMÍREZ CASTRO**

**TUTOR:**

**Roberto Gustavo Martínez Gamba**

**COMITÉ TUTORAL:**

**María de Lourdes Alonso Spilsbury**  
**Marco Antonio Herradora Lozano**

**Ciudad Universitaria**

**México D.F.**

**2011**



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.

## DEDICATORIA

Dios gracias por brindarme esta oportunidad y por darme la capacidad de vivirla. Bendice a todos aquellos que me apoyaron y en especial a los que dificultaron ésta etapa de mi vida; te agradezco todas las lecciones valiosas que me mostraste a través de ellos.

A Rose y Fiero quienes con su continuo apoyo, evidencian el privilegio de tenerlos en mi vida como padres. Ustedes han sido en cada momento de mi vida un ejemplo a seguir, los amo.

Janice, tu siempre me has inspirado para ir por el camino correcto, incluso hay veces que siento que te detienes por mí, para continuar enseñándome las virtudes de la vida, así que... Janice quiero ir más lejos sigue adelante.

Jimena tu viviste cerca de mí en la etapa crítica del posgrado, y fuiste una de las causas por las que no abandoné el proyecto. Significas mucho en mi vida, que esto solo sea un escalón más en nuestras vidas.

A mis familiares; en especial a mis primos y sobrinos, quienes son causa de felicidad al ver los avances que estamos logrando, continuemos así y no olvidemos de dónde venimos.

A Shensi † 1996-2011.

## AGRADECIMIENTOS

En especial a mi tutor Roberto Gustavo Martínez Gamba, quien me brindo su paciencia y apoyo no solo en mis estudios de posgrado, sino durante toda la carrera. “Doctor Gamba” eres un gran amigo gracias.

A los miembros del comité tutorial, la doctora Marylu Alonso y el doctor Marco Herradora, quienes me manifestaron su amistad, confianza y sobretodo apoyo, compartiendo sus experiencias profesionales. Sus aportes a este médico veterinario han sido de gran valor.

A mi grandiosa Universidad por todas las oportunidades que me ha dado.

A los académicos del posgrado en la FMVZ, por enseñar sin miedo y con enorme calidad, en especial a las doctoras Lucia Eliena Rangel Porta y Adriana Ducoing Watty, así como a los Doctores Germán Borbolla, Alberto Tejeda y el ingeniero José Luis Pablos Hach personas de valor por su gran entusiasmo en la enseñanza.

A mis compañeros del CEIEPP: Francisco Ruíz López, por sus consejos y convivencias; a Marisol Esquivel Tapia por sus enseñanzas, apoyo incondicional y esfuerzos durante la lactancia y primer etapa de la engorda orgánica; a Rosalina y Jimena García Asiain por su gentileza al compartir sus alimentos; a Bonfilio Bautista “Bonrevo” que dedicó parte de su estancia apoyando y convirtiéndose en “orgánico”, y amigo.

Al doctor Alejandro del CEIEPP, a Don Mateo con quien prepare 7 toneladas de alimento y a Don Alex y Don Piri por el apoyo en corrales, así como a todos los trabajadores del CEIEPP quienes me brindaron su amistad y trabajo.

A mi gran amigo y “guardaespaldas” Julio Cesar Guzmán García por su apoyo en las visitas a la central de abastos entre otras cuestiones técnicas.

A la MVZ Janice Ramírez Castro por el apoyo bajo “supervisión” en el CEIEPP, fue crucial que estuvieras ahí gracias.

A Luis Guillermo y Arturo, quienes por parte de la Dra. Marylu y de la UAM-X, se volvieron “orgánicos” apoyando en las observaciones finales del bienestar animal.

Al Doctor Rodarte, quien me presentó a la Doctora Rosario Jiménez Badillo y al Doctor Sergio Soto Simental, para realizar parte del proyecto en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en donde conocí un excelente equipo de trabajo, quienes me recibieron gustosamente.

A mi honorable jurado, conformado por: Dra. Adelfa del Carmen García Contreras, Dr. Francisco Galindo Maldonado, Dr. Gerardo Mariscal Landín, M.C. Francisco Castrejón Pineda y M.C. Roberto Gustavo Martínez Gamba, por sus comentarios y consejos en este trabajo.

Este proyecto de posgrado fue financiado por:

Proyecto PAPIIT No. IN202108.

Beca de posgrado CONACYT.

Autorizado por CICUAE (FMVZ-UNAM).

## RESUMEN

En México se desconoce el desempeño productivo de los sistemas de producción orgánicos; se evaluaron variables de producción, bienestar animal y composición de la carne de 64 cerdos engordados durante 17 semanas bajo dos sistemas productivos (orgánico y convencional), así mismo se obtuvo el costo de producción del sistema orgánico. Con una dieta experimental, se dividieron los cerdos en cuatro grupos por tipo de alojamiento y dieta (orgánico y convencional); el trabajo duró hasta las 23 semanas de vida. Se alcanzaron pesos vivos de  $100.3 \pm 2.1$  Kg en alojamientos orgánicos (AO), vs  $102.4 \pm 2.3$  Kg en alojamientos convencionales (AC), y pesos de  $102.0 \pm 2.4$  Kg con dieta orgánica (DO), vs  $100.7 \pm 2.1$  Kg con dieta convencional (DC;  $P > 0.05$ ); la ganancia diaria de peso fue de  $0.762 \pm 0.02$  Kg en AO vs  $0.797 \pm 0.02$  Kg en AC, y de  $0.778 \pm 0.02$  Kg con DO vs  $0.781 \pm 0.02$  Kg con DC ( $P > 0.05$ ); la conversión alimenticia fue  $2.59 \pm 0.05$  en AO vs  $2.45 \pm 0.05$  en AC y de  $2.49 \pm 0.05$  con DO vs  $2.55 \pm 0.05$  con DC ( $P > 0.05$ ); grasa dorsal (GD), fue de  $14.0 \pm 0.7$  mm en AO vs  $14.7 \pm 0.7$  mm en AC ( $P > 0.05$ ), mayor ( $P < 0.05$ ), GD con DO que con DC  $17.8 \pm 0.9$  vs  $13.2 \pm 0.9$  mm respectivamente. La tasa de mortalidad fue 0.0% en AO vs 9.38% en AC; en AO se observó mayor expresión de comportamientos naturales y mayor humedad que en el AC (18.9% vs 9.4% de humedad); no se observaron diferencias por lesiones tegumentarias ( $P > 0.05$ ); la suciedad corporal fue mayor ( $P < 0.05$ ), en AO para las regiones craneal, torácica y de los miembros pélvicos y torácicos, y mayor en los AC en la región caudal. El peso de la canal fue de  $77.6 \pm 0.5$  Kg en AO vs  $77.0 \pm 0.5$  Kg en AC y de  $77.1 \pm 0.6$  Kg con DO vs  $77.5 \text{ Kg} \pm 0.6 \text{ Kg}$  con DC ( $P > 0.05$ ); el rendimiento de canal fue de  $77.1 \pm 0.5\%$  en AO vs  $76.5\% \pm 0.5$  en AC y de  $76.6 \pm 0.5\%$  con DO vs  $77 \pm 0.5\%$  con DC ( $P > 0.05$ ), no hubo diferencias en la alometría de brazuelo. En la composición química se observó mayor ( $P < 0.05$ ), cantidad de nitrógeno en AO que en AC,  $36.3 \pm 1.1\%$  vs  $33 \pm 1.1\%$ , y más en DC que en DO  $37.7 \pm 1.1\%$  vs  $31.6 \pm 1.1\%$ . El costo por Kg de cerdo orgánico producido fue de \$36.31 pesos. La engorda en condiciones orgánicas mostró tener desempeño productivo similar al del sistema intensivo convencional, con un superior bienestar animal.

Palabras clave: engorda de cerdos, alojamientos alternativos, alimentación alternativa, bienestar animal, producción orgánica.

## ABSTRACT

In Mexico the productive performance in organic production systems is scarce; an evaluation was performed on the productive, animal welfare and meat composition variables of sixty four fattening pigs under two production systems (organic and conventional), likewise the production costs of the organic system was taken. With an experimental diet, pigs were divided into four groups by type of accommodation and diet (organic and conventional), the fattening lasted until 23 weeks of live. The weight reached was  $100.3\pm 2.1$  Kg in organic pens (AO), vs.  $102.4\pm 2.3$  Kg in conventional pens (AC), and  $102.0\pm 2.4$  Kg weight by organic diet (DO), vs.  $100.7\pm 2.1$  Kg by conventional diet (DC,  $P>0.05$ ); daily gain was  $0.762\pm 0.02$  Kg in AO vs.  $0.797\pm 0.02$  Kg in AC, and  $0.778\pm 0.02$  Kg with DO vs.  $0.781\pm 0.02$  Kg with DC ( $P>0.05$ ); the feed conversion ratio was  $2.59\pm 0.05$  in AO vs.  $2.45\pm 0.05$  in AC, and  $2.49\pm 0.05$  with DO vs.  $2.55\pm 0.05$  with DC ( $P>0.05$ ); back fat (GD), of  $14.0\pm 0.7$  mm in AO vs.  $14.7\pm 0.7$  mm in AC ( $P>0.05$ ), and higher GD ( $P<0.05$ ), in DO than DC  $17.8\pm 0.9$  vs.  $13.2\pm 0.9$  mm. The mortality rate was 0.0% in AO vs. 9.38% in AC; AO showed the highest expression of natural behaviors, and highest moisture than AC (18.9% vs. 9.4% of moisture); there were no differences in skin injuries, the dirt on the pig was greater ( $P<0.05$ ), in AO by the skull, thoracic regions and also on the legs, and higher in AC on the caudal region. The carcass weight was  $77.6\pm 0.5$  Kg in AO vs.  $77.0\pm 0.5$  Kg in AC and  $77.1\pm 0.6$  Kg with DO vs.  $77.5\pm 0.6$  Kg with DC ( $P>0.05$ ); the carcass performance was  $77.1\pm 0.5\%$  in AO vs.  $76.5\pm 0.5\%$  in AC and  $76.6\pm 0.5\%$  with DO vs.  $77\pm 0.5\%$  with DC ( $P>0.05$ ); no differences were shown in the allometry of the shank; in the chemical composition there was more nitrogen ( $P<0.05$ ), in AO vs. AC,  $36.3\pm 1.1\%$  vs.  $33\pm 1.1\%$ , and more in DC than in the DO,  $37.7\pm 1.1\%$  vs.  $31.6\pm 1.1\%$ . The cost of organic pork per Kg produced was \$36.31 pesos. Fattening pigs in organic conditions was shown to have similar productive performance than conventional, with a superior animal welfare.

Keywords: fattening pigs, alternative housing, alternative alimentation, animal welfare, organic production.

# CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
CONTENIDO.....	VII
LISTA DE CUADROS .....	XI
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE ANEXOS .....	XII
LISTA DE APÉNDICES .....	XII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Producción orgánica .....	3
2.1.1 Importancia económica .....	4
2.1.2 Condiciones de los sistemas orgánicos .....	5
2.1.3 Bienestar animal en sistemas orgánicos.....	6
2.1.4 Parámetros estimados en la engorda de cerdos orgánicos. ....	8
2.2 Alimentación no convencional de los cerdos.....	9
2.2.1 Plátano para la alimentación de cerdos .....	11
2.2.2 Ensilado de plátano-sorgo.....	11
2.3 Alojamientos no convencionales de los cerdos.....	12
2.4 Justificación.....	13
2.5 Objetivos .....	14
2.5.1 Objetivo general .....	14
2.5.2 Objetivos específicos .....	14
2.4 Hipótesis .....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1 Localización .....	16
3.2 Animales experimentales .....	16



3.2.1 Tratamientos .....	17
3.3 Alojamiento .....	17
3.3.1 Alojamiento orgánico.....	17
3.3.2 Alojamiento convencional.....	18
3.4 Alimentación.....	18
3.4.1 Entrenamiento de los cerdos para su alimentación en AO.....	19
3.4.2 Dieta orgánica .....	19
3.4.2.1 Insumos de la dieta orgánica .....	19
3.4.2.2 Ensilado de plátano y sorgo .....	20
3.4.3 Dieta convencional .....	20
3.5 Manejo .....	21
3.5.1 Pesaje e identificación.....	21
3.5.2 Medición de la grasa dorsal .....	22
3.6 Mediciones del bienestar animal .....	22
3.6.1 Observaciones de la conducta .....	22
3.6.2 Observaciones de la suciedad de los alojamientos.....	22
3.6.3 Observaciones de la suciedad de los animales .....	23
3.6.4 Evaluación tegumentaria.....	23
3.6.5 Evaluación locomotora.....	23
3.7 Mediciones de la canal y aporte nutricional de la carne.....	24
3.7.1 Sacrificio de los cerdos .....	24
3.7.2 Aporte nutricional de la carne de cerdo.....	24
3.7.2.1 Alometría.....	25
3.7.2.2 Determinación de humedad .....	25
3.7.2.3 Determinación de cenizas .....	26
3.7.2.4 Determinación de nitrógeno .....	27
3.7.2.5 Determinación de grasa .....	28
3.8 Registro del clima.....	29
3.9 Estimación del costo de producción de cerdos orgánicos.....	29
3.10 Análisis estadístico.....	30

3.10.1 Modelo Factorial por bloqueo para las variables productivas de la engorda y del aporte nutricional de la carne .....	31
3.10.2 Modelo de correlación simple para la variable de GDP y el clima.....	32
3.10.3 Análisis de las variables del bienestar animal .....	32
3.10.4 Modelo Factorial por bloqueo y una covariable para las variables de canal .	33
4. RESULTADOS.....	35
4.1 Alimentación alternativa .....	35
4.2 Resultados generales de la engorda.....	36
4.2.1 Pesajes .....	36
4.2.2 Ganancia diaria de peso .....	37
4.2.3 Conversión alimenticia .....	39
4.2.4 Grosor de grasa dorsal.....	39
4.2.5 Tasa de mortalidad .....	40
4.3 Resultados del bienestar animal .....	41
4.3.1 Resultados observaciones de conducta.....	41
4.3.2 Evaluación de la suciedad de los alojamientos .....	41
4.3.3 Evaluación tegumentaria, locomotora y de suciedad en cerdos. ....	43
4.4 Resultados de la canal y aporte nutricional de la carne .....	44
4.4.1 Alometría.....	45
4.4.2 Análisis físico-químico.....	46
4.5 Costos de producción de cerdos orgánicos .....	46
5. DISCUSIÓN .....	49
5.1 Alojamientos.....	49
5.2 Alimentación alternativa .....	50
5.3 Pesajes .....	51
5.4 Ganancia diaria de peso .....	52
5.5 Conversión alimenticia .....	54
5.6 Grosor de grasa dorsal.....	55
5.7 Tasa de mortalidad .....	55
5.8 Bienestar animal .....	56

5.9 Resultados de la canal y aporte nutricional de la carne .....	60
5.10 Costos de producción de cerdos orgánicos .....	63
6. CONCLUSIONES .....	65
7. REFERENCIAS.....	67
8. ANEXOS .....	77
9. APÉNDICES .....	82

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variables a evaluar de la engorda orgánica y convencional.....	30
Cuadro 2. Porcentaje de inclusión por fase alimenticia, dieta orgánica .....	35
Cuadro 3. Aporte nutricional estimado, dieta orgánica.....	35
Cuadro 4. Análisis químico proximal, dieta orgánica.....	36
Cuadro 5. Pesajes por tipo de alojamiento .....	37
Cuadro 6. Pesajes por tipo de dieta .....	37
Cuadro 7. Ganancia diaria de peso por tipo de alojamiento .....	38
Cuadro 8. Ganancia diaria de peso por tipo de dieta .....	38
Cuadro 9. Conversión alimenticia por tipo de alojamiento .....	39
Cuadro 10. Conversión alimenticia por tipo de dieta.....	40
Cuadro 11. Porcentajes de las áreas húmedas en alojamientos .....	42
Cuadro 12. Porcentaje del uso del área en alojamiento orgánico .....	42
Cuadro 13. Porcentajes de las evaluaciones de suciedad en el cerdo .....	44
Cuadro 14. Variables del sacrificio por tipo de alojamiento.....	44
Cuadro 15. Variables del sacrificio por tipo de dieta .....	45
Cuadro 16. Pesajes de órganos <i>post mortem</i> y alometría por tipo de alojamiento ....	45
Cuadro 17. Pesajes de órganos <i>post mortem</i> y alometría por tipo de dieta.....	46
Cuadro 18. Análisis físico-químico de la carne de cerdo por tipo de alojamiento .....	47
Cuadro 19. Análisis físico-químico de la carne de cerdo por tipo de dieta.....	47
Cuadro 20. Costos incurridos por la engorda de cerdos orgánicos.....	47
Cuadro 21. Costos incurridos por la elaboración de una dieta orgánica .....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de pisograma de los alojamientos .....	43
--	----

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Ilustración de los alojamientos orgánicos.....	77
Anexo 2. Ilustración de los alojamientos convencionales .....	77
Anexo 3. Etograma base para el registro del comportamiento.....	78
Anexo 4. Hoja de registro para las observaciones del comportamiento.....	78
Anexo 5. Criterio para la evaluación de la canal <i>in situ</i> .....	79
Anexo 6. Reactivos para la determinación de nitrógeno .....	79
Anexo 7. Kit de medicina alternativa .....	80
Anexo 8. Subtotales de los costos variables .....	80
Anexo 9. Imagen del inicio del proyecto de porcicultura orgánica .....	81
Anexo 10. Imagen de la engorda orgánica de cerdos.....	81

## **LISTA DE APÉNDICES**

Apéndice 1. Cuadro de consumo voluntario esperado.....	82
Apéndice 2. Aporte nutricional de la dieta convencional .....	82
Apéndice 3. Porcentaje de inclusión de la dieta convencional.....	83

# 1. INTRODUCCIÓN

México produjo un total de 1.1 millones de toneladas de carne de cerdo en el 2010, con un inventario calculado de 15.4 millones de cabezas (SIAP, 2010), lo que representa un 18.48% de los productos cárnicos nacionales. Se estima que el 57% de esta producción, proviene de granjas de sistema intensivo convencional y el 28% de granjas de tipo rural o artesanal (Tinoco, 2004; Bravo, 2011).

En general la rentabilidad de la producción animal está sujeta a una cadena económicamente dependiente del precio de los insumos, la oferta-demanda y de los problemas de salud pública; debido al reciente uso de granos para la producción de biocombustibles y la creciente preocupación por enfermedades transmitidas por alimentos, crean un éxito susceptible del equilibrio financiero (Cisneros, 2004; Bravo, 2011).

La porcicultura convencional en términos generales se basa en alojamientos confinados durante toda la vida del animal, uso de inseminación artificial en un 100%, destete precoz, alimentación comercial a base de granos y el uso de complementos (antibióticos, hormonas, aminoácidos sintéticos, alimentos transgénicos, etc.). Entre las ventajas de este sistema, está la obtención de una alta producción a costos relativamente bajos; sin embargo, esta forma de producción puede impactar negativamente al ser humano al ofrecer productos alimenticios de calidad e inocuidad dudable, por los residuos que pueden permanecer debido al tipo de alimentación y manejo que reciben los porcinos, además del daño medio ambiental, por la alta cantidad de desechos y el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas de la industria agrícola, generadora de los insumos para este tipo de producciones (Barton, 2002; Hurtado *et al.*, 2008).

Por otro lado la porcicultura rural o artesanal (presente en todo el territorio nacional), se caracteriza por tener problemas productivos, sanitarios, ambientales y económicos (Tinoco, 2004).

Una alternativa en los negocios agropecuarios es la producción de tipo orgánica, la cual, se refiere a una forma de producir que respete al medio ambiente y ayude al productor a ingresar en su propia cadena de comercialización, haciéndolo autónomo. En este modelo existe un enfoque basado en las funciones fundamentales propias de la naturaleza, con el objetivo de ofertar productos de alta calidad y sin residuos, ya que emplea recursos 100% naturales, lo que resulta en un manejo tanto sustentable como redituable.

La condición es respetar, entre otras cosas, los procesos que permiten expresar el comportamiento natural del animal durante cada etapa fisiológica, es decir, desde el inicio de cualquier producción hasta el punto final que es el consumidor (Kravstandars, 2009). En Europa se han realizado estudios comparativos de porcicultura orgánica con la convencional, cuyas condiciones de genética, nutrición, salud, manejo e intensidad son diferentes a las de América.

En México se han hecho algunos estudios con hembras reproductoras en conversión de una granja convencional a una orgánica (Hurtado, 2010); sin embargo, no se ha trabajado en la engorda de cerdos orgánicos, con el tipo de alojamiento y manejo que requiere este tipo de sistemas, desconociéndose el desempeño y bienestar existente bajo estas condiciones, en donde se ha alertado de nuevas problemáticas, debido a la exposición de los cerdos al medio ambiente (Kijlstra *et al.*, 2009). Por lo que el objetivo del presente estudio fue el de evaluar el efecto del alojamiento y dieta de cerdos orgánicos y convencionales durante la fase de engorda.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción orgánica

El sistema orgánico como tal, surgió en Europa al inicio del siglo XX, uno de los principales representantes fue Rudolph Steiner, quien en su búsqueda por una nutrición sana, rechazó el uso de fertilizantes minerales solubles y vio por la autonomía de su granja; junto con él, varios movimientos agrícolas surgieron en Suiza e Inglaterra, quienes dieron forma a la producción orgánica, logrando en 1972 la creación de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM por sus siglas en inglés), la cual procura organizar y regular este modelo de producción.

El término “orgánico” así como sus sinónimos (verde, ecológico y biológico), es empleado en los sistemas agropecuarios que promueven la producción higiénica de alimentos desde una perspectiva ambiental, social y económica (Hurtado *et al.*, 2008). La producción orgánica no solo se ocupa del producto, sino también de todo el sistema que se usa para producir y entregar el producto al consumidor final (El Hage y Hattam, 2003). En México las normas que reglamentan la cría orgánica de animales son reguladas por CERTIMEX (2005), algunos de los principales fundamentos son:

- Protección y conservación del agua.
- Fomento de los ciclos biológicos dentro del proceso de producción, involucrando a los microorganismos, suelo, plantas y animales.
- Respeto y promoción del comportamiento natural de los animales.
- No utilización de antibióticos, desparasitantes y hormonas.
- Empleo de terapias alternativas como homeopatía y herbolaria.
- Uso de ingredientes certificados como orgánicos en las dietas.
- Mejor distribución económica entre productores y comercializadores.



### **2.1.1 Importancia económica**

El mercado más importante de los alimentos orgánicos está en Europa, con ventas anuales que superan los 12 millones de dólares (US\$). En el ámbito global las ventas de productos orgánicos superan los 30 millones de dólares.

México ocupa el décimo octavo lugar en la producción de alimentos orgánicos por superficie cultivada a nivel mundial, es líder en producción de café orgánico y tiene el tercer lugar en producción de miel; exporta el 90% de esta producción y se estima que tiene un mercado interno ascendente de tres millones de consumidores aproximadamente. Cada año el mercado mundial de orgánicos crece a una tasa del 20% (45% en México), las causas de este gran dinamismo en la producción y consumo de productos orgánicos, es originado por la preocupación creciente de la población del nivel socioeconómico medio-alto de países desarrollados y en vía de desarrollo, interesados en la ingesta de productos alimenticios inocuos (libres de residuos), y con la garantía que ofrece la certificación orgánica, que permite conocer el origen y la forma de producción; así mismo, son más consientes de la conservación del medio ambiente y solidarios con el bienestar animal (Alimentaria Exhibitions, 2008; FAO, 2008).

En un estudio de mercado 68% de los consumidores de productos porcícolas estuvo de acuerdo en pagar un sobreprecio por una producción amigable hacia los cerdos y el 72% prefirió que este tipo de productos vinieran de pequeños productores (Honeyman *et al.*, 2006).

La cantidad de carne de cerdo producida en sistemas orgánicos es aún muy limitada (Hermansen, 2003), representada principalmente por países europeos así como Canadá, Estados Unidos, Costa Rica, Brasil y Argentina en América. Se especula que hay un mercado potencial, que actualmente es cubierto por países como Dinamarca, Francia y Austria; en tanto que en América Latina la oferta va muy atrás de la demanda debido a la falta de una estructura de mercado, siendo la exportación la solución más recurrida.

En México la porcicultura orgánica tiene un potencial no explorado, y existen nichos en el mercado local, nacional y extranjero que deben ser cubiertos. Algunos de los problemas son la conversión de granjas convencionales a granjas orgánicas y la falta de experiencia de los productores en el manejo de cerdos en sistema orgánicos (Rodríguez *et al.*, 2005); la porcicultura orgánica no busca competir con la porcicultura convencional, pues los productos van dirigidos a diferentes mercados y a satisfacer diferentes necesidades de consumo (Hurtado, 2006).

### **2.1.2 Condiciones de los sistemas orgánicos**

Las condiciones principales generales, son en las áreas de cuidados médicos, alimentación y alojamiento (Wallenbeck *et al.*, 2009). Krav-standars es el organismo de certificación más grande en Suecia y sirve de guía para otros organismos de regulación, está acreditado y regido por los estándares del IFOAM.

La salud de los animales es una prioridad y aunque no se permite el uso regular de medicina alópata, está permitido y recomendado cuando la vida está en riesgo, criterio que debe ser tomado por un médico veterinario, el cual debe establecer un periodo de retiro del doble con respecto al indicado, según el laboratorio del fármaco, aunque siempre es preferible el uso de medicina alternativa (homeopatía y herbolaria), herramientas menos conocidas en la medicina veterinaria, pero que en humanos ha mostrado buenos resultados (Rossi *et al.*, 2009; Leone *et al.*, 2011).

En el rubro de la alimentación, todos los ingredientes deben provenir de fuentes orgánicas y omitir en su totalidad el uso de agentes preservadores, agentes colorantes, urea, subproductos de origen animal, aminoácidos sintéticos, productos genéticamente modificados, así como promotores de crecimiento (antibióticos, hormonas, etc.), fomentando el crecimiento natural y no acelerado de los cerdos. El uso de vitaminas y minerales, así como aminoácidos puros están permitidos; sin embargo, en algunos casos se permite el uso de conservadores no sintéticos e insumos sin certificación orgánica con una inclusión máxima del 20% en la dieta. (Krav-standars, 2009).

Las condiciones de alojamiento deben permitir la socialización, alimentación y vida en las diferentes etapas productivas de los cerdos; en la engorda se utilizan potreros para pastoreo, alojamientos con acceso a áreas al aire libre con material de cama y sistemas de cama profunda. El empleo de piso de cemento en alguna zona del alojamiento está permitido (área cerrada o área al aire libre); sin embargo, el uso de rejillas o “slats” no lo está (Hovi *et al.*, 2003; Hermansen *et al.*, 2004).

El área de los alojamientos es 62% más grande en condiciones orgánicas (1.2m<sup>2</sup> en interior más 0.8m<sup>2</sup> al aire libre en la engorda), lo que aumenta la complejidad del alojamiento y el espacio mínimo por animal, lo que permite mayor motivación y expresión de comportamientos naturales. Por ejemplo, facilita la huida evitando episodios agresivos y la expresión de conductas como la exploración y hozado no son frustradas (Alonso, 2004); en la producción convencional, existe preocupación por el enriquecimiento ambiental, para disminuir el estrés por falta de motivación y expresión de comportamientos naturales (Van de Weerd y Day, 2009).

La posibilidad de confinamiento total (restringir el acceso al aire libre), está permitida por un máximo de la quinta parte de la vida productiva del cerdo y de esta forma dar un finalizado al producto.

Con respecto al manejo, se caracteriza por un cuidado y respeto hacia el animal, para fomentar una buena relación hombre-animal y no interferir en la expresión de los comportamientos naturales. Por ejemplo, se debe proveer de los sustratos que por naturaleza requieran, como material de cama para la construcción de nido, lactancias de al menos de 40 días (21 días en lactancia convencional), evitar el enjaulado de los cerdos en cualquier periodo, restricción alimenticia, etc. En la reproducción, el uso de hormonas no está permitido y se prefiriere la monta natural, sin prohibir la inseminación artificial. (Hermansen, 2003; Hurtado *et al.*, 2008).

### **2.1.3 Bienestar animal en sistemas orgánicos**

La definición de bienestar animal es difusa, ya que hay diversas formas de definirla, en donde se toma en cuenta, desde la forma en la que el animal afronta los cambios

ambientales en estado de libertad (Broom, 1986), hasta haciendo énfasis de su estado mental (Duncan, 1996). En las producciones orgánicas, el bienestar se categoriza en “las cinco libertades” (FAWC, 1979):

- Libertad de sed, hambre y nutrición.
- Libertad de confort.
- Libertad de dolor, heridas y enfermedad.
- Libertad de expresión de su comportamiento normal.
- Libertad de miedo y distracción.

Uno de los objetivos de la producción orgánica es considerar las necesidades fisiológicas y etológicas de los animales (BØJ, 1994), y por ende un superior bienestar animal; sin embargo, se sugiere que las producciones orgánicas ponen en mayor riesgo a los cerdos por el contacto excesivo al aire libre, permitiendo mayor exposición a patógenos e incluso a enfermedades ya controladas, además de la pérdida de facilidad diagnóstica y aplicación de tratamientos (Barton, 2002; Nygaard *et al.*, 2006), con la consecuencia de un pobre desempeño productivo e inferior bienestar animal, contrario a lo que piensa el consumidor sobre este tipo de producciones (Lund y Algers, 2003; Kijlstra *et al.*, 2009). Es decir estas libertades, pueden atraer problemas resueltos por los sistemas convencionales, no obstante, si los sistemas orgánicos mantienen un buen estado de salud, se encuentran en mejor posición para proveer bienestar animal en comparación con los sistemas convencionales (Spoolder, 2007).

Por otro lado, se ha probado que el uso de alojamientos que permitan el desarrollo de las conductas naturales durante la engorda de cerdos mejora el estado de salud, esto se debe a la ausencia de conductas anormales así como bajos niveles de estrés al no existir agresiones. Se ha observado que los gastos médicos en granjas con alojamientos amplios resultaron menores con respecto a alojamientos reducidos; aunque las infestaciones parasitarias son uno de los mayores problemas de sanidad debido al acceso a pisos de tierra, existen reportes de niveles de infestación

parasitaria similares entre sistemas convencionales y sistemas de alojamientos con accesos a piso de tierra (Cagienard *et al.*, 2005); en general, el control de parásitos y la buena nutrición son las dos áreas bien definidas a trabajar en las producciones orgánicas (Hovi *et al.*, 2003). Tanto la ausencia de conductas anormales como la poca incidencia de enfermedades son evidencias de una buena salud animal (parte vital del bienestar animal).

Los cambios conductuales atribuidos a la presencia de estrés varían según la intensidad de estrés presentado. Por ejemplo, en la conducta de miedo, el intento de escape, emitir vocalizaciones, tornarse agresivo e hiperactivo son en general instancias relacionadas al estrés agudo; sin embargo, cuando un animal se encuentra en un ambiente poco familiar y se ve frustrado para desarrollar conductas de escape puede bloquear completamente la actividad y desarrollar apatía o depresión (Luescher *et al.*, 1989). Las cinco libertades buscan disminuir el estrés, de ahí la importancia de medir presupuestos de conducta al evaluar sistemas alternativos de alojamiento.

#### **2.1.4 Parámetros estimados en la engorda de cerdos orgánicos.**

Los parámetros dependen del tipo de alojamiento (pastoreo o en alojamientos con acceso al aire libre), alimentación (forraje fresco o procesado), y genética. En algunas granjas se utilizan razas criollas por su rusticidad, pero en general no existen alternativas en cuanto al material genético y el más utilizado es igual al del sistema convencional, es decir, son animales seleccionados para un alto rendimiento en condiciones convencionales (Wallenbeck *et al.*, 2009); sin embargo, se recomiendan las razas Duroc y Pietrain en sus diferentes cruza ya que se han observado mejores desempeños de estos cruces en condiciones orgánicas (Laister y Konrad, 2005).

Se han reportado pesos vivos al abasto de entre  $86.3 \pm 5.5$  hasta  $124 \pm 7.3$  Kg alcanzados en plazos de  $19.3 \pm 0.5$  hasta  $22.2 \pm 2.2$  semanas, con ganancias diarias de peso de  $550 \pm 79$  y  $797 \pm 17$  g, conversiones alimenticias que oscilan entre 2.5 y 2.7 y un acumulo de grasa dorsal de  $10.8 \pm 2.5$  mm (punto P2). Los rendimientos de canal

reportados son similares a los de la producción convencional con  $76.1 \pm 1.8\%$  y pesos de canal de  $86 \pm 3.4\text{Kg}$ ; estos resultados fueron con los cruces de Large White-Landrace x Duroc, Large White-Landrace x Pietrain, Large White x Landrace (Millet *et al.*, 2004; Laister y Konrad 2005; Weissmann *et al.*, 2005; Millet *et al.*, 2006; Hurtado *et al.*, 2008; Wallenbeck *et al.*, 2009).

## **2.2 Alimentación no convencional de los cerdos**

Una de las limitantes actuales en la producción de cerdos es la alimentación, especialmente en sistemas orgánicos, donde existen condiciones en el uso de materias primas (Hurtado, 2010). Esto debido a que las materias primas deben estar certificadas como productos orgánicos y de preferencia deben ser producidas en un 50% por la misma granja, en ciertos casos se permite no más del 20% de inclusión de productos no certificados.

Todas las materias primas que sean de extracción química, subproductos de origen animal, excretas u organismos genéticamente modificados no son aceptadas. La región en la que se encuentre la granja puede ser otra limitante, por la escasez de insumos certificados como orgánicos; los requisitos de mayor importancia para la engorda orgánica según los requerimientos de CERTIMEX (2005), y Krav-standards (2009), son:

- De 75 a 80% de la MS debe ser de insumos orgánicos.
- Deberán de tener una fuente de forraje (fresca, seca o ensilada).
- Se permite la inclusión de insumos de agricultura convencional hasta en 20%.
- Se permite el uso de aglutinantes, emulsificadores, estabilizadores, surfactantes, espesantes, coagulantes, antioxidantes, preservadores, colorantes, aromatizantes, estimuladores del apetito y probióticos como aditivos o coadyuvantes de origen natural.
- Prohibido el uso de antibióticos, coccidiostatos, sustancias medicinales, promotores de crecimiento, aminoácidos cristalinos o sintéticos.

Además, se deben tomar en cuenta las regulaciones implícitas de la porcicultura en la alimentación para el diseño de dietas alternativas y orgánicas (Jiménez, 2011):

- Perfil nutricional adecuado por etapa fisiológica.
- Palatabilidad para la especie.
- Facilidad de manejo (planta de alimentos).
- Condiciones de almacenaje (alimentos procesados).
- Vida de anaquel.
- Efecto sobre la calidad de canal.
- Efecto sobre el costo total.
- Disponibilidad en el área.
- Presencia y abatimiento de factores anti-nutricionales.

En la alimentación animal se visualizan graves problemas, principalmente por el incremento de los precios en los insumos; por ejemplo los cereales se han incrementado hasta en un 70%, debido al uso en la industria de alimentos balanceados comerciales y la gran demanda en la industria energética (biocombustibles), por lo que es necesaria la búsqueda de ingredientes alternativos para abatir costos, por lo que se requiere de mayor conocimiento para ofrecer los requerimientos necesarios de energía y aminoácidos en las dietas alternativas y orgánicas (Spoolder, 2007; Stein y Lange, 2007; Bravo, 2011; Jiménez, 2011).

Los residuos de las cosechas pueden ser una alternativa; sin embargo, algunas de las limitantes principales son la recolección en el campo, conservación, volumen de almacenamiento y alto contenido en fibra (García, 1994). Aunado a ello, el rendimiento productivo de cerdos alimentados con cultivos no convencionales es muy variable, tanto biológicamente como económicamente (Figuroa, 1996), lo que requiere procesos para su estandarización y con ello facilitar su empleo.

### **2.2.1 Plátano para la alimentación de cerdos**

El plátano (*Musa* spp), es una fruta tropical que suele cultivarse con fines comerciales. Las plantaciones suelen generar grandes volúmenes con importantes

residuos o sobrantes no aceptados por los mercados de consumo humano (FAO, 2008).

En México se estima que el 32% de la producción para consumo humano es rechazada (FAO, 2008), dejando abierta la opción para su uso en la alimentación animal y en particular la de cerdos. Una de las características fundamentales del plátano es el importante aporte de energía (22% de carbohidratos), que en condiciones de inmadurez está en forma de almidón y ya madura la fruta en forma de sacarosa; es rico en retinol, vitamina C, ácido fólico, potasio (370mg/100g), y relativamente pobre en fibra (2% de fibra), sodio, hierro, calcio, zinc, nitrógeno y cianocobalamina; la cantidad de proteína es pobre y de bajo valor biológico (Hurtado, 2010).

Cuando la fruta se ofrece madura o verde (cocida o ensilada), se ha observado un buen consumo voluntario, que se cree está ligado a la presencia de taninos en la fruta, los que disminuyen al madurar o en el proceso de cocido o ensilado. Su uso en la alimentación está recomendado siempre y cuando se busque maximizar la eficiencia por métodos de conservación y enriquecimiento proteico (Ly, 2004; Bravo, 2011); así por ejemplo, los residuos de la cosecha de plátano, cortados entre 20-40cm desde la parte superior de la planta, secados al sol y molidos en forma de harina, han sido incluidos hasta un 20% en la dieta de cerdos alimentados, sin efectos negativos en el rendimiento animal (García y Ly, 1994).

### **2.2.2 Ensilado de plátano-sorgo**

Esta técnica de fermentación anaerobia controlada, es una alternativa alimenticia que permite almacenar por tiempos prolongados una gran variedad de alimentos y que gracias al proceso mantienen su calidad e incluso superan el aporte nutricional hasta en un 90% al original, aumentando la digestibilidad. El ensilaje puede emplearse para la alimentación de cerdos criados orgánicamente, pudiendo aprovechar los desperdicios de frutas, entre otros productos (Hurtado, 2010; Bravo, 2011).



Existen reportes de ensilados con plátano entero o en partes (planta y fruto), en combinación con sorgo, que han producido ensilajes con resultados aceptables como para poder incluirlos en la dieta de cerdos, ya que poseen excelente palatabilidad, buen aporte nutricional además de poseer funciones adicionales como la de prebiótico (Hurtado, 2010; Bravo, 2011).

### **2.3 Alojamiento no convencionales de los cerdos**

Históricamente se han tratado de controlar las condiciones en las que se lleva a cabo la producción animal. Al controlar el medio se ha disminuido la presencia de enfermedades, se facilita el manejo y se evita el pobre desempeño productivo (Heinonen *et al.*, 2001); sin embargo, en la búsqueda de aumentar la producción por superficie de área, se ha sacrificado el espacio por animal aumentando el volumen por edificio, en donde factores como tipo de suelo, temperatura, humedad y ventilación normalmente son inmolados (Turner *et al.*, 2000).

Al evitar la exposición al aire libre y controlar diversos problemas se han exacerbado otros, como la facilidad de transmisión horizontal de enfermedades, por lo que los productores se ven obligados a progresar constantemente en sus instalaciones para controlar aún más las condiciones de vida de los cerdos y con ello mejorar su producción (Heinonen *et al.*, 2001). En consecuencia los costos por instalaciones aumentan, siendo los costos de los alojamientos al aire libre de 40 a 70% menores que los confinados (Gentry *et al.*, 2002).

En la actualidad los alojamientos tienden a la sencillez y proporcionan estímulos pobres, lo que ha llevado a la necesidad de enriquecerlos para aumentar la motivación y evitar la frustración, que limita la expresión de conductas propias de la especie lo que conlleva a la expresión de estereotipias. El bienestar no solo depende de la ausencia de dolor, estrés y estereotipias, sino de proveer las necesidades fisiológicas (Bolhuis *et al.*, 2006; Van de Weerd y Day, 2009).

En muchos países el alojamiento amigable (con acceso a áreas libres y mayor espacio por animal), está apoyado por los gobiernos por medio de subsidios a los

productores, además de que el mercado aprecia más la producción en alojamientos amigables (Cagienard *et al.*, 2005).

En la porcicultura orgánica se cuenta con alojamientos amigables, estos pueden ser en sistemas de pastoreo, de cama profunda o en alojamientos con acceso a áreas al aire libre; normalmente se prefiere llevar a cabo la engorda en alojamientos con áreas al aire libre o en cama profunda en donde se tienen parámetros productivos similares a los de la porcicultura convencional ya que se controla el consumo de fibra (Strudsholm y Hermansen, 2005).

## **2.4 Justificación**

Al ser la producción orgánica una alternativa para la porcicultura mexicana, es necesario que se comprenda que al seguir las regulaciones para lograr una certificación orgánica, se debe de contar con dietas, alojamientos y manejos diferentes a los convencionales; en donde sin el conocimiento adecuado, se podría fracasar y con ello desaprovechar los nichos de mercados locales, nacionales y extranjeros. Cabe señalar que no existen alimentos orgánicos comerciales debido a la prohibición de ciertos ingredientes (antibióticos, aminoácidos sintéticos, entre otros), lo que dificulta una formulación adecuada que ofrezca las necesidades nutricias según las diferentes etapas fisiológicas; es importante proveer información referente de las alternativas en la alimentación de cerdos en engorda orgánica y su desempeño productivo a poricultores nacionales.

En México la porcicultura tradicional tiene el potencial de hacer una transformación a porcicultura orgánica, mejorando la forma y problemática que vive actualmente, ya que de seguir las normativas de las producciones orgánicas mejoraría substancialmente su producción, sanidad e impacto ambiental, optimizando su posición en la cadena productiva y económica. Los parámetros productivos convencionales, son los valores de referencia en la porcicultura mexicana, al comparar una producción orgánica con una de tipo convencional, se proporcionarán datos sustentables para que esta alternativa sea tomada en cuenta.

## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo general**

Evaluar variables productivas, de bienestar animal y composición de la carne así como obtener el costo de producción de cerdos engordados bajo un sistema de producción de tipo orgánico y compararlo con cerdos bajo un sistema de producción intensivo convencional.

### **2.5.2 Objetivos específicos**

- Formular una dieta orgánica con alimentos alternativos para la engorda de cerdos orgánicos.
- Evaluar las variables de producción de: peso (P), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), espesor de la grasa dorsal (GD), y tasa de mortalidad, de cerdos engordados con una dieta alternativa de tipo orgánico, mantenidos en alojamientos alternativos de tipo orgánico y compararlos con cerdos alimentados con una dieta convencional, mantenidos en alojamientos de producción intensiva convencional.
- Evaluar el bienestar animal de cerdos engordados bajo un sistema alternativo de tipo orgánico y compararlo con él de cerdos engordados bajo un sistema convencional intensivo.
- Evaluar las características de la canal de los cerdos finalizados en un sistema alternativo de tipo orgánico y compararlas con las canales de cerdos engordados en un sistema convencional intensivo.
- Evaluar el aporte nutricional de la carne de cerdos finalizados en un sistema alternativo de tipo orgánico y compararlas con la carne de cerdos finalizados en un sistema convencional intensivo.
- Evaluar el costo de producción de cerdos engordados en un sistema alternativo de tipo orgánico.

## ***2.4 Hipótesis***

Los cerdos engordados en un sistema alternativo de tipo orgánico tendrán parámetros productivos, características de canal y aporte nutricional de la carne similares a los de cerdos engordados en un sistema convencional intensivo, con superior bienestar animal y mismo costo de producción.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### ***3.1 Localización***

El estudio se realizó en el periodo de abril a septiembre del 2010, en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Jilotepec, Estado de México, en el Km 2 de la carretera Jilotepec-Corrales, en los 99°31'45" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, latitud norte 19°57'13" a una altitud 2,250msnm. El clima de la región es templado en verano y extremoso en invierno, la temperatura media es de 18°C, con una variación de -12°C a 24°C. La temporada de lluvias comprende de junio a septiembre con una precipitación pluvial promedio de 608mm (INEGI, 2009). El CEIEPP simula una granja comercial intensiva semitecnificada de ciclo completo, lugar donde se contó con un área apartada dentro de la granja para la adaptación de los alojamientos, a unos de tipo orgánico, basándose en las normativas de Krav-standards (2009).

#### ***3.2 Animales experimentales***

Se utilizaron 64 cerdos, de los cuales 32 (16 machos castrados y 16 hembras), provenían de lechones en lactación de tipo orgánica de cerdas York-Landrace x York-Landrace, y los 32 restantes (16 machos castrados y 16 hembras [York-Landrace x Duroc Pietrain]), provenían del área de destetes de la granja del CEIEPP. Todos los cerdos fueron de seis semanas de vida y pesos similares para su engorda en un modelo de producción de tipo orgánico y en un sistema intensivo convencional, hasta cumplir 23 semanas de vida.

Los 32 cerdos en lactación de tipo orgánico, nacieron de cerdas orgánicas (madres), que a su vez fueron nacidas, lactadas y servidas hasta el destete de los 32 cerdos seleccionados bajo un modelo de producción de tipo orgánico. Cabe mencionar que las madres de estas cerdas (abuelas), vivieron la conversión de un sistema de

producción intensivo al modelo orgánico, en donde gozando de las características de éste, fueron servidas para su gestación, parto y lactancia en condiciones orgánicas.

### **3.2.1 Tratamientos**

Los cerdos fueron divididos en grupos según el tipo de alojamiento y dieta en: alojamiento orgánico (AO), o alojamiento convencional (AC), y dieta orgánica (DO), o dieta convencional (DC); de tal forma que los grupos quedaron conformados según el tipo de alojamiento, dieta, origen y sexo de la siguiente forma:

- Dos AO con DO y DC cada uno con:
  - cuatro cerdos machos castrados de origen convencional.
  - cuatro cerdas hembras de origen convencional.
  - cuatro cerdos machos castrados de origen orgánico.
  - cuatro cerdas hembras de origen orgánico.
- Ocho AC; cuatro con DO y cuatro con DC; cada uno según el tipo de dieta con:
  - cuatro cerdos hembras y machos castrados de origen convencional.
  - cuatro cerdos hembras y machos castrados de origen convencional.
  - cuatro cerdos hembras y machos castrados de origen orgánico.
  - cuatro cerdos hembras y machos castrados de origen orgánico.

### **3.3 Alojamiento**

Se utilizaron dos edificios, uno de ellos adaptado para cumplir las condiciones de tipo orgánico (AO), con capacidad para 70 cerdos de 100Kg de peso vivo y el otro de tipo convencional intensivo (AC), con capacidad de 64 cerdos de 100Kg de peso vivo.

#### **3.3.1 Alojamiento orgánico**

Como se ilustra en el Anexo 1, se utilizaron dos alojamientos cada uno con 45m<sup>2</sup> de área sin acceso al aire libre y piso de cemento más 70m<sup>2</sup> de área al aire libre con piso de arena poma<sup>1</sup>. En cada uno de ellos se engordaron 16 cerdos, siguiendo los

---

<sup>1</sup> Denominación comercial.

requerimientos de espacio por animal según los estándares orgánicos (1.2m<sup>2</sup> en áreas techadas más 0.8m<sup>2</sup> en áreas al aire libre por cerdo de 100Kg de peso vivo en engorda [Krav-standars, 2009]).

En el área sin acceso al aire libre existían cuatro divisiones, todas con acceso a un área general al aire libre, fueron utilizadas como áreas limpias y para la alimentación en donde se encerraban los grupos de cuatro cerdos (siempre los mismos, solo para su alimentación).

### **3.3.2 Alojamiento convencional**

En el Anexo 2, se ilustran los ocho AC de tipo danés (0.65m<sup>2</sup> por cerdo de 100Kg de peso vivo en engorda), en donde se engordaron cuatro cerdos por corral. Los corrales de piso de concreto, se encontraban dentro de un edificio sin acceso al aire libre, fueron diseñados para proveer un área limpia y un área sucia, controlando la temperatura, ventilación y humedad por medio de cortinas en la parte del área sucia.

## **3.4 Alimentación**

Se ofrecieron dos dietas diferentes, cada una por tipo de alojamiento. La DO fue formulada bajo los requerimientos de Krav-standars (2009), y la DC fue una dieta comercial. Ambas fueron ofrecidas dos veces al día (7 y 16hr). Se ofreció una ración según el consumo voluntario estimado por edad y peso<sup>2</sup>, el cual fue corroborado en cada pesaje.

Para calcular la conversión alimenticia en los AO, se aprovecharon las divisiones por grupos de cerdos durante la alimentación (dos hembras y dos machos castrados por grupo), por lo que fue necesario entrenar a los cerdos, para que esto sucediera durante toda la engorda. En los AC no fue necesario realizar manejos especiales para ello, ya que desde un inicio así fueron dispuestos los animales.

---

<sup>2</sup> Apéndice 1. Cuadro de pesos, ganancias de peso, consumo de alimento y conversión esperada en cerdos comerciales, elaboró MVZ MPA Marco A. Herradora Lozano, Departamento de Producción Animal Cerdos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2008.

La DO fue formulada para ofrecer los aportes nutricionales, según las necesidades de los cerdos durante la fase de engorda, al igual que la DC constó de cuatro fases alimenticias de 30 días de duración (iniciador, crecimiento, desarrollo y finalización); los aportes nutricionales y los porcentajes de inclusión de la DC se muestran en el Apéndice 2 y Apéndice 3, respectivamente.

#### **3.4.1 Entrenamiento de los cerdos para su alimentación en AO**

Desde que se formaron los grupos de cerdos en los AO se inicio el entrenamiento, que consistió en ofrecer el alimento en los horarios establecidos y en las divisiones de los AO. Al momento de servir el alimento se sacaban gentilmente a los cerdos que no pertenecían a esa división según los códigos de color (marcas con aerosol sobre el lomo de los animales), al mismo tiempo que se emitía un sonido particular (silbido); los grupos de cerdos permanecían separados por un lapso de 20min durante cada ofrecimiento de alimento.

#### **3.4.2 Dieta orgánica**

Fue ofrecida dos veces al día, en cada una de las cuatro divisiones de uno de los AO y en cuatro de los AC. La cantidad ofrecida fue dependiendo de los cálculos de consumo voluntario según el peso y la edad (Apéndice 1). La DO se compuso de insumos orgánicos y convencionales según los estándares de alimentación orgánica por Krav-standars (2009). Se utilizó sorgo orgánico, pasta de soya, plátano (variedad Chiapas), harina de pescado hidrolizada, aceite de palma y una base de vitaminas y minerales orgánica; la dieta no contenía ningún tipo de promotor de crecimiento en ninguna de sus fases.

##### **3.4.2.1 Insumos de la dieta orgánica**

El sorgo integral orgánico, la pasta de soya, la harina de pescado hidrolizada, el aceite de palma y la base mineral fueron adquiridos en bultos. Se almacenaron en una bodega exclusiva para el experimento dentro del CEIEPP y se colocaron sobre tarimas alejados de las paredes.



Para la molienda del sorgo fue necesario realizar la limpieza de la planta de alimentos del CEIEPP, para retirar los residuos de los insumos de las dietas convencionales propias de la granja (tolvas, bazucas, mezcladora y molino). Continuando con el llenado de las tolvas del molino, con sorgo orgánico para su molienda se adicionó al concentrado de la DO por fase, o se almacenó en bultos identificados para su posterior uso; el proceso de elaboración del concentrado de la DO fue llevado a cabo conforme fue requerido (cada 15 días aproximadamente); los bultos de concentrado orgánico fueron identificados por fase y almacenados en la bodega exclusiva del experimento.

#### **3.4.2.2 Ensilado de Plátano y sorgo.**

Se elaboró un ensilado de plátano y sorgo en la bodega exclusiva para el experimento, a una razón de 60% plátano y 40% sorgo (Bravo, 2011). Se picó el plátano entero (cáscara, ramillete y pulpa), hasta tomar una consistencia de papilla para mezclarse con el sorgo molido. Cuando la mezcla fue uniforme, se procedió a su almacenamiento en tambos de plástico de 100L de capacidad; se apisonó la mezcla por secciones, adicionando en cada una ácido propiónico al 1% (12L por cada 100Kg de ensilado).

Para controlar la fermentación y evitar la proliferación de hongos. Los tambos fueron cerrados con plástico "Playo™" dejando fermentar por un periodo mínimo de siete días antes de su uso. Una vez estabilizado el ensilado, se mezcló manualmente con el concentrado orgánico, según la inclusión de la ración diaria requerida por cada grupo de cuatro cerdos, proceso que se realizó a diario antes de ofrecer el alimento (dos veces por día), en cuatro divisiones del AO y en cuatro corrales del AC.

#### **3.4.3 Dieta convencional**

La DC, fue la dieta utilizada en la engorda del CEIEPP, y fue ofrecida igual que la DO, en las cuatro divisiones del AO restante (con entrenamiento de los cerdos para su división en grupos de cuatro), y en los cuatro corrales restantes del AC.

## **3.5 Manejo**

### **3.5.1 Pesaje e identificación**

Los cerdos se pesaron al iniciar la fase experimental y por intervalos de quince días hasta finalizar ésta, coincidiendo cada dos pesajes en el cambio de la fase alimenticia según el programa de alimentación; los pesajes fueron individuales. Con esos datos se calcularon las variables productivas de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Se utilizó una báscula electrónica de la marca Braunker® modelo BP100SS con una capacidad de 500Kg (50g-500,000g).

Para facilitar la identificación y manejo alimenticio en el AO, los cerdos fueron marcados una vez por semana, con esmalte acrílico de secado rápido en aerosol; se utilizaron los colores negro, rojo, azul y verde, siguiendo un código alfanumérico según el color y un número asignado del uno al cuatro, en donde:

- 1 = marca en la región cervical dorsal.
- 2 = marca en la región torácica dorsal.
- 3 = marca en la región de la grupa.
- 4 = marca en toda la línea longitudinal en el dorso.

Las marcas fueron asignadas según el grupo de cerdos por origen y sexo, cotejado estas con las muescas originales de los cerdos. Así cada una de las cuatro divisiones del AO fue identificado con un color, haciendo posible la separación de los grupos de cada color en cada una de las divisiones correspondientes.

Con la identificación numérica, fue sencilla la identificación individual de cada uno de los 16 cerdos en AO, facilitando el registro del peso y de las observaciones de los comportamientos de forma individual. En los AC los cerdos fueron marcados por colores (negro, rojo, azul y verde), solo para facilitar el registro de los pesajes y de las observaciones de comportamiento.

### **3.5.2 Medición de la grasa dorsal**

Durante la etapa de finalización, se realizó una sola medición de la grasa dorsal *in vivo*. Se empleó un ultrasonido Renco® serie 12 con una penetración de 4-35mm±1, la medición se hizo en el sitio P2. En los cerdos que fueron sacrificados a las 23 semanas de vida, se realizó la medición *in situ* haciendo un corte en el punto P2 hasta el músculo, utilizando una regla métrica para realizar la medida.

## **3.6 Mediciones del bienestar animal**

### **3.6.1 Observaciones de la conducta**

Gracias a un muestro *ad libitum* en ambos alojamientos, se estableció un etograma (Anexo 3), con el cual se realizó un muestreo conductual de los 64 cerdos desde el inicio hasta el final de la engorda. Las observaciones fueron realizadas siempre por la misma persona y fuera de los alojamientos durante cinco minutos por cada uno de los grupos de los cerdos del AO y en cada corral del AC (dos horas al día); los periodos de dos horas sucedieron en el horario de 10 a 12hr, después de ofrecer el alimento (Welfare-Quality, 2009). La hoja de registro de campo (Anexo 4), fue diseñada para registrar la acción o no de la conducta individual como un evento de tipo “Bernoulli” (éxito o fracaso).

### **3.6.2 Observaciones de la suciedad de los alojamientos**

Se realizó una evaluación de cada uno de los alojamientos, respecto al grado de humedad en los pisos, ocasionada por los procesos fisiológicos de los cerdos (excreción y micción). La observación fue realizada tres veces por semana antes de la limpieza de los alojamientos; se utilizó la técnica del pisograma de Alonso *et al.*, (2006), que consiste en hacer un croquis a escala del alojamiento a evaluar para calcular el área húmeda; al sombrear con una mica milimétrica las marcas de humedad registradas en el croquis, se calcula el porcentaje de humedad con respecto al área limpia o seca.

Lo correcto es que las áreas húmedas estén lo más alejado de las secas y cerca de la puerta o donde haya corrientes de aire (Jiménez, 2011).

### **3.6.3 Observaciones de la suciedad de los animales**

Respecto al grado de limpieza del animal, dos cerdos focales (macho y hembra), de cada uno de los corrales, fueron escogidos al azar y evaluados semanalmente, de acuerdo al criterio de Welfare-Quality (2009), que consiste en dividir imaginariamente el cuerpo del animal en 5 áreas (craneal, caudal, medial, miembros torácicos y pélvicos), y otorgar un valor de acuerdo a la proporción sucia de heces/orina, bajo la siguiente escala:

- <20% de suciedad.
- 20 a 50% de suciedad.
- >50% de suciedad.

### **3.6.4 Evaluación tegumentaria**

Para la evaluación tegumentaria de los cerdos, se empleó el criterio de Koning (1983), que incluye 3 categorías (cabeza/cuello, flancos/lomo y región posterior), en donde se contabilizó el número de lesiones en donde se debía describir la naturaleza, tamaño y profundidad de cada lesión, de acuerdo con la escala:

- 0= sin daño.
- 1= daño ligero.
- 2= daño moderado.
- 3= daño severo.

### **3.6.5 Evaluación locomotora**

La evaluación locomotora de los cerdos se realizó con la escala recomendada por Welfare-Quality (2009), evaluando el número de patas involucradas y el grado de intensidad con la escala 1-3:

- 1= ligero
- 2= moderado
- 3= severo

### **3.7 Mediciones de la canal y aporte nutricional de la carne**

#### **3.7.1 Sacrificio de los cerdos**

Se sacrificó una muestra de cuatro cerdos por tratamiento (dos machos castrados y dos hembras); sacrificando un total de 16 cerdos a las 23 semanas de vida. El sacrificio fue realizado por personal calificado y bajo los protocolos del CICUAE<sup>3</sup>.

Se midió en las canales la grasa dorsal *in situ* por medio de una incisión en el punto P2 y una regla métrica. Se pesó la canal completa y el corazón, hígado y brazo izquierdo con una báscula electrónica Braunker® modelo BP100SS de 500Kg de capacidad (50g-500,000g); se midió la longitud de la canal tomando como referencia la primer costilla hasta el proceso caudal del *pubis*, y se calculó el rendimiento de la canal.

Por medio de ecuaciones de predicción (Spide *et al.*, 1984), se obtuvieron los datos de porcentaje de cortes magros y área del ojo del lomo. En tanto que la textura, cantidad y color de la grasa y el color de la carne fueron evaluadas por un observador con base en una escala (Anexo 5).

#### **3.7.2 Aporte nutricional de la carne de cerdo**

De cada una de las canales se cortó el brazo izquierdo, se empacó al vacío y se congeló para su traslado y análisis químico en los laboratorios físico-químicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP), de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), con sede en Tulancingo, Hidalgo. Los 16 brazos fueron:

- Cuatro brazos de origen orgánico y convencional del tratamiento AO\*DO.
- Cuatro brazos de origen orgánico y convencional del tratamiento AC\*DO.
- Cuatro brazos de origen orgánico y convencional del tratamiento AO\*DC.
- Cuatro brazos de origen orgánico y convencional del tratamiento AC\*DC.

---

<sup>3</sup> Comité Institucional para Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE), de la FMVZ-UNAM. 2010.

### **3.7.2.1 Alometría**

Los brazuelos permanecieron en un congelador horizontal Tororrey® modelo CH-25 con un rango de temperatura de -18 a -21°C, hasta su disección y medición de la dimensión de sus componentes. Se diseccionaron y pesaron la piel, grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo, hueso y desechos, con una báscula electrónica Tororrey® serie TLS con una capacidad de 0.005 a 20Kg (Miller *et al.*, 1968).

Posteriormente se tomó la porción muscular, y se sometió a molienda con una licuadora de velocidad variable de la marca Waring Laboratory Science® modelo 38BL54 con una potencia de 120v, de donde se tomó una muestra homogeneizada de 100g para los posteriores análisis químicos. Cada una de las muestras identificadas, fue congelada a -70°C para su conservación, en un congelador vertical SO-Low® modelo U85-22.

### **3.7.2.2 Determinación de humedad**

La determinación del contenido en humedad se realizó por desecación de cinco gramos de muestra de cada uno de los brazuelos; se realizaron tres repeticiones por muestra, en una estufa de secado de la marca Rios-Rocha® modelo HCF-62D (de 50 a 300°C), con sistema de extracción de gases, a una temperatura de  $100 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante cuatro horas aproximadamente, siguiendo las bases de la norma oficial 950.46 de la AOAC (1999).

Se utilizaron crisoles de porcelana de 30ml, en donde se agregaron 15g de arena de mar lavada de grano fino, colocando en su interior una varilla de vidrio. El conjunto (crisol, arena y varilla), se llevó a peso constante; se usó un desecador Kimble® para evitar la captación de humedad del ambiente.

Posteriormente se agregaron cinco gramos de la muestra y se registró el peso, para añadir 10ml de alcohol etílico al 96%; con ayuda de la varilla de vidrio se mezcló la muestra con la arena y el alcohol. Los crisoles fueron colocados en la estufa y transcurrido el tiempo se registró el peso constante final; los pesajes se realizaron

con una balanza analítica de la marca OHAUS Adventurer™ modelo AR1530 (0.001 a 150g). El cálculo para la determinación de humedad se realizó por diferencia de pesos antes y después del tratamiento de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

Donde:

- $P_0$  = peso en gramos del crisol, varilla y arena.
- $P_1$  = peso en gramos del crisol, varilla, arena y muestra en base húmeda (BH).
- $P_2$  = peso en gramos del crisol, varilla, arena y muestra en base seca.

### 3.7.2.3 Determinación de cenizas

La determinación del contenido de cenizas se realizó por la calcinación de cinco gramos de muestra (BH), de cada uno de los brazuelos; se realizaron tres repeticiones por muestra, en una mufla de la marca Modaltherm® modelo Lindberg/blue BF51800 (de 50 a 1100°C), a una temperatura de 550±2°C, durante cuatro horas y media, siguiendo las bases de la norma oficial 950.153 de la AOAC (1999).

Se utilizaron crisoles de porcelana, de los que se registró su peso constante, posteriormente se adicionaron cinco gramos de muestra anotando el peso exacto del conjunto (crisol y muestra), para añadir un mililitro de solución de acetato de magnesio anhidro al 15%(p/v), se mezcló uniformemente para introducir los crisoles en la mufla a 100°C permaneciendo a esa temperatura por una hora, incrementando la temperatura 50°C por lapsos de 30min hasta llegar a 250°C e incrementar a 550°C manteniendo la temperatura durante una hora y media aproximadamente. Se comprobó la calcinación de la muestra por el color blanquecino de las cenizas.

Finalmente, se registró el peso constante; mientras las muestras se enfriaban se mantenían en un desecador y los pesajes fueron realizados con una báscula analítica.

El cálculo para la determinación de cenizas se realizó por diferencia de pesos antes y después de la calcinación de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(P_2 - P_0)}{(P_1 - P_2)} \times 100$$

Donde:

- $P_0$  = peso de la cápsula
- $P_1$  = peso de la cápsula conteniendo la muestra
- $P_2$  = peso de la cápsula y el residuo después de la incineración

#### **3.7.2.4 Determinación de nitrógeno**

La determinación de nitrógeno se realizó por el método Kjeldahl utilizando un gramo de muestra de cada uno de los brazuelos; se realizaron tres repeticiones por muestra (BH), con la ayuda de una unidad de destilación digestión Büchi<sup>®</sup> modelo K-350, siguiendo las bases de la norma oficial 981.10 de la AOAC (1999). Los reactivos utilizados en el procedimiento se muestran en el Anexo 6.

Se utilizaron matraces Kjeldahl en los que se colocó la muestra más 10g de mezcla digestora y 12ml de  $H_2SO_4$  para su digestión en un bloque de digestión Büchi<sup>®</sup> modelo B-426. Finalizado el proceso (2hr aproximadamente), la mezcla adquirió una coloración azul claro transparente, por lo que se dio por hecho la transformación del nitrógeno en amoníaco en forma de sulfato amónico; se añadieron 50ml de agua destilada y se procedió a la liberación del amonio mediante la alcalinización del medio con NaOH en la unidad de destilación, en donde el amoníaco se captó por el reactivo del ácido bórico en un matraz con indicador

Una vez recuperados 150ml del destilado, se valoró por titulación con ácido clorhídrico hasta el viraje del indicador midiendo el volumen gastado de la bureta graduada.



El cálculo para la determinación de nitrógeno se estableció mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{0.14_f \times (V_f - V_0)}{P} \times N$$

Donde:

- $0.14_f$  = factor del HCl.
- $V_f$  = volumen gastado por titulación (ml).
- $V_0$  = volumen gastado por titulación del blanco.
- $P$  = peso en gramos de la muestra.
- $N$  = molaridad del HCl.

### 3.7.2.5 Determinación de grasa

Para la determinación del contenido de grasa, se llevó a cabo una extracción por medio de solventes, se utilizaron tres gramos de muestra (BS), de cada uno de los brazuelos con dos repeticiones. El procedimiento fue realizado con un sistema de extracción de grasa Soxhlet automatizado de la marca Büchi<sup>®</sup> modelo B-811, el cual funcionó durante cuatro horas por muestra, según las bases de la norma oficial 991.36 de la AOAC (1999).

Se utilizaron cartuchos de celulosa de la marca Whatman<sup>®</sup>, de los que se registró su peso constante, posteriormente se adicionó la muestra y se colocó un tapón de algodón, anotando el peso exacto del conjunto (cartucho, muestra y tapón). Se colocaron los cartuchos en el equipo de extracción, en donde se agregaron 100ml de éter de petróleo de la marca Reasol<sup>®</sup> por muestra, una vez programado el equipo inicio la extracción (3.45hr), lavado (15min), y secado (10min).

Terminado el proceso, se retiraron los cartuchos y se introdujeron en una estufa de secado a  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  por 30min, se llevaron al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se registró el peso constante.

El cálculo para la determinación de grasa se obtuvo según la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{P1-P0}{P2} \times 100$$

Donde:

- P0= peso en gramos del cartucho vacío.
- P1= peso en gramos final.
- P2= peso en gramos de la muestra.

### ***3.8 Registro del clima***

Se llevó un registro de las condiciones climáticas de temperatura y precipitación pluvial durante todos los días desde el inicio hasta el final de la engorda, por lo que se fijó una estación localizada a 100m de los alojamientos (orgánicos y convencionales), con un termómetro de mercurio de máximas y mínimas así como un pluviómetro calibrado en milímetros.

### ***3.9 Estimación del costo de producción de cerdos orgánicos***

Para la estimación del costo de producción por Kg producido de los cerdos engordados en AO y AC con DO, se obtuvieron todos los costos incurridos de la engorda y se dividieron entre los Kg totales producidos por 32 cerdos; se consideró como peso producido total al peso ganado desde el inicio de la engorda.

Costos fijos:

- Precio de los cerdos destetados.
- Renta de los alojamientos.
- Honorarios del trabajador.
- Asesoría técnica.

El precio de los cerdos destetados, fue fijado por el CEIEPP (2010), en \$600 pesos por cerdo de 10Kg de peso vivo más \$20 pesos por Kg adicional; el costo se obtuvo de los pesos individuales de los cerdos destetados a engordar. La renta de los alojamientos (incluye todos los servicios), fue establecida por el CEIEPP (2010), el

costo total estimado fue de \$4,000 pesos. Los honorarios fueron estimados según el salario mínimo vigente en el 2010.

Costos variables:

- Costos por alimentación de tipo orgánica.
- Kit de medicina alternativa (Anexo 7).
- Mantenimiento de los alojamientos.

Los costos por alimentación incluyeron los costos generados para la compra, transporte y elaboración de la dieta orgánica (varios). En el Anexo 8 se muestran los costos generados por estos conceptos, así como los conceptos de mantenimiento de los alojamientos.

### **3.10 Análisis estadístico**

En el Cuadro 1, se muestran las variables estudiadas.

Cuadro 1

Variables a evaluar para la comparación del rendimiento productivo y del bienestar animal de cerdos engordados en dos sistemas de producción (orgánico y convencional).

Indicadores productivos	Bienestar animal	Canal y aporte nutricional
Peso ([P], Kg).	Presencia de exploración.	Peso de la canal ([PC], Kg).
Ganancia diaria de peso ([GDP], Kg).	Presencia de hozado.	Rendimiento de la canal (R, porcentaje).
Conversión alimenticia (CA).	Presencia de juego.	Longitud de la canal ([LC], cm).
Grosor de grasa dorsal ([GD], mm).	Presencia de actividad física.	Porcentaje de cortes magros.
Tasa de mortalidad.	Presencia de inactividad.	Área de ojo del lomo (cm <sup>2</sup> ).
	Laceraciones del cerdo.	Textura de la grasa.
	Suciedad del cerdo.	Cantidad de la grasa.
	Suciedad de alojamientos.	Color de la grasa.
		Color de la carne.
		Peso del corazón (Kg).
		Peso del hígado (Kg).
		Alometría del brazo.
		Porcentaje de humedad.
		Porcentaje de cenizas.
		Porcentaje de nitrógeno.
		Porcentaje de extracto etéreo.

### 3.10.1 Modelo Factorial por bloqueo para las variables productivas de la engorda y del aporte nutricional de la carne.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x2x2, con bloqueo por sexo, en donde la unidad de experimentación fueron los cerdos en estudio, la unidad de observación igual a la unidad experimental y la unidad de análisis, las medias de cada uno de los tratamientos cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \delta_{(i)} + \epsilon_{ijkl}$$

$i=1,2$  (Alojamiento orgánico [AO], alojamiento convencional [AC]).

$j=1,2$  (Dieta orgánica [DO], dieta convencional [DC]).

$k=1,2$  (Origen orgánico [O], origen convencional [C]).

$l=1,2$  (macho, hembra).

En donde:

$\mu$  = al efecto por la media general, valor desconocido.

$\alpha_i$  = al efecto del factor A, en el  $i$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq i \leq 2$  (Tipo de alojamiento).

$\beta_j$  = al efecto del factor B, en el  $j$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq j \leq 2$  (Tipo de dieta).

$(\alpha\beta)_{ij}$  = al efecto de la interacción AB del  $ij$ -ésimo nivel del  $i$ -ésimo nivel del factor A del  $j$ -ésimo nivel del factor B, valor desconocido,  $1 \leq i \leq 2$ ,  $1 \leq j \leq 2$ .

$\gamma_k$  = al efecto del factor C, en el  $k$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq k \leq 2$  (origen del cerdo).

$\delta_l$  = al efecto del  $l$ -ésimo bloque del  $i$ -ésimo tratamiento,  $1 \leq i \leq 2$ ,  $1 \leq l \leq 2$ .

$\varepsilon_{ijkl}$  = al error aleatorio por experimentación en el l-ésimo bloque del i-ésimo nivel del factor A, del j-ésimo nivel del factor B y del k-ésimo nivel del factor C.

$Y_{ijkl}$  = al valor que toma la variable respuesta (parámetros de producción y aporte nutricional de la carne).

### **3.10.2 Modelo de correlación simple para la variable de GDP y el clima.**

Se realizó un análisis de correlación lineal simple, utilizando la GDP como variable independiente y como factor de regresión las variables del clima (temperatura [°C], y precipitación pluvial [mm]), mediante el siguiente modelo matemático.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

En donde:

$\beta_0$  = a la ordenada al origen valor desconocido.

$\beta_1$  = al efecto de la regresión del clima sobre la GDP valor desconocido.

$x_i$  = al i-ésimo nivel de la variable dependiente valor conocido  $1 \leq i \leq n$ .

$\varepsilon_i$  = al error experimental de la variable aleatoria.

$y_i$  = al valor observado de la variable respuesta en estudio (GDP), y correspondiente al i-ésimo nivel del Factor x (clima).

### **3.10.3 Análisis de las variables del bienestar animal**

La proporción de animales realizando alguna de las conductas, fueron analizadas por  $\chi^2$ , y se empleó la Prueba Exacta de Fisher en los casos donde se encontraron diferencias significativas (Siegel y Castellan, 1995); en los casos donde no se encontró normalidad, la base se sometió a una Prueba de Wilcoxon (Siegel y Castellan, 1995).

### 3.10.4 Modelo Factorial por bloqueo y una covariable para las variables de canal.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x2x2, con bloqueo por sexo y covariable de peso vivo al sacrificio, en donde la unidad de experimentación fueron los cerdos en estudio, la unidad de observación igual a la unidad experimental y la unidad de análisis las medias de cada uno de los tratamientos cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \rho(x_{ijk} - \bar{x}^{\dots}) + \delta_{(i)l} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i=1,2$  (Alojamiento orgánico [AO], alojamiento convencional [AC]).

$j=1,2$  (Dieta orgánica [DO], dieta convencional [DC]).

$k=1,2$  (Origen orgánico [O], origen convencional [C]).

$l=1,2$  (macho, hembra).

En donde:

$\mu$  = al efecto por la media general, valor desconocido.

$\alpha_i$  = al efecto del factor A, en el  $i$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq i \leq 2$  (Tipo de alojamiento).

$\beta_j$  = al efecto del factor B, en el  $j$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq j \leq 2$  (Tipo de dieta).

$(\alpha\beta)_{ij}$  = al efecto de la interacción AB del  $ij$ -ésimo nivel del  $i$ -ésimo nivel del factor A del  $j$ -ésimo nivel del factor B, valor desconocido,  $1 \leq i \leq 2$ ,  $1 \leq j \leq 2$ .

$\gamma_k$  = al efecto del factor C, en el  $k$ -ésimo nivel, valor desconocido  $1 \leq k \leq 2$  (origen del cerdo).

$\rho$  = al efecto de la variable concomitante  $x_{ijk}$  en la variable respuesta y en estudio valor desconocido.

$\delta_i$  = al efecto del l-ésimo bloque del i-ésimo tratamiento,  $1 \leq i \leq 2$ ,  $1 \leq k \leq 2$ .

$\varepsilon_{ijkl}$  = al error aleatorio por experimentación en el l-ésimo bloque del i-ésimo nivel del factor A, del j-ésimo nivel del factor B y del k-ésimo nivel del factor C.

$Y_{ijkl}$  = al valor que toma la variable respuesta (parámetros de producción y características de la canal).

En caso de que hubiese diferencias estadísticas, se utilizaron contrastes ortogonales en las medias de los tratamientos de las variables evaluadas con un  $\alpha < 0.05$ , como se menciona a continuación.

Contraste	AO*DO	AC*DO	AO*DC	AC*DC
C1	3	-1	-1	-1
C2	0	2	-1	-1
C3	0	0	1	-1
	0	0	1	-1

El programa de computación que se utilizó en la realización de los análisis estadísticos fue el paquete estadístico JMP™5.01a SAS Institute INC (2002).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Alimentación alternativa

En el Cuadro 2 se muestran los porcentajes de inclusión de la dieta elaborada con ingredientes alternativos para la engorda de cerdos en un programa alimenticio de cuatro fases; la estimación del aporte nutricional se muestra en el Cuadro 3. Los resultados del análisis químico proximal de las diferentes fases alimenticias se muestran en el Cuadro 4; se observa un menor aporte de energía metabolizable (EM [Mcal]), y proteína cruda (PC), en comparación a la estimación realizada. Los resultados de micotoxinas en el sorgo orgánico fueron negativos a aflatoxinas AB1, tricoticenos, zearalenona y ocratoxina.

Cuadro 2

Porcentaje de inclusión por fase alimenticia (BH), para la elaboración de una dieta alternativa de tipo orgánica en la engorda de cerdos bajo un sistema orgánico y convencional.

Fase alimenticia	Iniciador	Crecimiento	Desarrollo	Finalización
Peso vivo/etapa (Kg)	(15-30)	(30-50)	(50-75)	(75-100)
Ensilado de plátano-sorgo (60-40)	34	10	10	10
Sorgo orgánico	28.5	60.05	61.3	63.7
Pasta de soya	20	20	20	20
Aceite de palma orgánico	8.4	3.4	3	3.35
Harina de pescado hidrolizado	6.5	3.9	2.85	0.29
Base mineral orgánica	2.6	2.65	2.85	2.66

Cuadro 3

Aporte nutricional estimado por fase alimenticia (BH), de la dieta alternativa de tipo orgánica, en la engorda de cerdos bajo un sistema orgánico y convencional.

Fase alimenticia	Iniciador	Crecimiento	Desarrollo	Finalización
Peso vivo/etapa (Kg)	(15-30)	(30-50)	(50-75)	(75-100)
EM (Mcal)	3.12	3.23	3.20	3.20
Proteína cruda (%)	16.30	15.29	14.68	13.21
Lisina total (%)	1.01	0.87	0.82	0.70
Ca (%)	0.89	0.84	0.84	0.68
P (%)	0.77	0.74	0.74	0.65
Materia Seca (%)	76.70	85.71	85.65	85.59
Extracto etéreo (%)	10.60	6.05	5.60	5.73
Fibra cruda (%)	1.45	1.41	1.40	1.36



Cuadro 4

Análisis químico proximal de la dieta por fase alimenticia y del ensilado (plátano-sorgo [BH]), de tipo orgánico, en la engorda de cerdos bajo un sistema orgánico y convencional.

Fase alimenticia	Iniciador	Crecimiento	Desarrollo	Finalización	Ensilado
Peso vivo/etapa (Kg).	(15-30)	(30-50)	(50-75)	(75-100)	
Materia seca (%)	74.04	81.49	80.46	84.87	41.54
Humedad (%)	25.96	18.51	19.54	15.13	58.46
Proteína cruda (N*6.25 [%])	14.60	11.93	10.45	10.58	2.35
Extracto etéreo (%)	6.63	4.48	4.19	4.86	1.50
Cenizas (%)	3.14	4.02	4.00	3.44	1.10
Fibra cruda (%)	1.24	1.37	1.46	1.17	0.62
Extracto libre de N (%)	48.43	59.70	60.35	64.81	35.96
EM (Mcal)	3.02	3.19	3.15	3.38	1.65
Total de nutrientes digestibles (%)	68.58	72.43	71.36	76.69	37.47

Resultados en BH, del análisis químico proximal (método AOA Químico proximal, 1990). Laboratorio de análisis clínicos para alimentos, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ-UNAM.

## 4.2 Resultados generales de la engorda

El peso inicial de los cerdos fue de  $13.8 \pm 0.4$  Kg en los de origen orgánico y de  $14 \pm 0.4$  Kg (media  $\bar{x}$ ,  $\pm$  error estándar [ee]), en los de origen convencional, sin que esta diferencia de pesos fuese estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Durante las 17 semanas de engorda, los 64 cerdos alcanzaron un peso vivo (P), promedio de  $101.2 \pm 1.4$  Kg con una ganancia diaria de peso (GDP), total de  $751.2 \pm 1.4$  g y una conversión alimenticia (CA), de  $2.52 \pm 0.4$ ; la grasa dorsal (GD), medida *in vivo* fue de  $15.4 \pm 0.7$  mm; el peso promedio de las 16 canales fue de  $77.3 \pm 0.7$  Kg con un rendimiento de canal promedio de  $76.8 \pm 0.4$ % y una grasa dorsal medida *in situ* de  $24.6 \pm 1.4$  mm ( $\bar{x} \pm ee$ ).

### 4.2.1 Pesajes

En la interacción alojamiento\*dieta, se encontró efecto significativo ( $P < 0.05$ ), en el primer pesaje (día 15 del estudio), el tratamiento AC\*DC registró menor peso ( $19 \pm 0.7$  Kg [ $\bar{x} \pm ee$ ]), que los demás tratamientos, sin encontrar diferencias entre estos últimos ( $21.3 \pm 0.8$  Kg [AO\*DO],  $21.8 \pm 0.7$  Kg [AO\*DC],  $21.7 \pm 0.8$  Kg [AC\*DO]; [ $P > 0.05$ ]). No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), en los demás pesajes por efecto de la interacción. No existió efecto por tipo de alojamiento (Cuadro 5), tipo de dieta (Cuadro 6), o tipo de origen ( $P > 0.05$ ), en ninguno de los pesajes.

Cuadro 5

Pesajes (Kg), y error estándar (ee), correspondientes a cerdos engordados en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
15/iniciador	21.6	$\pm$	0.5	20.4	$\pm$	0.5	0.1129
30/iniciador	30.2	$\pm$	0.7	30.2	$\pm$	0.7	0.9753
45/crecimiento	40.6	$\pm$	0.9	40.7	$\pm$	0.9	0.9397
60/crecimiento	52.9	$\pm$	1.1	53.0	$\pm$	1.1	0.9553
75/desarrollo	66.1	$\pm$	1.4	65.2	$\pm$	1.5	0.6648
90/desarrollo	76.4	$\pm$	1.6	77.4	$\pm$	1.8	0.6922
105/finalizador	88.4	$\pm$	2.0	89.3	$\pm$	2.1	0.7585
120/finalizador	100.3	$\pm$	2.1	102.4	$\pm$	2.3	0.5102

Cuadro 6

Pesajes (Kg), y error estándar (ee), correspondientes a cerdos engordados con dos dietas diferentes (orgánica y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
15/iniciador	21.5	$\pm$	0.6	20.4	$\pm$	0.5	0.1466
30/iniciador	30.6	$\pm$	0.8	29.8	$\pm$	0.7	0.4427
45/crecimiento	41.3	$\pm$	1.0	40.1	$\pm$	0.8	0.3528
60/crecimiento	53.3	$\pm$	1.2	52.7	$\pm$	1.0	0.7024
75/desarrollo	66.2	$\pm$	1.5	65.1	$\pm$	1.3	0.5704
90/desarrollo	76.7	$\pm$	1.8	77.1	$\pm$	1.5	0.8814
105/finalizador	89.4	$\pm$	2.2	88.2	$\pm$	1.9	0.6795
120/finalizador	102.0	$\pm$	2.4	100.7	$\pm$	2.1	0.6830

#### 4.2.2 Ganancia diaria de peso

No se observaron efectos por la interacción en las GDP ( $P > 0.05$ ); en el día 30 de la engorda se apreció efecto por el tipo de alojamiento, ya que los cerdos en AC obtuvieron una GDP mayor ( $P < 0.05$ ), que los cerdos en AO ( $0.704 \pm 0.02$  Kg AC vs  $0.617 \pm 0.02$  Kg AO), no se hallaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), en los demás días de la engorda por efecto del alojamiento como se muestra en el Cuadro 7. En el efecto por tipo de dieta (Cuadro 8), o por tipo de origen no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 7

Ganancia diaria de peso (Kg), y error estándar (ee), correspondientes a cerdos engordados en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x} \pm ee$			$\bar{x} \pm ee$			
15/iniciador	0.470	±	0.02	0.511	±	0.02	0.1850
<b>30/iniciador</b>	<b>0.617</b>	<b>±</b>	<b>0.02</b>	<b>0.704</b>	<b>±</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0031</b>
45/crecimiento	0.754	±	0.03	0.750	±	0.03	0.9106
60/crecimiento	0.881	±	0.04	0.880	±	0.04	0.9897
75/desarrollo	0.938	±	0.04	0.869	±	0.04	0.2532
90/desarrollo	0.737	±	0.07	0.868	±	0.07	0.1968
105/finalizador	0.857	±	0.06	0.853	±	0.06	0.9653
120/finalizador	0.852	±	0.04	0.939	±	0.04	0.1312
Ganancia diaria de peso total	0.762	±	0.02	0.797	±	0.02	0.2098

Cuadro 8

Ganancia diaria de peso (Kg), y error estándar (ee), correspondientes a cerdos engordados con dos dietas diferentes (orgánica y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x} \pm ee$			$\bar{x} \pm ee$			
15/iniciador	0.470	±	0.02	0.511	±	0.02	0.1836
30/iniciador	0.650	±	0.02	0.671	±	0.02	0.4410
45/crecimiento	0.763	±	0.03	0.73	±	0.03	0.4723
60/crecimiento	0.858	±	0.04	0.902	±	0.04	0.4379
75/desarrollo	0.924	±	0.05	0.884	±	0.04	0.5141
90/desarrollo	0.749	±	0.08	0.856	±	0.06	0.2858
105/finalizador	0.911	±	0.07	0.799	±	0.06	0.2079
120/finalizador	0.899	±	0.04	0.892	±	0.04	0.8973
Ganancia diaria de peso total	0.778	±	0.02	0.781	±	0.02	0.9077

No existió correlación entre la temperatura promedio (20.1°C), y la GDP ( $P > 0.05$ ); se percibió una correlación positiva entre las temperaturas mínimas (10.9°C), y la GDP de todas las unidades experimentales ( $P < 0.01$ ,  $R^2 0.75$ ), y para las GDP de los cerdos en AO y AC ( $P < 0.05$ ,  $R^2 0.68$ ;  $P < 0.01$ ,  $R^2 0.72$  respectivamente); en las temperaturas máximas (31.2°C), no se evidenció correlación ( $P > 0.05$ ), en la GDP general así como en la GDP de los cerdos en AO o AC, aunque el análisis gráfico mostró tendencia negativa.

Para la precipitación pluvial (5.9mm $\dot{x}$ ), y la GDP, se notó una correlación positiva de todas las unidades experimentales ( $P < 0.05$ ,  $R^2 0.55$ ); para los cerdos en el AC la correlación fue positiva ( $P < 0.05$ ,  $R^2 0.61$ ); en los cerdos en AO, no se encontró evidencia de correlación ( $P > 0.05$ ), aunque el análisis gráfico mostró tendencia positiva.

### 4.2.3 Conversión alimenticia

No se halló efecto por interacción ( $P > 0.05$ ); como se puede observar en el Cuadro 9, no hay evidencia significativa por el efecto del tipo de alojamiento, dieta (Cuadro 10), u origen.

Cuadro 9

Conversión alimenticia y error estándar (ee), correspondiente a cerdos engordados en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico $\bar{x} \pm ee$			Convencional $\bar{x} \pm ee$			P
15/iniciador	1.62	$\pm$	0.05	1.51	$\pm$	0.05	0.1116
30/iniciador	1.56	$\pm$	0.03	1.50	$\pm$	0.03	0.2390
45/crecimiento	2.15	$\pm$	0.13	2.11	$\pm$	0.13	0.8239
60/crecimiento	2.27	$\pm$	0.16	2.17	$\pm$	0.16	0.6863
75/desarrollo	2.47	$\pm$	0.12	2.53	$\pm$	0.12	0.7426
90/desarrollo	3.52	$\pm$	0.31	2.93	$\pm$	0.31	0.2111
105/finalizador	3.39	$\pm$	0.34	3.34	$\pm$	0.34	0.9101
120/finalizador	3.62	$\pm$	0.19	3.23	$\pm$	0.19	0.1762
Conversión alimenticia total	2.59	$\pm$	0.05	2.45	$\pm$	0.05	0.0887

### 4.2.4 Grosor de grasa dorsal

No se encontraron efectos por la interacción sobre el espesor de la grasa dorsal *in vivo* ( $P > 0.05$ ). El espesor de la grasa dorsal fue mayor ( $P < 0.05$ ), en cerdos con DO, que en cerdos con DC,  $17.8 \pm 0.9$ mm vs  $13.2 \pm 0.9$ mm ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente; no se notaron efectos por tipo de alojamiento u origen ( $P > 0.05$ ).

En cuanto al espesor de grasa medido en los cerdos sacrificados *in situ*, se encontró efecto por la interacción alojamiento\*dieta, en donde el tratamiento AC\*DO fue significativamente menor que los demás tratamientos ( $18.0 \pm 2.4$ mm vs  $25.5 \pm 1.9$ mm

[AO\*DO], 26.5±2.1mm [AO\*DC], y 28.4±2.1mm [AC\*DC], P<0.05;  $\bar{x}\pm ee$ ), no hubo efecto significativo entre las otras interacciones y no se observó efecto por el alojamiento, dieta u origen (P>0.05).

Cuadro 10

Conversión alimenticia y error estándar (ee), correspondiente a cerdos engordados con dos dietas diferentes (orgánica y convencional), durante 17 semanas de engorda.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico $\bar{x}\pm ee$			Convencional $\bar{x}\pm ee$			P
15/iniciador	1.58	±	0.05	1.56	±	0.05	0.7435
30/iniciador	1.50	±	0.03	1.55	±	0.03	0.3679
45/crecimiento	2.16	±	0.13	2.10	±	0.13	0.7126
60/crecimiento	2.29	±	0.16	2.16	±	0.16	0.5727
75/desarrollo	2.43	±	0.12	2.57	±	0.12	0.4359
90/desarrollo	3.33	±	0.31	3.12	±	0.31	0.6433
105/finalizador	3.09	±	0.34	3.64	±	0.34	0.2787
120/finalizador	3.22	±	0.19	3.62	±	0.19	0.1589
Conversión alimenticia total	2.49	±	0.05	2.55	±	0.05	0.4502

#### 4.2.5 Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad de toda la engorda fue de 4.69%; la mortalidad por tipo de alojamiento, presentó un 9.38% en el AC vs 0% del AO; en la observación por tipo de dieta, fue de 3.13% en la DC vs 3.13% en la DO; en cuanto al origen de los cerdos fue de 6.25% los cerdos de origen convencional vs 3.13% para los cerdos de origen orgánico.

La primer baja registrada fue la muerte repentina de un cerdo macho de 11 semanas de edad, de 25.9Kg de peso vivo en buen estado de carnes; el cerdo fue de origen convencional, en el grupo de cerdos AC\*DC; presentó cifosis y un cuadro crónico de rinitis atrófica, que desencadenó una bronconeumonía difusa con *cor pulmonale*, derivando en ruptura de la arteria aorta intrapericárdica.

La segunda baja registrada fue la muerte repentina de un cerdo macho de 19 semanas de edad, de 47Kg de peso vivo; el cerdo fue de origen orgánico, en el grupo de cerdos AC\*DO; presentó bronconeumonía supurativa de curso crónico, que

afectó principalmente las regiones cráneo ventrales de los pulmones; la anorexia se hizo presente en la última semana, lo que desencadenó en una gastritis ulcerosa, con presencia de melena y la posterior perforación del epitelio gástrico provocando hemoperitoneo.

La tercer baja registrada fue por el sacrificio por electrocución de un cerdo macho de 19 semanas de edad, de 20Kg de peso vivo en mal estado de carnes (caquexia); el cerdo fue de origen convencional, en el grupo de cerdos AC\*DO; presentó síndrome de mala absorción y diarrea catarral crónica.

### **4.3 Resultados del bienestar animal**

#### **4.3.1 Resultados observaciones de conducta**

Se registraron 160hr de observaciones con 32 repeticiones por cada uno de los alojamientos. Se hallaron diferencias significativas entre los alojamientos ( $P < 0.05$ ); se presenció mayor expresión de las conductas de exploración, hozado, juego y actividad física, en los AO que en los AC; la conducta de inactividad, fue mayor su presencia en el AC que en el AO ( $P < 0.05$ ).

No hubo diferencias estadísticamente significativas por efecto de la hora en la que se expresan las conductas de actividad física, exploración y hozado ( $P > 0.05$ ); existe evidencia estadística que indica mayor expresión de la conducta de inactividad por la tarde y de la conducta de juego por las mañanas ( $P < 0.05$ ).

Las conductas de actividad física y exploración fueron observadas con mayor frecuencia en hembras que en machos ( $P < 0.05$ ); las conductas de inactividad y juego se realizaron más por machos que por hembras ( $P < 0.05$ ); no hubo diferencias por el sexo en el hozado ( $P > 0.05$ ).

#### **4.3.2 Evaluación de la suciedad de los alojamientos**

Se realizaron 124 pisogramas (64 en los AO y 64 en los AC), en donde los AO exhibieron mayor porcentaje de humedad que los AC,  $18.9 \pm 0.6\%$  vs  $9.4 \pm 0.6\%$  ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente ( $P < 0.01$ ). En el AO se observó que el 9% del área sin acceso al aire

libre permaneció con humedad; el área al aire libre tuvo 9.8% de humedad. En el AC el 9.37% permaneció húmedo (Cuadro 11).

El 19.3% del área sin acceso al aire libre en los AO fue utilizado para la expresión de inactividad y en un 9.2% el área con acceso al aire libre; en el 13.0% del área con acceso al aire libre se mostró mayor expresión de la conducta de exploración. En el Cuadro 12 se muestran los porcentajes del uso de los AO para la expresión de inactividad y exploración. En la Figura 1 se ilustra un pisograma.

Cuadro 11

Porcentajes promedio de áreas húmedas por días de engorda y total  $\pm$  error estándar, correspondientes a los alojamientos orgánico y convencional, de cerdos engordados durante 17 semanas.

Días en estudio/Fase alimenticia	Orgánico cerrado	Orgánico al aire libre	Convencional
15/iniciador	12.2	4.9	6.3
30/iniciador	9.5	7.0	8.0
45/crecimiento	11.6	9.8	10.5
60/crecimiento	8.5	11.0	10.2
75/desarrollo	6.1	10.3	9.2
90/desarrollo	7.2	10.5	8.7
105/finalizador	8.2	12.2	8.2
120/finalizador	12.7	9.8	10.1
Promedio	9.5	9.4	8.9
<b>Total</b>		<b>18.9<math>\pm</math>0.6<sup>a</sup></b>	<b>9.4<math>\pm</math>0.6<sup>b</sup></b>

Diferentes literales indican diferencia significativa ( $P < 0.01$ ).

Cuadro 12

Porcentajes promedio de áreas utilizadas en diversas conductas, correspondientes al alojamiento orgánico, de cerdos engordados durante 17 semanas en el área sin acceso al aire libre (S), y en el área con acceso al aire libre (C).

Días en estudio/Fase alimenticia	Inactividad (S)	Inactividad (C)	Exploración (C)
15/iniciador	20.2	8.2	10.6
30/iniciador	19.7	8.3	11.3
45/crecimiento	18.1	7.5	11.6
60/crecimiento	18.9	9.2	12.3
75/desarrollo	16.3	11.4	13.7
90/desarrollo	21.1	9.5	16.6
105/finalizador	23.6	9.7	18.5
120/finalizador	37.8	9.2	13.0

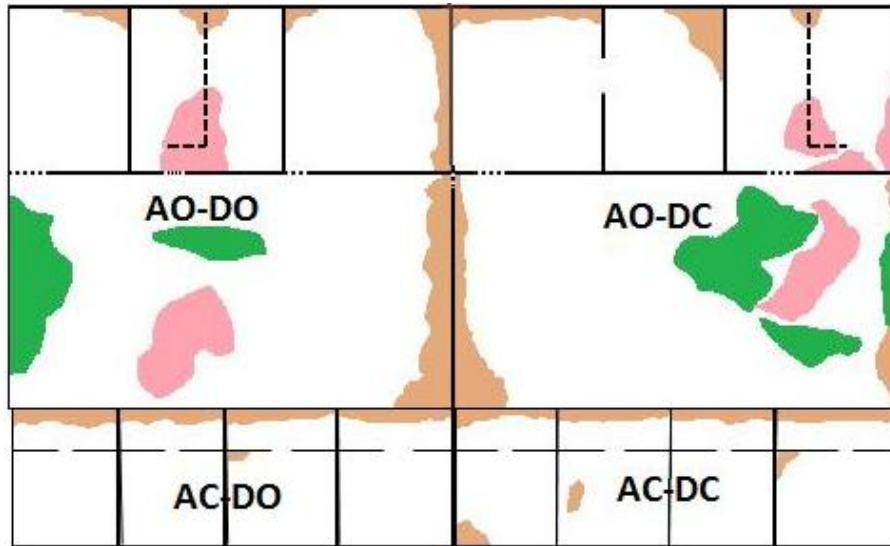


Figura 1. Se ilustra uno de los pisogramas realizados. El color café representa las zonas húmedas; el color rosa las zonas utilizadas para inactividad; el color verde las zonas utilizadas para exploración. AO-DO alojamiento y dieta orgánicos. AO-DC alojamiento orgánico dieta convencional. AC-DO alojamiento convencional dieta orgánica. AC-DC alojamiento y dieta convencionales.

#### 4.3.3 Evaluación tegumentaria, locomotora y de suciedad en cerdos.

Las heridas por la evaluación tegumentaria fueron clasificadas como ligeras; se presenció menor hallazgo de laceraciones en la región craneal, media, y miembros torácicos en AO en comparación con los cerdos en AC ( $P < 0.05$ ); no se encontraron diferencias de la presencia de laceraciones en la región caudal y miembros pélvicos por el tipo de alojamiento ( $P > 0.05$ ). No se registraron problemas locomotores en ninguna de las unidades experimentales.

En general los cerdos en AO tuvieron más incidencia en el rango de 20 a 50%, mientras que los cerdos en AC tuvieron más incidencia en los rangos de  $< 20\%$  y  $> 50\%$  ( $P < 0.05$ ), como se muestran en el Cuadro 13. En el rango  $< 20\%$  de suciedad, los cerdos en los AC mostraron mayor evidencia de suciedad en las regiones craneal y de los miembros torácicos y pélvicos, que los cerdos en AO ( $P < 0.05$ ); en las regiones medial y caudal no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ). En el rango de 20 a 50% de suciedad, los cerdos en AO mostraron mayor suciedad en todas las regiones



(craneal, medial, caudal y miembros torácicos y pélvicos), que los cerdos de los AC ( $P<0.05$ ). En el rango  $>50\%$ , los cerdos en AC mostraron mayor suciedad en las regiones medial y caudal, que los cerdos en AO ( $P<0.05$ ); no hubo diferencias en la suciedad de la región craneal y de los miembros ( $P>0.05$ ).

Cuadro 13

Porcentajes de las evaluaciones de suciedad correspondientes a los alojamientos orgánico y convencional, de cerdos engordados durante 17 semanas.

Alojamientos	<20%	20-50%	>50%
Alojamiento orgánico	47.8 <sup>a</sup>	42.4 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>
Alojamiento convencional	62.1 <sup>b</sup>	20.5 <sup>b</sup>	17.4 <sup>b</sup>
General 64 cerdos	54.4	32.2	13.3

Las literales diferentes entre filas, son estadísticamente significativas ( $P<0.01$ ).

#### **4.4 Resultados de la canal y aporte nutricional de la carne**

No se observaron efectos por la interacción sobre el peso, rendimiento y largo de la canal, así como en el porcentaje de cortes magros y el área del ojo del lomo ( $P>0.05$ ); en el Cuadro 14 se muestran los resultados de las variables por efecto del tipo de alojamiento, en donde no se encontraron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ); se apreciaron canales más largas en la DO que en la DC,  $88.5\pm 0.4\text{cm}$  vs  $85.6\pm 0.4\text{cm}$  ( $\bar{x}\pm ee$ ), respectivamente ( $P<0.05$ ); no se apreciaron otras diferencias por efecto del tipo de dieta (Cuadro 15).

Cuadro 14

Promedio y error estándar (ee), de diversas variables al sacrificio de cerdos de 23 semanas de vida, criados en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional).

Variable	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}\pm ee$			$\bar{x}\pm ee$			
Peso de la canal (Kg).	77.6	±	0.5	77.0	±	0.5	0.9237
Rendimiento de la canal (%).	77.1	±	0.5	76.5	±	0.5	0.4508
Longitud de la canal (cm).	87.6	±	0.4	86.5	±	0.4	0.1509
Cortes magros (%)	51.8	±	0.0	52.6	±	0.0	0.1973
Área del ojo del lomo (cm <sup>2</sup> )	33.4	±	0.2	33.2	±	0.2	0.4469

Cuadro 15

Promedio y error estándar (ee), de diversas variables al sacrificio de cerdos de 23 semanas de vida, criados con dos dietas diferentes (orgánica y convencional).

Variable	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
Peso de la canal (Kg).	77.1	$\pm$	0.6	77.5	$\pm$	0.6	0.4469
Rendimiento de la canal (%).	76.6	$\pm$	0.5	77.0	$\pm$	0.5	0.6888
<b>Longitud de la canal (cm).</b>	<b>88.5</b>	<b><math>\pm</math></b>	<b>0.4</b>	<b>85.6</b>	<b><math>\pm</math></b>	<b>0.4</b>	<b>0.0055</b>
Cortes magros (%)	53.0	$\pm$	0.0	51.4	$\pm$	0.0	0.0591
Área del ojo del lomo (cm <sup>2</sup> )	33.2	$\pm$	0.2	33.4	$\pm$	0.2	0.6840

El AO mostró textura de la grasa blanda, mientras en el AC mostró textura de la grasa dura ( $P < 0.05$ ); los cerdos de origen orgánico acumularon más tejido adiposo que los de origen convencional ( $P < 0.05$ ). Las variables de color de la grasa y color de la carne, no presentaron diferencias por el tipo de alojamiento, dieta, sexo u origen ( $P > 0.05$ ).

#### 4.4.1 Alometría

No se apreciaron efectos por la interacción en la alometría del brazuelo y peso de los órganos ( $P > 0.05$ ); como se muestra en el Cuadro 16 los efectos por el tipo de alojamiento, no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ), de la misma manera no hubo efectos por el tipo de dieta (Cuadro 17).

Cuadro 16

Promedio de pesos (Kg), y error estándar (ee), de diversos órganos *post mortem* y alometría del brazuelo de los cerdos sacrificados después de su engorda (23 semanas de vida), en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional).

Variable	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
Corazón	0.388	$\pm$	0.02	0.344	$\pm$	0.02	0.1139
Hígado	1.600	$\pm$	0.05	1.500	$\pm$	0.05	0.5131
Brazuelo	0.815	$\pm$	0.02	0.813	$\pm$	0.02	0.8900
Brazuelo (frío)	0.804	$\pm$	0.02	0.801	$\pm$	0.02	0.9196
Músculo	0.292	$\pm$	0.01	0.293	$\pm$	0.01	0.9629
Hueso	0.306	$\pm$	0.02	0.295	$\pm$	0.02	0.6769
Piel	0.103	$\pm$	0.04	0.105	$\pm$	0.04	0.7516
Grasa subcutánea	0.080	$\pm$	0.05	0.081	$\pm$	0.05	0.8290
Grasa intermuscular	0.009	$\pm$	0.01	0.007	$\pm$	0.01	0.4256
Desechos	0.011	$\pm$	0.04	0.016	$\pm$	0.04	0.3812

Cuadro 17

Promedio de pesos (Kg), y error estándar (ee), de diversos órganos *post mortem*, y alometría del brazuelo de los cerdos sacrificados después de su engorda (23 semanas de vida), con dos dietas diferentes (orgánica y convencional).

Variable	Orgánico $\bar{x} \pm ee$			Convencional $\bar{x} \pm ee$			P
Corazón	0.373	±	0.02	0.359	±	0.02	0.6694
Hígado	1.600	±	0.05	1.600	±	0.05	0.8721
Brazuelo.	0.848	±	0.02	0.784	±	0.03	0.1578
Brazuelo (frío)	0.833	±	0.02	0.773	±	0.02	0.1873
Músculo	0.314	±	0.01	0.270	±	0.01	0.0701
Hueso	0.311	±	0.02	0.289	±	0.02	0.5199
Piel	0.109	±	0.04	0.100	±	0.04	0.3012
Grasa subcutánea	0.081	±	0.05	0.080	±	0.05	0.8672
Grasa intermuscular	0.008	±	0.01	0.008	±	0.01	0.7604
Desechos	0.006	±	0.04	0.021	±	0.04	0.0975

#### 4.4.2 Análisis físico-químico

No se encontraron diferencias por efectos de la interacción, en las variables de porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas, porcentaje de nitrógeno y porcentaje de extracto etéreo ( $P > 0.05$ ); en el AO los cerdos obtuvieron mayor porcentaje de nitrógeno que los cerdos del AC,  $36.3 \pm 1.1\%N$  vs  $33 \pm 1.1\%N$  ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente ( $P < 0.05$ ); los cerdos con DC mostraron mayor porcentaje de nitrógeno que los cerdos con DO,  $37.7 \pm 1.1$  vs  $31.6 \pm 1.1$ , ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente ( $P < 0.05$ ). En el Cuadro 18 se muestran las medias y error estándar de las variables por efecto del alojamiento en donde no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ); en el Cuadro 19 se observan las medias y error estándar de las variables por efecto de la dieta sin hallarse diferencias ( $P > 0.05$ ).

#### 4.5 Costos de producción de cerdos orgánicos

Se produjeron un total de 2,616.20Kg de peso vivo, de 30 cerdos con DO en ambos alojamientos (orgánico y convencional), a un costo total de \$94,982.48 pesos; el costo por Kg de cerdo producido fue de \$36.31 pesos de los cuales \$21.86 fueron por costos de alimentación y \$14.44 por otros conceptos.

Cuadro 18

Promedios y error estándar (ee), de diversos análisis físico-químicos de los músculos del brazuelo, de los cerdos sacrificados después de su engorda (23 semanas de vida), en dos alojamientos diferentes (orgánico y convencional).

Variable	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
Humedad (%).	74.5	$\pm$	0.4	74.7	$\pm$	0.4	0.7254
Cenizas (%).	1.9	$\pm$	0.1	1.7	$\pm$	0.1	0.2009
<b>Nitrógeno (%).</b>	<b>36.3</b>	$\pm$	<b>1.1</b>	<b>33.0</b>	$\pm$	<b>1.1</b>	<b>0.0297</b>
Extracto etéreo (%).	42.6	$\pm$	2.1	45.9	$\pm$	2.1	0.2792

Cuadro 19

Promedios y error estándar (ee), de diversos análisis físico-químico de los músculos del brazuelo, de los cerdos sacrificados después de su engorda (23 semanas de vida), con dos dietas diferentes (orgánica y convencional).

Variable	Orgánico			Convencional			P
	$\bar{x}$	$\pm$	ee	$\bar{x}$	$\pm$	ee	
Humedad (%).	74.4	$\pm$	0.4	74.9	$\pm$	0.4	0.4399
Cenizas (%).	1.9	$\pm$	0.1	1.8	$\pm$	0.1	0.2823
<b>Nitrógeno (%).</b>	<b>31.6</b>	$\pm$	<b>1.1</b>	<b>37.7</b>	$\pm$	<b>1.1</b>	<b>0.0002</b>
Extracto etéreo (%).	44.4	$\pm$	2.1	44.2	$\pm$	2.1	0.9404

El costo por cerdo fue de \$3,166.08 pesos en donde \$1,906.64 corresponden a conceptos de alimentación y \$1,259.44 por otros conceptos. En el Cuadro 20 se muestran los costos incurridos por la engorda de cerdos orgánicos; los costos incurridos para la elaboración de la dieta orgánica se muestran en el Cuadro 21, de la que se produjeron 7,993.4Kg.

Cuadro 20

Costos incurridos (\$ pesos), y porcentaje representativo del costo total (% CT), de la engorda de 32 cerdos con dieta orgánica en dos tipos de alojamiento (orgánico y convencional), durante 17 semanas.

Concepto	Costo Unitario (\$)	Subtotal (\$)	CT (%)
Dieta de tipo orgánica para 32 cerdos (4 fases)	NA	57,199.25	60.2
32 cerdos destetados para su engorda	NA	22,136.00	23.3
Kit de medicamentos alternativos	283.48	283.48	0.3
Renta de corrales	NA	4,000.00	4.2
Trabajador del área	51.95	6,182.05	6.5
Asesoría técnica	500.00	2,000.00	2.1
Mantenimiento	2,381.70	3,181.70	3.4
<b>Costo Total</b>		<b>94,982.48</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 21

Costos incurridos por la elaboración de la dieta orgánica (\$ pesos), por fase y totales para la engorda de 32 cerdos en dos tipos de alojamiento (orgánico y convencional), durante 17 semanas.

Concepto	Iniciador (\$)	Crecimiento (\$)	Desarrollo (\$)	Finalizador (\$)	Totales (\$)
Varios	704.09	704.09	704.09	704.09	2,816.37
Plátano (ensilado)	589.14	308.45	439.99	560.20	1,897.77
Sorgo (ensilado)	703.04	368.08	525.06	617.08	2,213.25
Sorgo orgánico	1,473.27	5,525.82	8,046.50	9,826.96	24,872.55
Soya	1,030.02	1,833.55	2,615.51	3,073.90	8,552.98
Aceite de palma	2,587.58	1,864.40	2,346.62	3,079.64	9,878.24
Harina de pescado	1,220.15	1,377.13	1,462.97	174.95	4,235.21
Base mineral orgánica	315.91	573.16	879.30	964.51	2,732.88
Costo por fase	8,623.19	12,554.68	17,020.05	19,001.33	57,199.25
Costo por Kg	8.96	7.33	6.96	6.61	7.16

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Alojamiento

Los alojamientos orgánicos fueron utilizados anteriormente en estudios de transición a sistemas orgánicos, donde albergaron cerdas convencionales de servicio a destete, los cerdos destetados permanecieron ahí mientras se criaron y seleccionaron hembras reproductoras; las cerdas seleccionadas, permanecieron en estos corrales hasta el destete de su primer camada, para proseguir con el destete y engorda del presente estudio. Las condiciones del AO no eran favorables, por lo que se reacondicionó con arena poma; por cuestiones administrativas del CEIEPP no fue posible adaptar otras áreas para este experimento.

La forma del manejo y no el sistema de producción, ocasiona riesgos ecológicos (Sundrum, 2001). En la producción orgánica los riesgos ecológicos por contaminación del suelo, son por la acumulación excesiva de nutrientes y lixiviación a estratos más profundos, así como la compactación del suelo (Quintern y Sundrum, 2006; Halberg *et al.*, 2010).

Para evitar la deposición excesiva de N y P (ocasionada por el acumulo de heces y orina [urea, amonio, nitratos, N-inorgánico]), la compactación del suelo, desertización del área y cumplir con las regulaciones orgánicas en el rubro del medio ambiente, se recomienda usar las áreas sin acceso al aire libre como zonas limpias con piso de tierra y las áreas con acceso al aire libre como zonas sucias. El piso de cemento debe de cumplir con las medidas necesarias para su limpieza y desinfección; contrario a lo sucedido en el AO del estudio debido a que el acceso al aire libre fue de piso de tierra dificultando las actividades de limpieza.

En condiciones de pastoreo, se recomienda realizar éste de forma rotacional y por intervalos de una semana. En ambos casos sembrar plantas fijadoras de N ha mostrado reducción en los niveles de N y P (Sundrum, 2001; Halberg *et al.*, 2010).

La adecuada formulación de las raciones alimenticias evitar el exceso de proteína y el exceso de excreción de N en forma de urea; así mismo la inclusión de forrajes reduce el riesgo de contaminación (Halberg *et al.*, 2010), situación fue bien establecida para la realización del presente estudio.

## **5.2 Alimentación alternativa**

Según Strudsholm y Hermansen (2005), no solo del tipo de alojamiento sino también de la forma en la que se ofrece el alimento depende el desempeño productivo de los cerdos, al ser más importante el tipo de alimentación que el tipo de alojamiento.

Los aportes de proteína cruda del sorgo orgánico van de 4.5 a 16.5% (Millet *et al.*, 2006). En éste estudio se utilizó sorgo orgánico con 5.05% de proteína cruda, lo cual dificultó la formulación de la dieta, aunque éste sea el grano más utilizado para cubrir el aporte de aminoácidos en la porcicultura convencional (Hovi y Sundrum, 2003), se requirió complementar con pasta de soya y harina de pescado en menos del 20% de inclusión, respetando los estándares de CERTIMEX (2005).

Edwards (2005), menciona que según el tipo de alimentación hay mayores niveles de ácidos grasos poliinsaturados, músculo, vitamina E y mejor sabor de la carne, con mayor vida de anaquel por la concentración de antioxidantes. Al usar aceite de palma se promovió la deposición de ácidos grasos de cadena larga.

La inclusión de fibra en las dietas es algo preocupante en la porcicultura debido a la pobre digestibilidad y aumento del volumen en el tracto gastrointestinal. En las granjas convencionales se trata de reducir la fibra al máximo en la etapa de la engorda; sin embargo, en la porcicultura orgánica es requerida, se dice que hay bajo desempeño por su uso en fresco, por lo que un tratamiento es necesario.

En la DO el plátano fue enriquecido con sorgo molido y sometido a ensilado mejorando su aporte nutricio (Ly, 2004), además otros investigadores indican que este tipo de ensilados producen beneficios como la promoción de la microflora

deseable como prebiótico, un buen desarrollo del epitelio gastrointestinal y prevención de úlcera gástrica (Edwards, 2005; Høøk *et al.*, 2009; Hurtado, 2010).

### **5.3 Pesajes**

En los cerdos engordados en AC\*DC, se observó un menor peso en el primer periodo de la engorda. En un análisis posterior, se observó menor peso en los cerdos de origen orgánico que los de origen convencional ( $17.4 \pm 0.9\text{Kg}$  vs  $20.2 \pm 0.9\text{Kg}$  respectivamente,  $P < 0.05$ ), lo que afectó el primer peso de esta interacción, ya que los cerdos de origen orgánico bajo este tratamiento (AC\*DC), fueron el grupo de cerdos menos pesado del destete orgánico ( $10.1 \pm 1.2\text{Kg}$ ); sin que esto afectara la GDP de ese periodo. Posteriormente no se observaron efectos por las interacciones del tipo de origen, dieta y alojamiento o sus efectos aislados.

Wallenbeck *et al.*, (2009), señalan que los cerdos no alcanzaron el peso a mercado de 100Kg en el tiempo adecuado bajo condiciones orgánicas (20-23 semanas de vida), en tanto que Gentry *et al.*, (2002), mencionan que esto depende de las condiciones climáticas del medio ambiente; sin embargo, reportaron mayor peso a sacrificio en condiciones al aire libre.

En contraste, Bates *et al.*, (2011), no encontraron diferencias en los pesos de cerdos engordados en alojamientos con clima controlado o en condiciones sin control; al igual que los resultados de Strudsholm y Hermansen (2005). En los resultados obtenidos en este estudio, no se encontraron diferencias en la edad y peso a sacrificio (100Kg), entre el sistema convencional y el sistema orgánico.

Por otro lado, Hansen *et al.*, (2006), registraron mayor duración y menor peso a sacrificio en sistemas orgánicos contra los hallados en sistemas convencionales, por efecto de la DO con 30% de inclusión de ensilado de sorgo y chícharo o ensilado de pasto; sin embargo, no reportan diferencias con dietas de puro concentrado. Efecto no observado en los resultados del presente estudio.



Existen reportes de pesos similares durante la iniciación y crecimiento de un comparativo entre cerdos en cama profunda y alojamientos con acceso al aire libre, en donde los pesos finales fueron mayores en los alojamientos con acceso al aire libre, siendo menores los de cama profunda (Sulbaran *et al.*, 2009).

#### **5.4 Ganancia diaria de peso**

En la segunda fase del iniciador se observó una menor GDP en el AO, esto se debió a la adaptación que sufrieron los cerdos de origen convencional al ser alojados en el AO, efecto que se puede observar numéricamente desde la primer GDP, y que repercutió significativamente en la segunda GDP.

En un análisis estadístico subsecuente se observó el efecto del alojamiento sobre la GDP de cerdos según su origen. En la primer fase del iniciador, los cerdos de origen convencional en AO tuvieron menor GDP que los cerdos de origen convencional en AC,  $0.419 \pm 0.03\text{Kg}$  vs  $0.532 \pm 0.03\text{Kg}$  ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente ( $P < 0.05$ ), sin encontrar efectos posteriores por tipo de alojamiento en ambos tipos de origen (orgánico y convencional).

Por otro lado, en los AO se realizó otro análisis, en donde se observó efecto por el tipo de origen sobre la GDP de la primer fase del iniciador, en donde el AO mostró mayor GDP en cerdos de origen orgánico que en cerdos de origen convencional,  $0.525 \pm 0.03\text{Kg}$  vs  $0.419 \pm 0.03\text{Kg}$  ( $\bar{x} \pm ee$ ), respectivamente ( $P < 0.05$ ), sin efectos en las siguientes GDP. Confirmándose la mejor adaptación de los cerdos de origen orgánico al haber nacido bajo éstas condiciones, que los cerdos de origen convencional que provenían de la sala de destetes y fueron expuestos al AO.

En general, las GDP obtenidas en el presente estudio, fueron similares a las de los sistemas convencionales, similar a los resultados reportados por Strudsholm y Hermansen (2005), por otro lado, Wallenbeck *et al.*, (2009), observaron GDP menores en condiciones orgánicas y en condiciones de alojamientos alternativos de cama profunda, y al igual que Patton *et al.*, (2008), encontraron mejores GDP en AC; en concordancia y como sugiere Edwards (2005), las bajas GDP son por cuestiones

de gasto energético debidos a procesos de termorregulación, al existir condiciones frías y húmedas de los alojamientos. Sin embargo, Gentry *et al.*, (2002), y Sulburan *et al.*, (2009), indican mayor GDP en los alojamientos con acceso al aire libre y AC contra alojamientos con cama profunda, al no encontrar diferencias en la GDP de cerdos en condiciones orgánicas contra cerdos en condiciones convencionales, resultados similares a los presentados por Millet *et al.*, (2004).

Hyun *et al.*, (2005), y Bates *et al.*, (2011), sugieren que al no haber control en la temperatura, hay menores GDP ya sea por el gasto energético por termorregulación en bajas temperaturas, o el estrés ocasionado por altas temperaturas. Jiménez (2011), sugiere que las fluctuaciones de temperatura ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$  por hora), afectan adversamente el rendimiento de los cerdos en crecimiento, principalmente en la primera semana post destete.

En los resultados presentados, no se observaron diferencias en las GDP debido a que los alojamientos ofrecían confort térmico; así como sugiere Spoolder (2007), los AO ofrecían microambientes adecuados y adaptables a los cambios climáticos, cumpliendo con la libertad de confort térmico, evitando estrés y gasto energético por termorregulación.

Las temperaturas recomendadas en la engorda son de 13 a  $18^{\circ}\text{C}$ ; la temperatura promedio calculada en este estudio, fue de  $21.0 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$  y una precipitación pluvial de  $6.1 \pm 1.6\text{mm}$ . Bates *et al.*, (2011), no encuentran correlación por factores climatológicos en ambientes no controlados; sin embargo, Werner *et al.*, (2007), y Wallenbeck *et al.*, (2009), encontraron una débil correlación entre la GDP y el clima bajo sistemas de producción orgánico y convencional, similar a los resultados obtenidos en esta investigación, en donde las temperaturas mínimas tuvieron fuerte correlación positiva, reflejando falta de microambiente cálido en los AO y AC; en tanto que la precipitación pluvial mostró correlación positiva en los AC pudiendo ser un factor térmico donde se cree que mitigó el calor de los AC, o provocó inactividad

por condiciones húmedas y frías, sin que esto significara una baja GDP por termorregulación fisiológica.

Millet *et al.*, (2004), hallaron baja GDP en la fase de crecimiento, en una dieta de tres fases, sin encontrar diferencias posteriores. Por otro lado, Spoolder (2006), encuentra menores GDP por dietas con inclusión de ensilado, contrario a lo observado en el presente estudio con una dieta más específica al ser de cuatro fases y con un eficiente balanceo en el uso de ensilados, lo que evito que la dieta fuese un factor significativo en la GDP.

### **5.5 Conversión alimenticia**

Como se ha mencionado anteriormente, los efectos de termorregulación afectan al desempeño; existe un efecto compensatorio aumentando el consumo y la CA, esto se ha observado en condiciones de alojamientos alternativos de cama profunda (Patton *et al.*, 2008; Sulburan *et al.*, 2009; Jiménez, 2011), en contraste a ello Millet\* *et al.*, (2005), no apreciaron mayor consumo para contrarrestar la termorregulación, similar a lo observado en este experimento.

En los alojamientos con acceso al aire libre y dieta *ad libitum*, Hansen *et al.*, (2006), evidenciaron mayor CA en el sistema orgánico que en el convencional, similar a los hallazgos de Millet *et al.*, (2004), y Strudsholm y Hermansen (2005); sin embargo, al restringir el alimento la CA fue similar al sistema convencional. Las deficiencias en la dieta también son causa de malas CA, como lo mostraron Millet *et al.*, (2006), al ofrecer dietas bajas en niveles de proteína.

El AO mostró una tendencia que pudiese indicar bajo confort térmico o una mayor actividad física que pudiese provocar mayor CA de los cerdos; sin embargo, el efecto no fue significativo. La DO fue balanceada para cubrir los requerimientos nutricionales en cuatro fases fisiológicas de la engorda por lo que no mostró efectos significativos sobre la CA.

## **5.6 Grosor de grasa dorsal**

Pese a la mejor absorción del cebo animal, la DO mostró mayor acumulo de GD posiblemente por la mejor digestibilidad del aceite de palma. Los cerdos AC\*DO tuvieron menor deposición de GD que en los demás tratamientos, al requerir energía para termorregulación hay una pobre o nula deposición de energía.

Millet *et al.*, (2004), no observaron diferencias por el tipo de alojamiento o dieta; sin embargo, tal como sugieren Patton *et al.*, (2008), Wallenbeck *et al.*, (2009), y Jiménez (2011), es evidente el efecto de termorregulación, al encontrar pobres mediciones de GD en condiciones no convencionales y orgánicas.

Por su parte Bates *et al.*, (2011), demuestran una mayor deposición de GD en cerdos bajo condiciones ambientales controladas, por lo que la GD no debería ser mayor en AO, similar a lo reportado por Millet *et al.*, (2005). En contraste Strudsholm y Hermansen (2005), observaron menor GD en alojamientos convencionales y mayor deposición de GD en alojamientos al aire libre.

## **5.7 Tasa de mortalidad**

Pese que Kijlstra y Eijck (2006), recalcan que la salud animal en sistemas orgánicos está mal interpretada y como sugiere Barton (2002), el uso de medicina alternativa es ineficiente por la falta de evidencia científica, en las condiciones del AO la mortalidad fue nula (AO\*DO y AO\*DC), y pese a los esfuerzos realizados con medicina tradicional la mortalidad en condiciones del AC fue de 9.38% (AC\*DO y AC\*DC).

Millet *et al.*, (2005), evidenciaron mayor resistencia adquirida en cerdos en AO que en AC, sin haber efecto por el tipo de dieta, mientras que Guy *et al.*, (2002), y Hovi *et al.*, (2003), observaron menos mortalidad y menos procesos patológicos en condiciones orgánicas o al aire libre. Similar a lo observado durante el desarrollo del presente estudio.

Aunque las parasitosis son un tema a considerar, Boes *et al.*, (2010), no encontraron efectos negativos por la presencia de *Áscaris suum* en sistemas convencionales; sin

embargo, es posible que afecten las variables de GDP y CA. Los cerdos de este experimento fueron desparasitados, empero, en el sacrificio se observó la presencia del parásito en todas las unidades experimentales sacrificadas (todos los tratamientos), sin que esto representara efectos negativos en las canales, similar a lo reportado por Cagienard *et al.*, (2005), al no encontraron diferencias entre sistemas convencionales y sistemas alternativos y contrario a lo reportado por Honeyman *et al.*, (2006). Las condiciones ambientales adversas también son causa de estrés e inmunodepresión al sobrepasar los sistemas adaptativos de los cerdos (Tejeda *et al.*, 2002), situación que no se presenció en los AO del presente estudio debido a que se ofreció libertad de confort.

### **5.8 Bienestar animal**

Según Tejeda *et al.*, (2002), y Alonso *et al.*, (2006), se han alterado drásticamente las interacciones al reducir los espacios y recursos, bloqueando los actos de motivación para realizar conductas propias de la especie, aún así Lund y Algiers (2003), y Kijlstra *et al.*, (2009), mencionan que los sistemas orgánicos son malos para el bienestar animal, incluso cuando exista mayor actividad y menor estrés, afirmando haber superior bienestar animal bajo condiciones convencionales porque se evita la predisposición a enfermedades y parasitosis; sin embargo, en los resultados mostrados se puede apreciar que en las condiciones de AO, los cerdos tuvieron superior bienestar. Cagienard (2005), observó menor presencia de comportamientos anormales, en cerdos alojados en sistemas amigables contra AC, así como un incremento en la salud y bienestar por el uso de cama y acceso a zonas al aire libre

Según Fraser (1990), la importancia adaptativa de la exploración, radica en que los animales que conocen mejor su ambiente, se encuentran mejor adaptados para sobrevivir en este, los cerdos en AO del presente estudio tuvieron la oportunidad de expresar la mayoría de sus comportamientos naturales, por lo que se evitó la inactividad así como situaciones de estrés crónico con la subsecuente baja de inmunidad y susceptibilidad de enfermedades. Bolhuis *et al.*, (2006), menciona que las experiencias previas de los cerdos, tienen relación con el desempeño en las

etapas posteriores, en el presente observó en la adaptación de los cerdos durante el inicio del proyecto, cuando los cerdos de origen orgánico fueron cambiados a los AC sin presentar afectaciones en las variables productivas y en la mayor expresión de comportamientos naturales en los AO.

Según Van de Weerd y Day (2009), el acceso al aire libre permite cambios constantes en el alojamiento, estimulando la expresión de ciertos comportamientos exploratorios, situación que fue observada en los resultados de las observaciones de conducta del presente estudio, por la complejidad de los AO, contrario a lo observado por Laister y Konrad (2005), quienes reportan 20% de exploración y 70% de inactividad en condiciones orgánicas de pastoreo; Según Høøk *et al.*, (2009), la presencia de forraje aumenta la motivación de expresión de pastoreo, hozado y exploración en general.

El AO carecía de forraje; sin embargo, se observó dicho estímulo por el forraje circundante delimitado por la malla ciclónica de los AO, siendo una de las zonas predilectas para la expresión de esas conductas.

Por otro lado se presenció un excelente resultado por el entrenamiento de los cerdos en AO, ya que al cabo de cinco días los cerdos asociaron el silbido, con la división por corrales a la hora de su alimentación, e incluso cuando se requirió separarlos para realizar algún manejo. Así se facilitó el manejo general y mejoró la interacción hombre-animal; sin embargo, Hemsworth (2003), menciona que en los sistemas modernos de producción intensiva, las interacciones entre el personal de la granja y los animales pueden limitar la productividad y bienestar de los mismos. Empero, hay indicios de que refuerzos positivos que suplementan la falta de estímulos e interacciones, evitan desencadenar conductas de apatía; la buena relación hombre-animal se considera cuando se reduce la distancia de huida y la emisión del “ladrido”, el efecto se crea por habituación, mejorando esta al existir refuerzos positivos como la calidad humana en el trato, o la asociación de la presencia del humano con recursos como el alimento (Spoolder, 2007).

Según los criterios del protocolo de Welfare-Quality (2009), menos del 60% de animales debe huir en respuesta al estímulo de la presencia humana, en el presente estudio en los AO los cerdos no manifestaba la conducta de huida, contrario a los AC. Honeyman *et al.*, (2006), observaron una mayor facilidad de manejo y menos conductas aberrantes en alojamientos alternativos de cama profunda similar a lo observado en los AO de esta investigación; según Van de Weerd y Day (2009), no solo el enriquecimiento con objetos, material de cama o alojamientos alternativos, mejora la relación hombre-animal, y como sugiere Hurtado (2006), las prácticas de manejo y alojamientos, deben buscar prevenir desordenes de comportamiento.

Se observó una tendencia en el aumento del uso del área con acceso al aire libre como área sucia y viceversa durante los primeros 90 días de la engorda, pero a partir del día 91 se pierde ésta; fenómeno que sucedió debió al encierro de los cerdos durante las últimas dos semanas de la engorda en las divisiones sin acceso al aire libre del AO con fines de comercialización, lo que incrementó la humedad del área sin acceso al aire libre. Según Jiménez (2011), los pisos húmedos incrementan la demanda de temperatura crítica mínima, perdiendo hasta 10°C, ocasionando desperdicio de energía y entre otras consecuencias problemas de salud.

Martínez y Caballero (1994)<sup>4</sup>, consideran correcto que del 60 al 70% del área del corral este limpia, siendo la ventilación un factor crítico para abatir la humedad (generada por micción y defecación), como lo menciona Alonso *et al.*, (2006), y dependiendo del tipo de cama o suelo la generación de un microambiente adecuado (Spolder, 2007). Los cerdos delimitaron las zonas de excreción, las que permanecieron bien definidas durante la engorda, incluso después de haber humedad por factores meteorológicos, representando más del 80% del área del AO limpia.

Las lesiones que con mayor frecuencia son observadas en los sistemas con acceso al aire libre, son las quemaduras por el sol, ya que hasta en un 25% de la inactividad

---

<sup>4</sup> Martínez, G.R., Caballero, O.H. Requerimientos y medidas en construcciones porcinas. Departamento de Producción porcina FMVZ-UNAM (1994).

sucede bajo el sol (Cagienard *et al.*, 2005), existiendo mayor prevalencia durante la lactancia que en otras etapas (Hovi y Sundrum, 2003).

Guy *et al.*, (2002), y Spoolder (2007), notaron menos lesiones en condiciones al aire libre o alojamientos alternativos que en AC, ya que los ambientes enriquecidos promueven la distracción y menos contactos agresivos entre cerdos según lo observado por Van de Weerd y Day (2009); en oposición a ello, Cagienard *et al.*, (2005), presentaron una correlación negativa entre alojamientos alternativos y lesiones, así mismo Gentry *et al.*, (2002), muestran resultados similares al haber más lesiones en alojamientos alternativos de cama profunda que en AC, pero mencionan que sus resultados fueron debidos al exceso de humedad. Como se ha observado las condiciones de humedad no fueron un factor significativo en los resultados del presente estudio y el mayor espacio por animal evitaron la presencia de lesiones en los AO.

La suciedad de los cerdos en AO se debió al tipo de suelo y condiciones climatológicas, ya que por la precipitación pluvial, se hicieron charcas y lodazales, zonas recorridas para refrescarse y adquirir una película de lodo protectora del sol; cabe mencionar que los cerdos ubicaron una zona diferente a las charcas para la excreción y micción. Cagienard *et al.*, (2005), observaron menor suciedad en cerdos bajo condiciones amigables que en sistemas convencionales; en los cerdos en AC se registró mayor suciedad en la región caudal, probablemente por la presencia de conductas aberrantes como la de “perro sentado”; no se pudo constatar esta posición en los animales bajo estudio.

Con estas observaciones y la tasa de mortalidad se observó superior bienestar animal en condiciones orgánicas, resultados similares fueron reportados por Guy *et al.*, (2002), al hallar bienestar animal en sistemas con acceso al aire libre. Por otro lado, Millet *et al.*, (2005), informan de niveles de haptoglobina menores en AO que en AC; la haptoglobina es una proteína de respuesta aguda en procesos inflamatorios, que es usada para la evaluación de procesos subclínicos y bienestar animal (Hiss *et*



*al.*, 2003). Spoolder (2007), indica que si se ofrecen alojamientos, alimento y manejos adecuados, la producción orgánica ofrece superior bienestar animal que los sistemas convencionales; no se deben de confundir los conceptos de bienestar animal y desempeño productivo, que en los resultados mostrados no presentó diferencias, pero si superior bienestar animal.

### **5.9 Resultados de la canal y aporte nutricional de la carne**

El finalizado de los cerdos es considerado de mejor calidad si se realiza bajo condiciones controladas (Bates *et al.*, 2011); se han reportado mejores pesos de canal en condiciones convencionales (Hansen *et al.*, 2006; Patton *et al.*, 2008); sin embargo, y en concordancia con los resultados del presente estudio, no se encontraron diferencias por el tipo de alojamiento (Laister y Konrad 2005; Strudsholm y Hermansen, 2005; Sulburan *et al.*, 2009; Bates *et al.*, 2011). En contraste a ello los resultados de Gentry *et al.*, (2002), encontraron mayor peso en alojamientos con acceso al aire libre.

En relación al rendimiento de la canal, Honeyman *et al.*, (2006), mencionan mayor rendimiento en AC. En contraste a ello y similar a lo encontrado en el presente estudio, Millet *et al.*, (2004), Laister y Konrad (2009), y Sulburan *et al.*, (2009), no encontraron diferencias en el rendimiento de la canal; en tanto que el rendimiento de canal reportado por Patton *et al.*, (2008), es mayor en cama profunda.

El peso y rendimiento dependen del desempeño de la engorda, en donde no hubo diferencias.

Los cerdos con DO obtuvieron una longitud de canal mayor que los cerdos con DC, la formulación de la base mineral orgánica para este estudio, debió permitir un mejor desarrollo del sistema óseo. No se observaron diferencias por el tipo de alojamiento, similar a lo reportado por Sulburan *et al.*, (2009), y en contraste a lo reportado por Gentry *et al.*, (2002), quienes obtuvieron canales más largas en alojamientos con acceso al aire libre, debido a la mayor actividad de esos alojamientos.

Wallenbeck *et al.*, (2009), observaron buen porcentaje de cortes magros en cerdos orgánicos, sin encontrar diferencias con los cerdos convencionales. Debido a una mayor longitud de la canal de cerdos alimentados con DO, el porcentaje de cortes magros mostró ser mayor numéricamente y con cierta tendencia ( $P < 0.0591$ ), la cual no se consideró como significativa.

Existe una correlación positiva entre el ojo del lomo y la longitud de la canal y una correlación negativa con la deposición de la GD, no observadas en estos resultados al no encontrar diferencias en el área del ojo del lomo, similar a lo reportado por Bates *et al.*, (2011), quienes no encuentran diferencias entre ambientes con o sin control. Honeyman *et al.*, (2005), y Patton *et al.*, (2008), mencionan que los cerdos en condiciones convencionales mostraron mayor área del ojo del lomo que cerdos en alojamientos alternativos; sin embargo, Gentry *et al.*, (2002), registraron mayor área del ojo del lomo en sistemas con acceso al aire libre.

En ambientes controlados la deposición de grasa debe ser mayor (Bates *et al.*, 2011), como lo muestran Gentry *et al.*, (2002), y Strudsholm y Hermansen (2005), quienes encontraron menor deposición de grasa en cerdos criados con acceso al aire libre; sin embargo, Millet *et al.*, (2004), y Honeyman *et al.*, (2005), indican mayor acumulo de grasa en condiciones alternativas. En similitud a los resultados del presente estudio; Sulburan *et al.*, (2009), no obtuvieron diferencias por tipo de alojamiento.

El color de la carne depende de la caída del pH *post mortem*, indicando un proceso adecuado o no en el proceso de matanza. En el presente estudio no se observaron diferencias en el color de la carne por efecto de los tratamientos; presentando un color normal, similar a lo percibido por Bates *et al.*, (2011).

Gentry *et al.*, (2002), observaron una carne más oscura en sistemas al aire libre, indicando estrés crónico por el manejo previo a la matanza; en contraste a lo reportado por Millet *et al.*, (2004), quienes encontraron acidez normal en la carne orgánica. Debido a que el pH se pierde a diferentes velocidades en presencia de

estrés agudo o crónico, aumenta el riesgo de contaminación de la carne por patógenos; Nygaard *et al.*, (2005), mencionan riesgos de salud pública en los productos orgánicos, por la sobrevivencia de agentes patógenos, pudiendo ser el estrés factor negativo en la carne de cerdos orgánicos; sin embargo, Millet *et al.*, (2005), indican menor estrés durante el sacrificio de cerdos engordados en condiciones orgánicas que los engordados en sistemas convencionales, ofreciendo una mejor calidad de canal.

En el sacrificio se observó mayor facilidad de manejo en los cerdos de origen orgánico y en los cerdos en AO, similar a lo mencionado por Bolhuis *et al.*, (2006), al haber facilidad de manejo y menor estrés consecuente de un ambiente con altas interacciones durante la lactación.

Por razones comerciales y administrativas del CEIEPP, solo se permitió el corte del brazuelo izquierdo, sin la posibilidad de tomar muestras de cortes de mayor importancia como lo son el lomo o la pierna. No existen estudios en los que se analicen los brazuelos como parte representativa del crecimiento, desarrollo y aporte nutricional de la carne en cerdos; es importante buscar correlaciones de cortes menos importantes con los cortes de alto valor comercial, para la realización de estudios sin comprometer el valor de la canal y así evitar pérdidas al productor.

En humanos, el antebrazo es utilizado para medir la densitometría de los huesos y el porcentaje de grasa del cuerpo (Huat *et al.*, 2007), en general el desarrollo muscular es similar en todos los músculos del cuerpo, especializándose conforme avanza la madurez y uso de estos. El crecimiento muscular depende de las fibras musculares con las que se nacen, primero se desarrolla el hueso, posteriormente el músculo y la grasa; del buen desarrollo de cada uno depende el éxito del próximo tejido (Wigmore, 1983).

Se observó mayor acumulo de proteína (nitrógeno), por efecto del AO, debido a una mayor actividad de los cerdos en esos alojamientos; el mayor acumulo de proteína con la DC, se debe al promotor de crecimiento existente en el alimento comercial;

Gentry *et al.*, (2002), y Millet *et al.*, (2004), encontraron mayor deposición muscular en condiciones al aire libre y en condiciones orgánicas respectivamente. En el caso de la grasa intramuscular Millet *et al.*, (2004), y Hansen *et al.*, (2006), observaron un mayor acumulo; el crecimiento rápido de los cerdos hace que haya bajo acumulo de grasa intramuscular (Latorre *et al.*, 2008), en condiciones orgánicas está prohibido promover el crecimiento acelerado.

### **5.10 Costos de producción de cerdos orgánicos**

El costo por Kg de peso producido fue más alto que el actual en la porcicultura convencional que es de \$22 pesos por Kg (SNIIM, 2011). Jiménez (2011), al establecer un sistema con alojamiento alternativo, reportó un costo menor que el convencional fijando este en \$16 pesos por Kg producido, esto por los bajos costos de las instalaciones. El hecho de ser un producto orgánico le confiere un valor agregado de hasta el 30% (Hermansen, 2003; Hurtado, 2006); sin embargo, el costo obtenido es 60% mayor al costo de producción convencional.

Los costos por alimentación son similares a los de las producciones convencionales, representando el 60% del costo total. Jiménez (2011), reportó que el 75% del costo total fue por costos de alimentación; según estimaciones de Rabobank<sup>5</sup> (2010), los costos por alimentación en condiciones orgánicas oscilan entre 60 y 85% del costo total y los costos fijos entre el 10 y el 20%.

Los costos fijados por el CEIEPP por el concepto de lechones representaron el 23% superando el estimado de costos fijos, por lo que el costo por Kg producido aumentó; debido a que el porcentaje de los costos de la alimentación es adecuado a lo esperado, se deben hacer análisis de los costos del lechón bajo condiciones orgánicas, para poder apreciar el costo real de la engorda orgánica de cerdos.

Dentro de la ideología de la producción orgánica los insumos deben ser producidos por la misma granja hasta en un 50% reduciendo substancialmente los costos

---

<sup>5</sup> Banco Holandés Rabobank Nederland, Croeselaan 18 Utrecht, estimaciones de Rabobank en base a los informes de interpig, USDA 2010. NL [www.mcsfulfilment.nl](http://www.mcsfulfilment.nl)

(Hurtado *et al.*, 2008); el mayor costo en la elaboración de la dieta fue por el sorgo integral orgánico representando el 43% del costo de la alimentación.

El costo del iniciador orgánico fue más alto que su similar comercial, oscilando esta diferencia entre \$1.8 y \$4 pesos; en el caso del costo del crecimiento orgánico el rango va de \$0.94 a \$2.28 pesos y en el costo de las fases de desarrollo y finalizador orgánicos entre \$1.37 hasta \$1.86 pesos según los precios comerciales en México al 2011.

## **6. CONCLUSIONES**

No se encontraron diferencias en los parámetros productivos, características de canal y aporte nutricional de la carne de cerdos engordados en dos tipos de producción (orgánico y convencional). En la producción orgánica se evidenciaron mejores condiciones de bienestar animal y un mayor costo por Kg producido.

Es importante entender la dinámica de la producción orgánica de cerdos, para controlar y proveer los estratos necesarios según los estándares impuestos por las empresas certificadoras, sin que esto diezme el desempeño productivo. Quizá nunca se supere el nivel de eficiencia de una granja convencional intensiva; sin embargo, el uso adecuado de la zootecnia y la adaptación de tecnologías logran desempeños similares.

Esta alternativa de producción es necesaria en México, ya que el sistema convencional es económicamente inaccesible para la porcicultura tradicional, la cual tiene afinidad a la conversión orgánica, con la posibilidad de mejorar su situación actual; además de que se debe abastecer un mercado creciente que solicita calidad, menos residuos y se interesa por el bienestar animal.

En lo que refiere al experimento, los alojamientos deben de cumplir con las cinco libertades y no solo con los requerimientos de las empresas certificadoras, de esta manera se evitan problemas sanitarios, físicos y ecológicos. Dependiendo de ello el tipo de alimentación, de lo que dependerá el buen desempeño del cerdo, al ofrecer insumos de alto valor biológico o en su defecto, buscar el proceso adecuado que mejore factores antinutricionales.

El adecuado balanceo de la dieta según los requerimientos por etapa fisiológica y tipo de alojamiento, es imperativo, como se observó en el éxito de la dieta del presente estudio. Así se garantiza un buen aporte nutricional, al costo justo y sin riesgos de contaminación de los suelos.

Al tener bien establecidos los alojamientos y alimentación, se brinda mayor oportunidad de bienestar animal y al haber alto número de interacciones que promuevan el comportamiento natural de los cerdos, se reducen los comportamientos aberrantes y lesiones, para ofrecer un producto de alta calidad, que mostró tener características de canal similares a las del sistema convencional, con características preferenciales por el tipo de ingredientes utilizados sin residuos químicos.

La medicina alternativa quizá sea un recurso pobre en la medicina veterinaria de especies de producción, sin que ello ponga en duda su eficiencia. Los costos de producción deberían haber sido menores por la reducción en medicamentos, uso de alimentos alternativos, baja inversión de instalaciones recuperando una mejor ganancia por el valor agregado, siendo uno de los motivos por los que la porcicultura tradicional pueda tener acceso a este tipo de sistemas.

Desafortunadamente se ha perdido el contexto original ya que cualquier productor puede recibir la certificación orgánica, al cumplir con las normas establecidas, sin cumplir con todo lo que representa la ideología de la producción orgánica y sus beneficios con el medio ambiente, los animales y la sociedad.

## 7. REFERENCIAS

Alimentaria Exhibitions. (Boletín informativo). El mercado de los alimentos orgánicos en México. México Alimentaria. Expo de Alimentos y Bebidas. 3 y 4 de junio, 2008. Centro de Exposiciones Banamex, México, D. F. 2008 Alimentaria Exhibitions®.

Alonso SML. Capítulo 8: Etología aplicada en los porcinos. En: Etología Aplicada. F Galindo M. y A. Orihuela (Eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. IFAW (International Fund for Animal Welfare). México, D.F. 2004:181-218.

Alonso M, Ramírez R, Mota D, Escobar I. Manual de prácticas del módulo equilibrio de nutrientes para monogástricos/selección de pie de cría. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, UTEA, México 2006.

AOAC. The Scientific Association Dedicated to Analytical Excellence. Official method 950.46 moisture in meat; Official method 991.36 fat (crude), in meat and meat products; Official method 981.10 crude protein in meat, block digestion method; Official method 920.153 ash in meat. Official methods of analysis of the AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, Maryland, USA 1999.

Barton PG. Welfare of animal production in intensive and organic systems with special reference to Danish organic pig production. Meat Science. 2002; 62:353-358.

Bates RO, Edwards DB, Ernst CW, Doumit ME, Hoge MD. Influence of finishing environment on pig growth performance and carcass merit. Journal Swine Health Production. 2011; 19(2):86-93.

Boes J, Kanora A, Havn KT, Christiansen S, Vestergaard-Nielsen, *et al.*. Effect of *Ascaris suum* infection on performance of fattening pigs. Veterinary Parasitology. 2010, doi:10.1016/j.vetpar.2010.05.007



BØJ. Regulations for organic farming in Denmark. Executive order no. 892, October 27, 1994. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Denmark 1994. (En danés).

Bolhuis JE, Schouten WGP, Schrama JW, Wiegant VM. Effects of rearing and housing environment on behavior and performance of pigs with different coping characteristics. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006; 101:68-85.

Bravo AA. Ensilados de plátano-sorgo y embutidos para cerdas gestantes; digestibilidad y parámetros productivos. (Tesis de Maestría). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, México. 2011.

Broom DM. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*. 1986; 142:524-526.

Cagienard A, Regula G, Danuser J. The impact of different housing systems on health and welfare of grower and finisher pigs in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine*. 2005; 68:49-61.

CERTIMEX. Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, S.C. Normas para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de Productos Ecológicos. Oaxaca, México. 2005. [citado el 2 de noviembre 2010] disponible en: <http://www.certimexsc.com/docs/NormasCERTIMEXactualizadas2005%5B4%5D.pdf>.

Cisneros GF. El cerdo de marca, el orgánico y natural. *Acontecer Porcino*. 2004; 66:16-20.

Duncan IHJ. Animal welfare in the terms of feelings. *Acta Agriculturae Scandinavica Section. A, Animal Science Supplementum*. 1996; 27:29-35.

Edwards SA. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*. 2005; 94:5-14.

El-Hage SN, Hattam C. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad. Departamento Desarrollo Sustentable. FAO. 2003; pp. 280.

FAO. Facilitar el comercio de la agricultura orgánica. Sala de prensa. Buerkle, Teresa oficina de prensa FAO, Ginebra. 2008. [teresamarie.buerkle@fao.org](mailto:teresamarie.buerkle@fao.org). [citado el 2 de noviembre 2010] disponible en: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000933/index.html>.

Farm Animal Welfare Council (FAWC). Five freedoms. 1979 última modificación 16 de abril del 2009 [citado el 27 de octubre del 2011] disponible en línea en: <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>.

Figueroa V. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. Cuba: Ed. Academia. 1996; pp. 104.

Fraser AF, Broom DM. Farm Animal Behaviour and Welfare 3<sup>re</sup> ed. Baillere and Tindall, London and Saunders, New York. 1990; pp. 437.

García A, Ly J. Uso de diferentes niveles de residuos foliares de plátano en la alimentación del cerdo. Comportamiento de cerdos en ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 1994; 1(1):61-66.

García A. Uso de la proteína foliar en la alimentación del cerdo. Curso Internacional de Alimentación Porcina. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, Cuba. 1994.

Gentry JG, McGlone JJ, Blanton JR, Miller MF. Alternative housing systems for pigs: Influences on growth, composition, and pork quality. Journal of Animal Science. 2002; 80:1781-1790.

Guy JH, Rowlinson P, Chadwick JP, Ellis M. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: implications for welfare. Livestock Production Science. 2002; 75:233-243.

Halberg A, Hermansen JE, Sillebak IK, Eriksen J, Tvadegaard N, Molt PB Impact of organic pig production systems on CO<sub>2</sub> emission, C sequestration and nitrate pollution. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010; 4:721-731.

Hansen LL, Claudi-Magnussen C, Jensen SK, Andersen HJ. Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Science*. 2006; 74:605-615.

Heionen M, Gröhn YT, Saloniemi H, Eskola E, Tuovinen VK. The effects of health classification and housing and management of feeder pigs on performance and meat inspection findings of all-in-all-out swine-finishing herds. *Preventive Veterinary Medicine*. 2001; 49:41-54.

Hemsworth PH. Human-animal interactions in livestock production. *Applied Animal Behaviour Science*. 2003; 81:185-198.

Hermansen JE, Strudsholm K, Horsted K. Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry. *Livestock Production Science*. 2004; 90:11-26.

Hermansen JE. Organic livestock production systems and appropriate development in relation to public expectations. *Livestock Production Science*. 2003; 80:3-15.

Hiss S, Knura-Deszczka S, Regula G, Hennies M, Gymnich S, Petersen B, *et al.* Development of an enzyme immune assay for the determination of porcine haptoglobin in various body fluids: testing the significance of meat juice measurements for quality monitoring programs. *Veterinary Immunology Immunopathology*. 2003; 96:73-82.

Honeyman MS, Pirog RS, Huber GH, Lammers PJ, Hermann JR. The United States pork niche market phenomenon. *Journal of Animal Science*. 2006; 84:2269-2275.

Høek-Presto M, Algers B, Persson E, Andersson HK. Different roughages to organic growing/finishing pigs–Influence on activity behaviour and social interactions. *Livestock Science*. 2009; 123:55-62.

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; 80:41-43.

Huat FL, Zhang Q, Zhu K, Ma G, Greenfield H, Fraser DR. Influence of body composition, muscle strength, diet and physical activity on total body and forearm bone mass in Chinese adolescent girls. *British Journal of Nutrition*. 2007; 98:1281-1287.

Hurtado GE, Martínez GR, López MR, Bonilla PM. Conceptos sobre porcicultura orgánica. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, México. 2008.

Hurtado GE. Evaluación del comportamiento productivo de cerdas reproductoras en etapa de gestación; criadas en un sistema orgánico con la alimentación alternativa. (Tesis de Maestría). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2010.

Hurtado GE. Producción orgánica de cerdo: estudio recapitulativo. (Tesis de Licenciatura). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2006.

Hyun Y, Ellis M, Curtis SE, Johnson RW. Environmental temperature, space allowance, and regrouping: Additive effects of multiple concurrent stressors in growing pigs. *Journal Swine Health Production*. 2005; 13(3):131-138.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jilotepec, Estado de México. Clave geoestadística 15045. 2009.

Jiménez NJL. Establecimiento de un sistema alternativo para la engorda de cerdos en una granja a pequeña escala. (Tesis de Maestría). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2011.

Kijlstra A, Eijck IAJM. Animal health in organic livestock production systems: a review. *Journal of Animal Science*. 2006; 54(1):77-94.

Kijlstra A, Meerburg BG, Bos AP. Food safety in free-range and organic livestock systems: risk management and responsibility. *Journal of Food Protection*. 2009; 72(12):2629-2637.

Koning R. Results of a methodical approach with regard to external lesions of sows as an indicator of animal well-being. *Journal of Animal Science*. 1983; 67:155-163.

Krav-standars. Standards for Krav-certified production, January 2009 ed. Suecia 2009. [updated 2009 December 17: cited 2010 April 15]. Disponible en: [http://www.krav.se/Documents/Regler/englishEditions/Standards\\_for\\_krav-certified\\_produktion\\_january\\_2009.pdf](http://www.krav.se/Documents/Regler/englishEditions/Standards_for_krav-certified_produktion_january_2009.pdf)

Laister S, Konrad S. Behaviour, performance and carcass quality of three genotypes of growing-finishing pigs in outdoor pig production in Austria: A pilot study. *Landbauforschung Völkenrode, FAL Agricultural Research. Special Issue Sonderheft*. 2005; 281:13-18.

Latorre MA, Pomar C, Faucitano L, Gariépy C, Méthot S. The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. *Livestock Science*. 2008; 115:258-267.

Leone L, Marchitiello M, Natalli M, Francesca M. Measuring the effectiveness of homeopathic care through objective and shared indicators. *Homeopathy*. 2011; 100:212-219.

Luescher UA, Friendship RM, Lissemore DD, Mc Keown DB. Clinical ethology in food animal practice. *Applied Animal Behaviour Science*. 1989; 22:191-214.

Lund V, Algiers B. Research on animal health and welfare in organic farming a literature review. *Livestock Production Science*. 2003; 80:55-68.

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(3):5-25.

Miller ER, Luecke RW, Ullrey DE, Baltzer BV, Bradley BL, Hoefler JA. Biochemical skeletal and allometric changes due to Zinc deficiency in the baby pig. *The Journal of Nutrition*. 1968; 95:278-286.

Millet S, Cox E, Buyse J, Goddeeris BM, Janssens GPJ. Immunocompetence of fattening pigs fed organic versus conventional diets in organic versus conventional housing. *The Veterinary Journal*. 2005; 169:293-299.

Millet S, Hesta M, Seynaeve M, Ongenaë E, De Smet S, Debraekeleer J, Janssens GPJ. Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition. *Livestock Production Science*. 2004; 87:109-119.

Millet S, Ongenaë 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.

Millet\* S, Raes K, Van den Broeck W, De Smet S, Janssens GPJ. Performance and meat quality of organically versus conventionally fed and housed pigs from weaning till slaughtering. *Meat Science*. 2005; 69:335-341.

Nygaard JA, Dalsgaard A, Stockmarr A, Møller NE, Lau BD. Survival and transmission of *Salmonella enteric* serovar *typhimurium* in an outdoor organic pig

farming environment. *Applied and Environmental Microbiology*. 2006; 72(3):1833-1842.

Patton BS, Huff-Lonergan E, Honeyman MS, Crouse JD, Kerr BJ, Lonergan SM. Effects of deep-bedded finishing system on market pig performance, composition and pork quality. *Animal*. 2008; 2(3):459-470.

Quintern M, Sundrum A. Ecological risks of outdoor pig fattening in organic farming and strategies for their reduction-Results of a field experiment in the centre of Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2006; 117:238-250.

Rodríguez EV, Mata MC, Caballero LI, García RA, García MA. Problemas medioambientales de la producción porcina y la ganadería ecológica. *Porcino Ecológico*. 2005; 89(4):57-77.

Rossi E, Endrizzi C, Panazzo M, Fré D. Homeopathic therapy in the public health sector: An observational study conducted from 1998 to 2005 at the Campo di Marte Hospital-ASL 2 Lucca (Italy). *Homeopathy*. 2009; 98(3):142-148.

SAS Institute, Inc. JMP Versión 5.01 (2002). Cary, NC, U.S.A. 2002.

SIAP. Población ganadera porcina [Database web en línea]. SAGARPA. 2010 [citado el 17 de abril del 2010] disponible en: <http://www.siap.gob.mx/estadisticabasica>

Siegel S, Castellan NJ. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Trillas. 1995.

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). Precio de porcinos en pie a rastro. Consulta en web [31 de agosto del 2011] disponible en: [http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e\\_Pie.asp?origen=0&destino=0&del=31&al=31&mes=08&anio=2011&RegPag=1000&x=20&y=15&Var=Por](http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e_Pie.asp?origen=0&destino=0&del=31&al=31&mes=08&anio=2011&RegPag=1000&x=20&y=15&Var=Por)

Spide PL, Rothschild MF, Wundor WW. Genética aplicada. Editado por UNAM. 1984; pp219.

Spooler HAM. Perspective animal welfare in organic farming systems. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2007; 87:2741-2746.

Stein H, Lange K. Alternative feed ingredients for pigs. London Swine Conference- Today's Challenges... tomorrow's opportunities, from 3 to 4 of April 2007, London UK. Consulta en web [3 de septiembre del 2011] disponible en: [http://www.londonwineconference.ca/proceedings/2007/LSC2007\\_SteindeLange.pdf](http://www.londonwineconference.ca/proceedings/2007/LSC2007_SteindeLange.pdf)

Strudsholm K, Hermansen EJ. Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. Livestock Production Science. 2005; 96:261-268.

Sulburan L, Arenque H, González C, Mora F. Comportamiento productivo de cerdos nacidos y terminados en cuatro modalidades distintas de alojamientos. Revista Científica, FCV-LUZ. 2009; 14(1):49-54.

Sundrum A. Organic livestock farming a critical review. Livestock Production Science. 2001; 67:207-215.

Tejeda A, Galindo F, Quintana JA. Efecto del enriquecimiento ambiental sobre la conducta, parámetros de producción y respuesta inmune en pollos de engorda. Veterinaria México. 2002; 33(2):89-100.

Tinoco J. Similitudes y diferencias de algunos aspectos de las políticas exteriores, comerciales, financieras y monetarias de algunos países del norte. La porcicultura y el TLCAN. Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección general de estudios de posgrado. 2004; pp:38-56.

Turner SP, Ewew M, Rooke JA, Edwards SA. The effect of space allowance on performance, aggression and immune competence of growing pigs housed on



straw deep-litter at different group sizes. *Livestock Production Science*. 2000; 66:47-55.

Van de Weerd HA, Day JEL. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 116:1-20.

Wallenbeck A, Rydhmer L, Lundeheim N. GxE interactions for growth and carcass leanness: Re-ranking of boars in organic and conventional pig production. *Livestock Science*. 2009; 123:154-160.

Weissmann F, Biedermann G, Klitzing A. Performance, carcass and meat quality of different pig genotypes in an extensive outdoor fattening system on grass clover in organic farming. *Landbauforschung Völkenrode, FAL Agricultural Research. Special Issue Sonderheft*. 2005; 281:19-24.

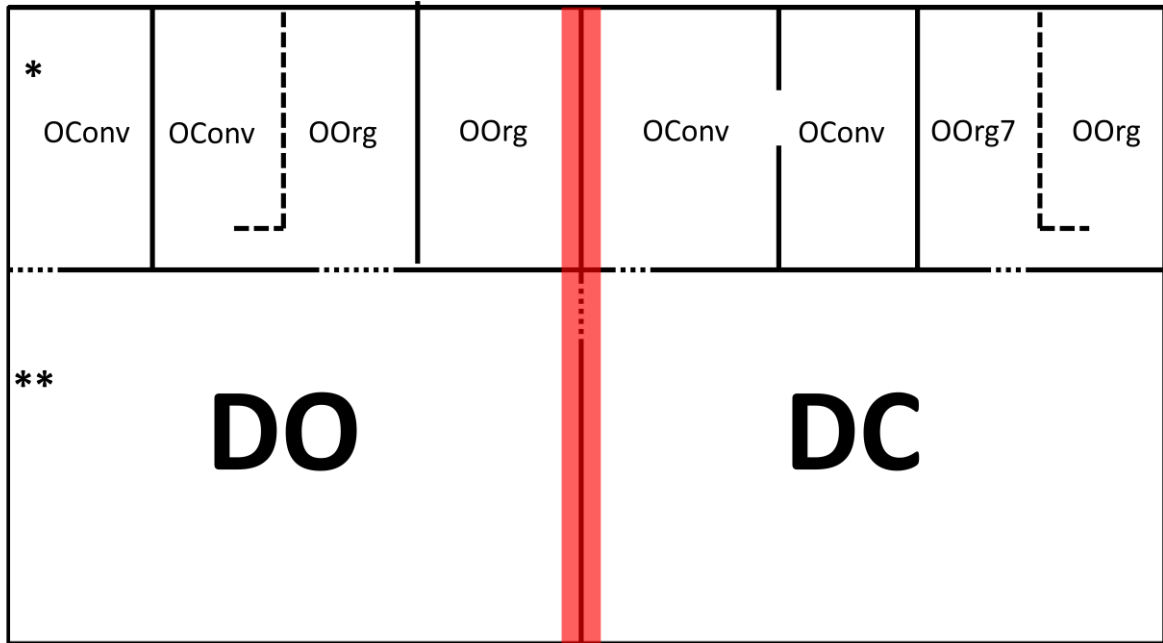
Welfare Quality®. Assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. 2009.

Werner D, Brade W, Weismann F, Brandt H. Performance and carcass quality of genetically different pigs under conventional and organic conditions. In: van der Honing, Y. (Ed.), *Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. Wageningen Academic Publishers, Dublin, Ireland. 2007; pp:277.

Wigmore PMC, Stickland NC. Muscle development in large and small pig fetuses. *Journal Anatomy*. 1983; 137(2):235-245.

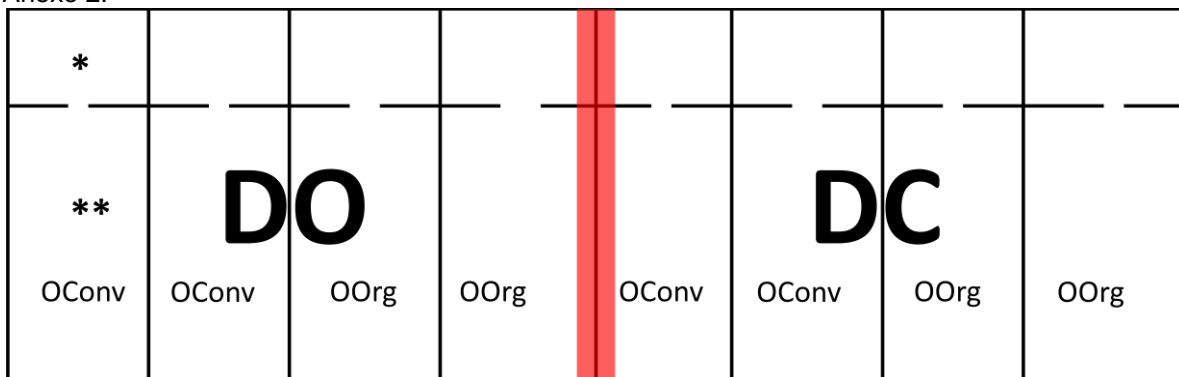
## 8. ANEXOS

Anexo 1.



Se ilustran los dos alojamientos alternativos para la engorda de cerdos bajo un sistema de producción de tipo orgánico, están divididos por tipo de dieta orgánica (DO), y dieta convencional (DC). \*Área aislada del aire libre con piso de cemento, lugar de alimentación. \*\*Área al aire libre con piso de arena poma. En el área de alimentación se dividían siempre los mismos cerdos (dos hembras y dos machos castrados), según su origen (convencional [OConv], u orgánico [OOrg]).

Anexo 2.



Se ilustran los alojamientos convencionales para la engorda de cerdos bajo un sistema de producción intensivo. En cuatro de ellos se ofreció dieta orgánica (DO), y en los cuatro restantes dieta convencional (DC). \*Área sucia; \*\*Área limpia. Cada corral albergaba cuatro cerdos (dos hembras y dos machos castrados), de origen convencional (OConv), y cuatro cerdos de origen orgánico (OOrg).



#### Anexo 5

Criterio para la evaluación de la canal *in situ*, para las variables de color de la carne, textura, cantidad y color de la grasa de los 16 cerdos sacrificados a las 23 semanas de vida en los sistemas de producción orgánico y convencional.

Variable	Nivel de la variable	Codificación
Color de la carne	Pálida	1
	Normal	2
	Congestionada	3
Textura de la grasa	Blanda	1
	Dura	2
Cantidad de grasa	Mucha	3
	Poca	4
Color de la grasa	Amarilla	5
	Blanca	6

#### Anexo 6

Reactivos utilizados para la determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl, de 16 brazuelos izquierdos de cerdos sacrificados a las 23 semanas de vida engordados en dos sistemas productivos (orgánico y convencional).

Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$  al 98%v/v).

Hidróxido de sodio (NaOH al 40%p/v).

Ácido clorhídrico (HCl valorado 0.1N).

Mezcla digestora:

200g sulfato potásico

20g sulfato cúprico pentahidratado

5g dióxido de selenio

Ácido bórico al 4%.

Mezcla indicadora disuelta en alcohol etílico (2:1):

Rojo de metilo 0.1%

Azul de metileno 0.1%

Anexo 7

Composición del Kit de medicina alternativa.

Sustancia activa	Funciones básicas
<u><i>Echianacea angustifolia</i></u>	Estimulador inmunitario, contra enfermedades víricas respiratorias.
<u><i>Pulsatilla nigricans</i></u>	Estimulador inmunitario, contra enfermedades víricas respiratorias.
<u><i>Cina artemisia</i></u>	Antihelmíntico (nematodos).
<u><i>Santoninum</i></u>	Anti-diarreico y antihelmíntico (nematodos).
<u><i>Corbo vegetabilis</i></u>	Antiinflamatorio y antipirético.
<u><i>Árnica montana</i></u>	Antiinflamatorio y antipirético.
<u><i>China officinalis</i></u>	Antiespasmódico.
<u><i>Belladonna atropa</i></u>	Antiespasmódico.

Manual de Veterinaria Homeopática, Flavio Briones Silva 1997

Anexo 8

Costos subtotales de los conceptos de varios y mantenimiento de la engorda de 32 cerdos con dieta orgánica en dos tipos de alojamiento (orgánico y convencional), durante 17 semanas.

Concepto	Subtotal (\$ pesos)
Flete (insumos de la dieta)	560.00
Ácido propiónico (elaboración de ensilado)	394.00
Pala plana (elaboración de ensilado)	66.00
Apisonador (elaboración de ensilado)	306.97
Tambo de 100 lt (elaboración de ensilado)	1,080.00
Plástico "Playo®" (elaboración de ensilado)	149.40
Cubetas (alimentación)	260.00
Paquete de soldadura y silicón	256.70
Paquete de soleras y tubos PVC	825.00
Instalación de canaletas	500.00
Camión de Arena poma <sup>1</sup>	1,600.00

<sup>1</sup>Denominación comercial



Fotografía tomada por Ernesto Hurtado Guerrero.  
Anexo 9. Se ilustra la apariencia de los alojamientos orgánicos al inicio del proyecto, en la imagen se observan las cerdas en transición a un sistema orgánico.



Fotografía tomada por Fernando Ramírez Castro  
Anexo 10. Se ilustra la engorda de cerdos en alojamientos orgánicos, en el área al aire libre y en la fase alimenticia de desarrollo.

## 9. APÉNDICES

### Apéndice 1

Consumo voluntario diario estimado por cerdo según la edad y peso vivo, para cerdos en engorda, en las fases de iniciador, crecimiento, desarrollo y finalizador.

Edad (semanas)	Peso vivo (Kg)	Fase alimenticia	Consumo estimado por cerdo/día (Kg)
7	14.2	Iniciador	0.74
8	18.2	Iniciador	0.88
9	22.5	Iniciador	1
10	27	Iniciador	1.2
11	32	Crecimiento	1.4
12	37.5	Crecimiento	1.6
13	43.1	Crecimiento	1.8
14	49	Crecimiento	2
15	55.4	Desarrollo	2.2
16	61	Desarrollo	2.4
17	66.2	Desarrollo	2.5
18	71.5	Desarrollo	2.6
19	77	Finalizador	2.7
20	83.2	Finalizador	2.8
21	89.8	Finalizador	2.9
22	96.8	Finalizador	3

Cuadro de pesos, ganancias diarias de peso, consumo voluntario esperada en cerdos comerciales, elaboro MVZ MPA Marco A. Herradora Lozano, Departamento de Producción Animal Cerdos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2008.

### Apéndice 2

Aporte nutricional estimado de la dieta convencional de diferentes fases para la engorda intensiva de cerdos.

Variable/Fase alimenticia	INICIADOR	CRECIMIENTO	DESARROLLO	FINALIZACIÓN
EM (Mcal)	3.12	3.23	3.20	3.22
(%) PC	18.60	16.31	15.60	14.00
(%) LIS. T	1.01	0.87	0.82	0.70
(%) Ca	0.89	0.84	0.84	0.68
(%) P	0.77	0.74	0.74	0.65
(%) Humedad	12.50	13.00	13.10	13.20
(%) Proteína	19.20	16.60	15.90	4.50
(%) Grasa	4.30	2.90	2.50	2.60
(%) Fibra	2.70	2.50	2.80	2.90
(%) Ca	0.83	0.68	0.68	0.63
(%) P	0.63	0.46	0.45	0.43

Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2010.

Apéndice 3

Porcentaje de inclusión de los ingredientes de una dieta convencional para la engorda intensiva de cerdos.

Fase alimenticia	Iniciador	Crecimiento	Desarrollo	Finalización
Peso vivo (Kg)	(15-30)	(30-50)	(50-75)	(75-100)
Sorgo	66.24	74.85	77.35	81.84
Soya	23.41	21.96	19.96	15.97
Sebo	1.99	0.50	2.50	0.00
Base comercial por etapa	7.97	2.50	0.00	2.00
Antibiótico	0.20	0.00	0.00	0.00
Secuestrante	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2010.