



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Evaluación reproductiva, y determinación de los perfiles de progesterona y estradiol a partir de heces en cerdas nacidas y criadas en un sistema de producción orgánico.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL.

PRESENTA:
ARMENTA MENDOZA ABRAHAM

Tutor: Martínez Gamba Roberto G.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
Comité Tutor: Trujillo Ortega María Elena.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

Mota Rojas Daniel.

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la
Salud Animal, UNAM.

México D.F. enero 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

A mi familia y amigos.

Erika, Abigail y Zoé son mi inspiración para seguir siempre adelante en la vida.

A todas aquellas personas que han contribuido con mi formación.

En especial a el Dr. Roberto por haberme dado la oportunidad de crecer profesionalmente
y acercarme a una mejor calidad de vida.

A la Dra. María Elena y al Ingeniero José Luis Pablos.

Agradecimiento

Al proyecto PAPIIT IN202108 por facilitar los medios para la realización de este proyecto.

A CONACYT por el apoyo económico mientras se llevo a cabo la realización de este proyecto.

Al CEIEPP por brindar el espacio y los animales que hicieron posible este trabajo.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero José Luis Pablos Hatch por la contribución que hizo a este trabajo, así como sus enseñanzas y apoyo.

A mis tutores por compartir sus experiencias y conocimientos que me han formado como profesionalista y persona.

Al Dr. Roberto que más que ser un tutor o maestro ha sido un verdadero amigo y una persona que ha dejado huella en mi vida, para el cual un agradecimiento no basta.

A la Dra. María Elena por su comprensión y apoyo.

A mi esposa e hijas a quienes dedico mis logros y esfuerzos.

A mis padres, mi hermana, mi cuñado, mi suegro y mi cuñada, quienes siempre me han apoyado en las decisiones de mi vida.

Resumen

En México la porcicultura orgánica se vislumbra como una forma de producción alternativa, ya que este tipo de sistema ofrece a los pequeños porcicultores la oportunidad de hacer más rentable la producción de cerdos a pequeña escala. Sin embargo, no existe suficiente información sobre evaluaciones reproductivas y características fisiológicas de cerdas en granjas orgánicas. El objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros reproductivos así como determinar si existe alguna modificación en los patrones de secreción de progesterona (P4) y estradiol (E2) estableciendo un protocolo de extracción de estos esteroides a partir de muestras de heces de un grupo de cerdas en un sistema de producción orgánica y a pequeña escala. El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP). Se seleccionaron aleatoriamente diez hembras nacidas en el sistema orgánico a partir de hembras en transición, de la crucea York X York-Landrace y criadas bajo las especificaciones de la producción orgánica según las normas del IFOAM (O). Como grupo control se seleccionaron aleatoriamente ocho cerdas de la crucea York X York-Landrace, nacidas en un sistema convencional intensivo de flujo continuo semitecnificado (C). Del total de cerdas se llevó a cabo con cada una de ellas un seguimiento de los parámetros reproductivos desde el inicio de la pubertad, durante la gestación y hasta concluir la lactancia, también una caracterización hormonal de P4 y E2 a partir de muestras fecales. Las muestras se tomaron al total de hembras de cada grupo, en la etapa prepúber, al momento de presentar el primer celo, al momento del apareamiento durante la gestación y concluyeron con el parto. Las variables de los parámetros reproductivos; edad a la pubertad, celos a primer servicio, peso promedio a primer servicio, días de gestación y duración del parto, se analizaron tomando en cuenta el grupo experimental (O-C). Se determinaron las variables lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, peso de la

camada y porcentaje de momias, Para las variables de peso a primer servicio, duración del parto e intervalo entre nacimientos, se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ($P < 0.05$). Para los datos de las variables lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, peso de la camada y porcentaje de momias no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$). Al comparar las medias de las concentraciones de P4 y E2 en ambos grupos de cerdas (C y O) se encontró que no existen diferencias significativas $P > 0.05$. En el análisis de perfiles para P4 y E2 la Lambda de Wilks con aproximación a F indica que existen diferencias significativas con una $F > F(\alpha, (t-1), (n-1))$, $F(47.95) > F(4.54)$ y $F > F(\alpha, (t-1), (n-1))$, $F(13.75) > F(4.54)$.

Índice

Título.....	1
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Resumen.....	4
Contenido.....	6

Contenido

	Página
1 Marco introductorio	10
1.1 Situación de la producción de cerdo	10
1.2 Efectos de la porcicultura en sus diferentes estratos de producción	13
1.3 Medio ambiente y bienestar en las reproductoras	15
1.4 Producción orgánica de alimentos.....	19
1.5 Porcicultura orgánica	20
1.6 Justificación.....	25
2 Objetivos.....	27
2.1 Objetivo general.....	27
2.2 Objetivos específicos	27
2.2.1 Evaluar los indicadores reproductivos concernientes a servicios, gestación y maternidad en ambos grupos de cerdas (convencional y orgánico).....	27
2.2.2 Identificar aquellas variables propias del sistema de producción orgánico que influyan de manera directa en los parámetros reproductivos durante la gestación y la lactancia.....	27
2.2.3 Establecer un protocolo para la determinación de progesterona y estradiol a partir de muestras de heces.	27
2.2.4 Determinar el comportamiento hormonal en cada individuo desde la etapa prepúber y hasta el momento del primer parto.....	27

3	Hipótesis	28
4	Material y métodos	28
4.1	Localización.....	28
4.2	Alojamientos.....	29
4.3	Alimentación.....	30
4.4	Animales experimentales	31
4.5	Manejo durante la etapa de crianza	31
4.6	Manejo reproductivo.....	33
4.7	Procedimiento para obtención de muestras de heces	34
4.7.1	Procedimiento en laboratorio para la determinación de hormonas.....	35
4.7.2	Protocolo de extracción de esteroides a partir de muestras de heces	36
4.8	Variables a analizar en la evaluación reproductiva.....	38
4.8.1	Análisis estadístico.....	38
5	Resultados.....	40
5.1	Resultados en la evaluación reproductiva.....	40
5.2	Resultados en el análisis de perfiles de Progesterona y Estradiol.....	42
	Análisis de perfiles para progesterona.....	42
	Análisis de perfiles para estradiol	43
6	Discusión	53
7	Anexos.....	58
8	Bibliografía:.....	60

Lista de cuadros

	Página
Cuadro 1. Espacio vital mínimo para cerdos de diferentes etapas en sistemas de crianza orgánica.	21
Cuadro 2. Promedio y desviación estándar de edad a la pubertad, duración del celo, peso a primer servicio, días de gestación y duración del parto por tratamiento	40
Cuadro 3. Promedio y desviación estándar de lechones nacidos vivos (LNV), lechones nacidos muertos (LNM), momias por camada y peso de la camada por tratamiento.	41
Cuadro 4. Promedio y desviación estándar de la concentración de progesterona y estradiol para ambos grupos de tratamiento.	42

Lista de gráficas

	Página
Gráfica 1. Perfiles de progesterona para ambos grupos.	43
Gráfica 2. Perfiles de estradiol para ambos grupos.	44
Gráfica 3. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 879 del grupo control o convencional.	45
Gráfica 4. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 878 del grupo control o convencional.	45
Gráfica 5. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 877 del grupo control o convencional.	46
Gráfica 6. . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 880 del grupo control o convencional.	46
Gráfica 7 . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 883 del grupo control o convencional.	47
Gráfica 8. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 881 del grupo control o convencional.	47

Gráfica 9. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 882 del grupo control o convencional.....	48
Gráfica 10 . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 884 del grupo control o convencional.....	48
Gráfica 11 . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerda S-O del grupo orgánico.....	49
Gráfica 12. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 6-2 del grupo orgánico.....	49
Gráfica 13. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-10 del grupo orgánico	50
Gráfica 14. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 7-4 del grupo orgánico	50
Gráfica 15. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 5-1 del grupo orgánico	51
Gráfica 16. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-3 del grupo orgánico	51
Gráfica 17. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 5-7 del grupo orgánico	52
Gráfica 18. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-6 del grupo orgánico	52

1 Marco introductorio

1.1 Situación de la producción de cerdo

La situación mundial de la producción de carne de cerdo es dependiente de la región que se analice. De manera general el comercio mundial de carne de cerdo se recuperará de la caída del 12% sufrida en 2009, creciendo un 2.8% anualmente durante la próxima década, alcanzando las 115,4 millones de toneladas en el año 2019 (SAGARPA, 2007).

Se considera que Europa perderá el 7% de su cuota de mercado bajando desde el 30.3% actual hasta el 23.3%. La competitividad europea está en entredicho, debido al tipo de cambio del euro y a las estrictas regulaciones en bienestar animal y medio ambiente. Canadá perderá su vez 6,4 % mientras que EEUU ganará un 13.2% y Brasil un 4.4%.

En China, el incremento del consumo de carne de cerdo aumentó las importaciones netas en 2008, mientras que durante la próxima década, la producción crecerá un 2.8%, mientras que el consumo lo hará un 3%. Las exportaciones decaerán hasta que en 2014 China se convierta en un importador neto. Las importaciones netas alcanzarán los 138 millones de toneladas de carne de cerdo en 2019 (SAGARPA, 2007).

En México, la producción porcina tuvo un crecimiento que dio inicio en los años setentas llegando a su pico máximo de producción en el año de 1983, cuando el consumo *per cápita* era de casi 20kg/año, dejando a la porcicultura como el principal sistema ganadero a nivel nacional de ese entonces. Todo esto gracias a diversos factores económicos asociados al subsidio a la producción de sorgo y la política de protección al mercado nacional, esto con la imposición de altos aranceles y permisos por importaciones de productos de origen animal fresco y congelado, principalmente de ganado porcino. Este auge por la producción porcina, culminó a mediados de los 80's, con una disminución de hasta un 50% en su producción (Alonso, 2003; Tinoco, 2004).

Luego de una ligera recuperación a principios de los noventas, la apertura comercial con otros países sin protección arancelaria contra importaciones, significó otro descalabro para la industria porcina; desde entonces se ha observado un crecimiento estable con variaciones atribuibles a factores sociales como son la desinformación sobre las propiedades de la carne de cerdo y los nuevos hábitos de alimentación. Todos estos cambios han llevado a muchos productores a la quiebra, permitiendo el desarrollo de la porcicultura especializada, principalmente en el sector privado (Ochoa, 2006).

Actualmente la carne de cerdo representa más del 20% de la producción nacional de carne, ubicándose en el tercer lugar de preferencia del consumo nacional (SAGARPA, 2007). El consumo *per cápita* es de alrededor de 10 kg/año; el

inventario porcino es de 15.4 millones de cabezas y la producción de carne de cerdo de 1,488,959 toneladas (Pérez, 2008).

Es un hecho que la porcicultura, al igual que otras producciones ganaderas, es dependiente de las fluctuaciones en los inventarios de insumos nacionales como externos, así como del precio de los granos forrajeros (los cuales representan el 36% de los costos de producción) y finalmente de la demanda del producto. Esto representa para la mayor parte de la industria porcina especializada un obstáculo para terminar con la dependencia del mercado externo, el cual rige la estabilidad de su estado financiero. De esta manera solo las grandes empresas que tengan la capacidad de dar un procesamiento y empaclado más completo y dar un valor agregado a su producto, tendrán la posibilidad de poder soportar estas fluctuaciones en su producción, derivada de la inestabilidad de los precios a nivel mundial, lo que repercute directamente sobre la demanda del producto (Pérez, 2008).

En nuestro país, la industria porcina se divide en tres sistemas de producción: el sistema tecnificado que abarca el 46% del inventario nacional, el semitecnificado con el 20% y el de traspatio que comprende el 34% restante. De éstos el sistema tecnificado cubre el 55% de la producción de carne de cerdo aproximadamente, el semitecnificado el 20% y el resto lo aporta el sistema de traspatio (Pérez, 2006).

1.2 Efectos de la porcicultura en sus diferentes estratos de producción

Si bien, la producción tecnificada maneja grandes volúmenes de producto a comercializar en un mercado más grande y por ende la posibilidad de obtener más ganancias, tendría que analizarse el costo-beneficio, ya que una producción de este tipo conlleva desventajas de las cuales se podrían enumerar: El impacto negativo de la contaminación en la salud humana; en el bienestar animal y en el ambiente, sin dejar de lado que su buen desempeño está condicionado a la aceptación que está tenga por parte de las comunidades locales y de qué manera se vean estas afectadas directa e indirectamente, como por ejemplo la disponibilidad de los servicios públicos en la zona (Hurtado, 2008).

La porcicultura industrial tiene varias desventajas como son efectos negativos para la salud humana por el uso de promotores del crecimiento y hormonales, la falta de bienestar animal, el impacto sobre el medio ambiente y el estado financiero de las granjas (Sandøe *et al.*, 2003); algunos problemas implicados bajo este esquema productivo son:

- La dependencia y el empleo inadecuado de antibióticos
- La competencia de granos para consumo humano.
- Situaciones de manejo en el proceso productivo que originan estrés y favorecen la presentación de enfermedades.
- La falta de vinculación con actividades agrícolas.

- El impacto ambiental negativo por la contaminación generada hacia el agua, suelo y aire.
- El mal olor alrededor de las granjas.
- La elevada inversión inicial.
- La dependencia de insumos externos.
- La falta de integración entre la industria y la comunidad.
- La mayor difusión de enfermedades y
- El rechazo de la sociedad por una percepción negativa.

La situación por la que atraviesa el sector porcícola en México ha sido generada por el encarecimiento de los insumos y por la falta de liquidez para comprarlos, hecho que desplazó a muchos productores, principalmente semitecnificados. Algunos de ellos desaparecieron del mercado, mientras que otros se unieron a las granjas altamente tecnificadas para poder sobrevivir. En cuanto a la producción de traspatio, se observa que sigue siendo una de las principales abastecedoras de cerdo en el contexto nacional (34%). Las granjas semitecnificadas utilizan diversos grados de tecnificación aplicados al esquema tradicional de producción, su productividad es reducida ya que no disponen de material genético y el manejo adecuado para optimizar su proceso productivo. Las granjas de traspatio son unidades de producción campesina o semiurbanas. Las condiciones de explotación son precarias, los animales se alimentan con desperdicios y no existe control genético y sanitario (Hernández, 2001).

1.3 Medio ambiente y bienestar en las reproductoras

Debido a lo anterior, el impacto ambiental de las granjas porcinas intensivas, el bienestar animal y la producción de productos de origen animal cada vez más sanos e inocuos son temas de importancia en la actualidad. En la literatura hay evidencias científicas que apoyan una relación existente entre ambiente y comportamiento reproductivo (fisiología y parámetros reproductivos) en sistemas intensivos y también existen evidencias que demuestran lo contrario (Weary *et al.*, 1999; Lauritsen *et al.*, 2000; Larsen, 2001; Larsen y Jørgensen, 2002; Thatcher y Hansen, 2006; Karlen *et al.*, 2007; Oliviero *et al.*, 2008; Gourdine *et al.*, 2010).

Ante todo es importante entender el significado biológico del término ambiente, para poder comprender su impacto en el desempeño reproductivo de los animales para consumo. Este término significa: alrededor de, e incluye a todos los factores externos al animal que influyen la función animal. Algunos de estos factores son condiciones meteorológicas como la temperatura, humedad, lluvia, radiación solar y fotoperiodo, así entre otros factores como la nutrición, sistemas de manejo, la presencia de parásitos e interacciones patógenas virus-bacterias, contaminación de agua, aire y otras condiciones específicas en cada caso particular.

El ambiente puede tener consecuencias adversas en el comportamiento reproductivo a través de dos esquemas. Muchos efectos negativos del ambiente en la reproducción son causados por adaptaciones que los animales efectúan para escapar de los efectos ambientales más letales. El segundo mecanismo general por el cual el ambiente causa un cambio en el comportamiento reproductivo ocurre

cuando las alteraciones de adaptación en el animal hacen que el mantenimiento crítico fisiológico frente al cambio ambiental sea insuficiente para prevenir una modificación en esas funciones fisiológicas (Thatcher y Hansen, 2006).

En la actualidad temas como el del bienestar animal es de suma importancia, por lo que la intensidad de producción a la que están sometidas las cerdas al tratar de obtener un mayor número de partos al año, ha impactado directamente en la salud y el bienestar de estas, favoreciendo la presencia de enfermedades y disminuyendo el tiempo de vida productiva. Los factores nutricionales, sociales, ambientales, de alojamiento y lactancias cortas, tienen una influencia directa en el comportamiento reproductivo de las cerdas (Spoolder *et al.*, 2009).

Los efectos del estrés sobre la reproducción dependen del momento crítico de la presentación del mismo, la predisposición genética al estrés y el tipo de estrés. El efecto del estrés sobre la reproducción también se ve influenciado por la duración de las respuestas inducidas por distintos factores estresantes. El contacto prolongado o estrés crónico por lo general resulta en la inhibición de la reproducción, mientras que los efectos de estrés transitorio o agudo puede en algunos casos ser estimulante, si bien en la mayoría de ellos tienen un efecto adverso para la reproducción.

Las etapas más sensibles del proceso reproductivo son la ovulación, la expresión de la conducta sexual y la implantación del embrión, ya que son controlados directamente por el sistema neuroendocrino (Einarsson *et al.*, 2008).

Todo lo anterior puede hacer pensar que la producción de cerdos en sistemas al exterior, respetando las cinco libertades básicas del animal (Estar libres de sed, hambre y desnutrición; estar libres de incomodidad, incluyendo molestias físicas y térmicas; estar libres de dolor, lesiones y enfermedad; libertad para expresar su comportamiento natural; no padecer temor o angustia), tiene una percepción favorable, considerándola más humana y favoreciendo el bienestar de los animales (Gourdine *et al.*, 2010).

Sin embargo, al comparar los resultados de granjas intensivas con orgánicas y convencionales en Dinamarca, los resultados muestran un menor número de lechones nacidos vivos y destetados en granjas orgánicas (Lauritsen *et al.*, 2000; Larsen, 2001).

Larsen y Jørgensen (2002) encontraron en granjas orgánicas que los resultados en reproducción fueron similares con sistemas intensivos y que los resultados reproductivos no están relacionados a los factores a los que está expuesta la cerda.

Al comparar dos tipos de alojamientos (corral con paja como material de cama y jaulas), no existieron diferencias en los parámetros de nacidos vivos, nacidos muertos y destetados (Oliviero *et al.*, 2008).

Por otra parte Oliviero *et al.*, (2008) encontraron que existen diferencias en la duración del parto al comparar dos tipos de alojamientos para el parto (jaulas de

maternidad y corrales con material de cama). En donde la diferencia es atribuida al bienestar y a la fisiología de las hormonas en el momento del parto.

Contrariamente Karlen *et al.*, (2007) reportaron que cerdas en alojamientos tipo iglú en pisos de cama de paja tuvieron mayor número de lesiones en piel y niveles de cortisol durante la primera semana de gestación, mientras que cerdas alojadas en jaulas individuales presentaron mayor porcentaje de fertilidad y menos fallas en el proceso de reproducción, aunque estas últimas presentaron más lesiones en piel y menos lechones destetados por camada.

Los sistemas de producción en patios o con cama profunda con camadas comunales, favorecen el bienestar de la cerda y los lechones, ya que la cerda amamanta con menos frecuencia, lo que evita que pierda mucho peso durante la lactancia acortando el tiempo de recuperación del balance energético negativo al que se someten en maternidades intensivas. Por otra parte, los lechones encuentran un entorno social más agradable al evitar las peleas entre ellos (Weary *et al.*, 1999).

Contrariamente a lo que estos resultados indican se han desarrollado sistemas de producción alternativos los cuales permiten tener una imagen más natural de la producción y una mejor relación entre los productores y el medio ambiente. Una respuesta a lo anterior es buscar formas de producción alternativas como es la producción orgánica.

1.4 Producción orgánica de alimentos

En la actualidad el término orgánico se emplea para referirse a las formas de producción agropecuaria que promueven la producción higiénica de alimentos desde una perspectiva ambiental. La agricultura orgánica se refiere al proceso que utiliza métodos que respetan el ambiente, desde las etapas de producción hasta las de manipulación y procesamiento de cultivos. Se rige por dos organismos internacionales, el CODEX alimentario y la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM de sus siglas en inglés, 2005).

De acuerdo con el CODEX alimentario, la agricultura orgánica es un sistema de manejo holístico de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema, incluyendo los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Se basa en el uso mínimo de insumos externos y evita los fertilizantes y plaguicidas sintéticos.

El IFOAM define y revisa periódicamente con sus miembros las normas básicas que determinan el término orgánico.

La producción orgánica de animales enfatiza un programa activo de manejo de la salud que se ocupa de los factores ambientales para reducir el estrés y prevenir las enfermedades. La mayoría de las normas que regulan la cría orgánica de animales exigen que los animales tengan acceso a espacios adecuados, aire fresco, un espacio al aire libre, luz de día, sombra y refugio para las inclemencias del clima, acordes con la especie y las condiciones climáticas (El-Hage, 2003).

1.5 Porcicultura orgánica

Este tipo de producción ofrece alternativas a los poricultores a pequeña escala, para satisfacer un mercado exclusivo y en creciente demanda, y de esta manera poder afrontar los cambios surgidos por la globalización en la porcicultura. En este tipo de producción, dirigida especialmente a pequeños productores, se pretende mantener los mismos parámetros reproductivos cuidando de la salud, el bienestar de los animales y respetando el ambiente, a pesar de las dificultades que implica el manejo de los cerdos reproductores en dichas condiciones (Martínez, 2008).

Al establecer una piara orgánica, se pueden comprar cerdos convencionales que han sido destetados, para posteriormente destinarlos a la cría orgánica pasando por un periodo de transición en el cual los animales son adaptados a los alojamientos, al alimento orgánico y a las condiciones de medicina preventiva prevalentes en granjas orgánicas. En el caso de una piara ya establecida, se pueden comprar cerdas primerizas convencionales sin que se rebase el 20% de cerdas de la granja.

La reproducción se busca sea lo más natural posible, por lo que se emplean sementales con buen libido, docilidad, habilidad reproductiva y que puedan aparearse con las cerdas fácilmente en condiciones de libertad. Algunos países permiten la inseminación artificial en las mismas condiciones que las granjas intensivas, mientras que en otros existen regulaciones al uso de aditivos en el

diluyente del semen, especialmente en el uso de antibióticos. En la producción orgánica la aplicación de hormonas exógenas en la sincronización de celos, en la inducción de la ovulación y de los partos están absolutamente prohibidos, de igual modo el trasplante de embriones (CERTIMEXSC, 2009; IFOAM, 2005).

Los espacios mínimos para el alojamiento de cerdos sugeridos por KRAV en Suecia (organismo certificador) según la normatividad del IFOAM se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Espacio vital mínimo para cerdos de diferentes etapas en sistemas de crianza orgánica.

Peso vivo (kg)		Espacios en interior m ² /animal	Espacios en exterior m ² /animal
Cerde con lechones de más de 40 días de edad.		7.5	2.5
Cerdos en crecimiento (kg)	No más de 50	0.9	0.6
	No más de 85	1.2	0.8
	No más de 110	1.5	1
Lechones mayores a 30 kg		0.6	0.4
Reproductoras		2.5	1.9
Verraco		7	8

Las hembras reproductoras pueden ser alojadas en tres grandes tipos de alojamientos:

- a) Al interior con espacio suficiente por animal. Se forman grupos de cuatro o cinco hembras con material de cama, conocido como cama profunda y ventilación adecuada. Se favorece la bioseguridad, el control del ambiente, la detección del celo y el apareamiento. El ambiente resulta estimulante debido a la cama, las interacciones sociales, un mayor espacio y el acceso al exterior.

- b) Al igual que el alojamiento anterior pero con acceso a un patio de tierra en el que las hembras van a hozar, caminar y defecar.

- c) Al exterior en un arca individual con cama. Se mantienen a las hembras en el exterior, permitiendo el pastoreo estacional, sin remoción de excretas. También pueden emplearse arcas para varias cerdas en un sistema de cama profunda.

En cuanto a la alimentación, los cerdos criados en condiciones orgánicas difieren de los convencionales. La regulación para la producción orgánica plantea restricciones respecto al uso de ciertos ingredientes alimenticios, por ejemplo la harina de soya de extracción química, subproductos de origen animal, excretas, aminoácidos sintéticos, hormonas, promotores de crecimiento y organismos

genéticamente mejorados; de manera general se recomienda limitar a 15% la utilización de ingredientes no orgánicos.

La medicina preventiva y terapéutica en la producción orgánica tiene como primera elección a la herbolaria y la homeopatía. El uso de vacunas depende del organismo certificador de cada país, ya que pueden administrarse las vacunas necesarias para proteger la salud y el bienestar de los animales.

Cuando la medicina preventiva y la medicina alternativa fallan, al productor eventualmente le es permitido administrar algunos medicamentos alópatas, para mantener la vida de los animales, aunque estos deberán ser perfectamente identificados y retirados del sistema de producción orgánico (IFOAM, 2005).

Lo anterior permite tener un breve panorama de la situación de la producción orgánica, especialmente en el caso de las reproductoras, sin embargo, no existe suficiente información sobre evaluaciones reproductivas y características fisiológicas de cerdas en granjas orgánicas, que es el tema central de esta investigación.

Las condiciones de crianza en producción orgánica pueden tener efectos adversos sobre las hembras reproductoras. Por ejemplo, el mantenimiento de estas en condiciones de alojamiento al exterior puede generar cierto tipo de estrés que afecte la sobrevivencia embrionaria. La situación de compartir y competir con otras hembras reproductoras también.

El ser sometidas a lactancias muy largas (de seis semanas al menos), puede originar un efecto negativo en la condición corporal de las cerdas con los resultados adversos sobre la reproducción ya conocidos. La alimentación con materias primas alternativas puede originar problemas de absorción, consumo de alimento y por lo tanto afectar la condición corporal de las reproductoras. Estos factores, entre otros muchos, pueden originar dudas sobre el adecuado comportamiento reproductivo de las cerdas reproductoras en condiciones de cría orgánica.

Una de las recomendaciones generales de la producción orgánica es el utilizar métodos de manejo animal que reduzcan el estrés, promuevan la salud y bienestar animal, prevengan enfermedades y parásitos y eviten el uso de medicamentos químicos alopáticos de uso veterinario.(IFOAM, 2005).

Una alternativa para la determinación de esteroides a partir de muestras no sanguíneas, es el análisis de esteroides fecales. Debido a que el animal no tiene que ser perturbado, ya que el excremento se recupera inmediatamente después de la defecación, esta estrategia no invasiva es potencialmente aplicable a una amplia gama de especies y condiciones. La evidencia sugiere que cantidades mensurables de los esteroides gonadales y suprarrenales se excretan en las heces de mamíferos distintas especies (Wasser *et al*, 1991).

Los métodos no invasivos para las evaluaciones de metabolitos de estrógeno y progesterona están bien establecidos para monitorear la función reproductiva en

una variedad de especies de mamíferos. Las concentraciones de esteroides en las heces presentan un patrón similar a las del plasma, pero tienen un tiempo de demora, que dependiendo de la especie, puede ser de doce horas a más de dos días (Schwarzenberger *et al.*,1999).

Trujillo (1998) realizó determinaciones hormonales a partir de heces evaluando dos técnicas utilizadas en experimentos previos para la extracción de esteroides (Sanders , 1994; Möstl , 1984) a partir de heces y llevando a cabo la determinación de dichos esteroides mediante dos técnicas de inmunoensayo. Retomando los resultados del trabajo de Trujillo, se optó por implementar la técnica de la doble destilación para la extracción de esteroides a partir de heces y determinar su concentración por la técnica de radio inmuno ensayo (RIA) en fase sólida.

1.6 Justificación

Lo anterior establece la necesidad de realizar un estudio comparativo que permita determinar los parámetros reproductivos normales con cada sistema de producción, sobre todo en granjas orgánicas y a pequeña escala, ya que no existen muchas publicaciones de parámetros reproductivos y caracterización hormonal en piaras de producción orgánica.

Con el presente trabajo se pretende hacer una evaluación comparativa de los parámetros reproductivos entre piaras de un sistema de producción orgánica y un sistema de producción tradicional, además de una caracterización hormonal que en conjunto servirán como indicativo del comportamiento reproductivo de cerdas en producción orgánica. Los resultados que arroje la investigación proporcionarán una guía de gran utilidad para porcicultores que empleen un sistema de producción orgánico.

Esto se pretende lograr mediante la identificación de los factores medio ambientales que puedan ser considerados como variables y que tengan una influencia en la fisiología de la cerda, que en adición a cambios fisiológicos normales como la pubertad, gestación y lactancia, podrán ser identificados mediante variaciones en los perfiles hormonales de progesterona y estradiol de la cerda.

El proyecto de investigación contribuirá al conocimiento de una producción de tipo orgánico en los parámetros reproductivos y en la fisiología reproductiva de la cerda bajo este sistema. Además de ayudar a subsanar la necesidad de información respecto a este tipo de sistemas alternativos, mismos que podrían ser de utilidad para porcicultores a pequeña escala, como un modelo productivo alternativo de bajo costo y con un mercado de consumo exclusivo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros reproductivos, y los perfiles de progesterona y estradiol a partir de heces sólidas en hembras porcinas criadas en un sistema de producción orgánico desde la etapa prepúber hasta el destete de la primera camada, y compararlos con los de hembras en un sistema de producción tradicional.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Evaluar los indicadores reproductivos concernientes a servicios, gestación y maternidad en ambos grupos de cerdas (convencional y orgánico).

2.2.2 Identificar aquellas variables propias del sistema de producción orgánico que influyan de manera directa en los parámetros reproductivos durante la gestación y la lactancia.

2.2.3 Establecer un protocolo para la determinación de progesterona y estradiol a partir de muestras de heces.

2.2.4 Determinar el comportamiento hormonal en cada individuo desde la etapa prepúber y hasta el momento del primer parto.

3 Hipótesis

No se encontrarán diferencias en las variables reproductivas ni en los perfiles hormonales desde la etapa prepúber y hasta el momento del primer parto, en cerdas criadas en un sistema de tipo orgánico al compararlas con animales del mismo tipo genético y edad, criados en un sistema de producción convencional.

4 Material y métodos

4.1 Localización

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), ubicado en el kilómetro 2 de la carretera Jilotepec-Corrales en Jilotepec, Estado de México. El cual se encuentra en los 99° 31'45" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, su latitud Norte es de 19°57'13", a una altura de 2,250 metros sobre el nivel del mar. El clima de la región es templado en verano y extremoso en invierno, la temperatura media es de 18° C y varía entre los 12° C y los 24° C. El régimen de lluvias comprende de junio a septiembre y el promedio de precipitación pluvial es de 608 mm., iniciando las primeras heladas en octubre y prolongándose hasta marzo.

4.2 Alojamiento

Las cerdas del grupo orgánico fueron alojadas, separadas de las demás casetas. En esta área existen una serie de corrales y un área exterior con las siguientes dimensiones:

- Tres corrales techados por completo con piso de concreto de 28.26 m² c/u.
- Tres corrales techados por completo con piso de concreto de 13.68 m² c/u.
- Un área exterior con piso de arena de 197.62 m².

Los alojamientos tienen bebederos de chupón con su propio suministro de agua y drenaje individual. Todos los corrales fueron acondicionados en su interior con una cama de paja, la cual se cambiaba cada dos semanas.

El área exterior se encuentra al aire libre y cuenta con una porción de sombra, en la que el sol solo incide en la mitad de la superficie, dependiendo de la hora del día. Dentro de esta misma área se encuentran tres baterías de cinco jaulas metálicas individuales de dos metros de largo por 0.90 m de ancho y 1.3 m de altura; cada jaula tiene un comedero tipo artesa de concreto (ver anexo).

Las cerdas del grupo control o convencional se alojaron en parejas dentro de corrales techados con paredes y piso de concreto de 2.5 m de largo por 2 m de ancho, estos corrales tienen un comedero tipo artesa de concreto, un bebedero de chupón y un área sucia de 1.5 m por 2 m. Estos corrales se encuentran situados

en una caseta adyacente al área orgánica, que regula la temperatura por medio de cortinas ascendentes.

4.3 Alimentación

Las dietas ofrecidas a ambos grupos de cerdas son isocalóricas e isoproteínicas, con el fin de que la variable de aporte nutricional no tenga efecto sobre el experimento.

A las cerdas orgánicas se les ofreció un alimento tipo concentrado con las siguientes proporciones: 71.6% de sorgo orgánico, 10.6% de soya, 14 % de salvado, 1% de grasa, 3 % de Base (antioxidante, aromatizante, biotina, carbonato de Ca, Cu, enzimas, extracto de yuca, fosfato monocalcico, Fe, I, Mn, K, Zn, Se, sal, vitaminas A, C, E, D₃, vitaminas del complejo B y vehiculo cbp).

Para el alimento de las cerdas del grupo convencional, se proporcionó el mismo que en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina, donde la dieta consiste en: 71.6% de sorgo, 10.4% de soya, 14% de salvado, 3% de premezcla vitamínico mineral y 1% de grasa, adicionalmente secuestrante 0.2% de TOXISORB, y 0.2% de BIOVET.

4.4 Animales experimentales

Se seleccionaron aleatoriamente diez hembras de la craza York X York-Landrace nacidas en el sistema orgánico a partir de hembras adultas que fueron introducidas en el sistema orgánico en una etapa en transición.

Estas hembras nacidas de madres en transición fueron criadas bajo las normas del IFOAM y las especificaciones antes mencionadas de la producción. Las cerdas se alojaron en grupo y el sistema comprendió alimentación alternativa 80% orgánica y con una inclusión de hasta el 20% no orgánica, restricción del uso de hormonas, anabólicos, antiparasitarios y antibióticos, de origen químico farmacéutico, debiendo ser estos de origen natural o medicina alternativa.

Como grupo control se seleccionaron aleatoriamente ocho cerdas de la craza York X York- Landrace, nacidas en un sistema convencional intensivo de flujo continuo semitecnificado alojadas en condiciones de confinamiento en corrales con piso de cemento y alimentadas con alimento balanceado fabricado en la granja.

4.5 Manejo durante la etapa de crianza

Las cerdas procedentes del sistema de transición, fueron destetadas a las seis semanas de edad, a partir de ahí fueron criadas bajo un sistema de manejo de tipo orgánico y alimentadas con una dieta alternativa, recibieron medicación alternativa así como antiparasitarios de origen natural.

Las hembras del grupo convencional permanecieron dentro del sistema intensivo de flujo continuo semitecnificado. Las cerdas del grupo orgánico permanecieron alojadas en grupo, en el corral al aire libre y con acceso a los corrales techados, las cerdas se adaptaron a la presencia de los humanos, teniendo una interacción humano-animal. Existían problemas sociales dentro del grupo y condiciones ambientales adversas, debido a cambios extremos del clima debido a la temporada de lluvias y la proximidad del invierno. Alrededor de los cuatro y medio meses de edad algunas de las cerdas ya mostraban signos de pubertad por lo que se introdujo a un macho en el corral para estimularlas y detectar su primer celo.

Por otra parte, las hembras del grupo convencional permanecieron alojadas en parejas dentro de corrales techados, con clima controlable manualmente. A estas cerdas se les presentó ante el macho, dentro de corrales de estimulación y una vez que se detectó su tercer celo fueron colocadas en jaulas individuales de servicio y gestación temprana, en donde permanecieron hasta los cuarenta y cinco días, para posteriormente ser alojadas en corrales individuales en las que se mantuvieron hasta dos semanas antes del parto, para parir en jaulas de maternidad convencionales.

4.6 Manejo reproductivo

Las hembras fueron servidas una vez que alcanzaron los 140kg de peso o mostraron su tercer celo. La detección de celos se llevó a cabo con la ayuda de un verraco celador dentro del corral y aquellas cerdas que presentaron celo y en su registro individual fue el tercero, recibieron una monta directa a las 12 horas tras presentar signos de estro, seguido de dos inseminaciones a las 24 y 36 horas con dosis que contenían una concentración espermática de 3×10^9 espermatozoides por cada 100 ml y diluidas con un medio libre de antibióticos. La gestación transcurrió dentro del corral, esta se verificó por el no retorno a estro durante los días 18 a 29 y de los 40 a 48 días pos servicio. Desde los 21 días hasta los 35 días de gestación se comprobó mediante un ecografo Agroskan A8 TM de tiempo real, culminando con una verificación visual a los 50 días.

Tanto en el grupo control como en el grupo de cerdas con manejo orgánico se llevó a cabo el mismo protocolo reproductivo, a diferencia que las cerdas del grupo control no recibieron monta directa, únicamente fueron inseminadas dos veces con el mismo tipo de dosis que las hembras del sistema orgánico, aunque las dosis fueron elaboradas con un diluyente con antibiótico; durante la gestación permanecieron alojadas en jaulas y corrales individuales de gestación.

Antes del momento del parto, los alojamientos de las cerdas orgánicas se acondicionaron para el parto, con material de cama nueva y limpia, así como de

divisiones dentro de los alojamientos, para proporcionarle un espacio individual a cada cerda.

Hasta el momento del parto y durante el mismo, a las cerdas con manejo orgánico no se empleó ninguna clase de inductor de parto o de medicamentos para promover las contracciones uterinas; al momento de nacer los lechones recibieron atención de manejos neonatales secándolo, limpiando membranas, desinfectando y ligando el ombligo, pesado e identificado mediante muescas. En el grupo control el manejo del parto fue mediante inducción hormonal y durante el parto se empleó oxitocina: para promover las contracciones uterinas, el resto del manejo fue el mismo.

4.7 Procedimiento para obtención de muestras de heces

Una vez que las cerdas presentaron su primer celo, indicativo del inicio de la pubertad, se llevó a cabo con cada una de ellas un seguimiento de los parámetros reproductivos desde el inicio de la pubertad, durante la gestación y hasta concluir la lactancia. Dichos registros se capturaron en una base de datos para su posterior análisis estadístico.

También se realizó una caracterización hormonal de progesterona y estradiol a partir de muestras fecales con el fin de evitar cualquier clase de estrés. Dichas muestras se tomaron al total de hembras de cada grupo, una vez al mes en la

etapa prepúber (a partir de los cuatro meses de edad), posteriormente fueron muestreadas una vez al mes al momento de presentar el primer celo y hasta el momento del apareamiento (aproximadamente a los 140 kg de peso).

Una vez apareadas se muestrearon durante la gestación. Una vez paridas las cerdas de ambos grupos, se muestrearon cada quince días hasta concluir la lactancia de seis semanas en el grupo orgánico y de tres semanas en el grupo convencional. Se concluyó la toma de muestras hasta finalizar la lactancia.

Las muestras fecales se obtuvieron directamente de las cerdas mediante la estimulación con el dedo enguantado y lubricado a través del ano, aplicando presión sobre la pared del recto. Las muestras se recolectaron en bolsas de plástico, colectando una cantidad de heces no menor a cinco gramos. Dichas muestras se etiquetaron y congelaron a -20° C. para su posterior procesamiento en el laboratorio.

4.7.1 Procedimiento en laboratorio para la determinación de hormonas

A partir de cada muestra se llevó a cabo un proceso de extracción fecal utilizando el método de la doble destilación (Trujillo, 1998). Los extractos se analizaron utilizando un kit comercial de radioinmunoensayo en fase sólida para progesterona y estrógenos.

4.7.2 Protocolo de extracción de esteroides a partir de muestras de heces

- De las muestras congeladas a -20°C , se requirió una cantidad de 0.5 gramos, la muestra se colocó en un tubo de ensayo de 16 centímetros cúbicos y se le adicionaron 12 mililitros de agua bidestilada, para dar una dilución 1:24.
- Posterior a la dilución se procedió a agitar por cinco minutos la muestra en un vortex. Ya agitado correctamente (se ha homogenizado parcialmente), se dejó reposar la dilución durante una hora.
- Una vez concluido el tiempo de reposo, se llevó a cabo una segunda agitación por cinco minutos en el vortex y se dejó una vez más reposar la dilución por un espacio de treinta minutos.
- Transcurrido el segundo tiempo de reposo, la dilución fue filtrada en tubos receptores de 16 centímetros cúbicos, a los cuales se les colocó previamente un embudo con papel filtro.
- Una vez que se ha filtrado, se tomaron a partir de estos cuatro mililitros y se colocaron en tubos de cinco centímetros cúbicos para centrifugar a 1500 rpm durante cinco minutos.
- Después de centrifugar se obtuvieron 100 microlitros del extracto centrifugado para llevar a cabo la determinación de progesterona y estradiol. Se utilizó un kit de fase sólida ^{125}I -radioinmunoensayo (Coat-A-Count $^{\circledR}$, productos de diagnóstico Corporation, Los Angeles, CA,

EE.UU.) para determinar las concentraciones de P4 y E2 en el sobrenadante extraído. El kit proporciona un reactivo y tubos recubiertos con anticuerpos para progesterona y estradiol. Los calibradores para P4 contienen 0, 0.08, 0.49, 1.88, 9.8, 18.7 y 40 nanogramos de progesterona por mililitro, los calibradores para E2 contienen 0, 20, 50, 150, 500, 1,800 y 3600 picogramos de estradiol por mililitro.

- Se pipetearon 100µl de los calibradores en cada uno de los tubos correspondientes marcados por duplicado.
- Se colocaron 100µl de cada control y 100µl de la muestra del extracto fecal en los tubos preparados.
- Se añadieron 1ml de ¹²⁵IProgesterona y ¹²⁵IEstardiol en cada prueba respectivamente a todos los tubos y se mezcló en el vortex.
- Después de 3 h de incubación a temperatura ambiente, el incubado fue eliminado por decantación simple y cada tubo fue contado durante 1 minuto en un contador gamma.
- De acuerdo con las instrucciones del fabricante, el antisuero de Progesterona y Estradiol es altamente específico para ambas hormonas con baja reactividad cruzada a otros esteroides de origen natural. La sensibilidad del ensayo para progesterona fue de 0.01 ng/mL y para estradiol de 0.06 pg/mL.

4.8 Variables a analizar en la evaluación reproductiva

Las variables a evaluar en cada grupo durante el periodo de servicio y gestación: edad a la pubertad, celos a primer servicio, peso promedio a primer servicio, días de gestación. Las variables a evaluar durante la maternidad fueron: duración del parto, lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, peso de la camada y porcentaje de momias.

4.8.1 Análisis estadístico

Debido a que las variables de: edad a la pubertad, celos a primer servicio, peso a primer servicio, días de gestación y duración del parto, no muestran una distribución normal por el tamaño de muestra, se analizaron tomando en cuenta el grupo experimental (orgánicas-convencional; $n=10$ y $n=8$ respectivamente), por lo que se realizó un análisis no paramétrico (Wilcoxon/Kruskal Wallis). Los datos de las variables: lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, peso de la camada y porcentaje de momias, son datos pareados que muestran una distribución normal por lo que se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) en un diseño completamente aleatorizado (Ducoing, 2009; Kuehl, 2000).

Los resultados de la determinación de progesterona y estradiol, se analizaron mediante un análisis de perfiles por el estadístico de Wilks con aproximación a una distribución F, para posteriormente realizar un ANDEVA en un diseño totalmente

aleatorizado mediante un modelo lineal multivariado en el JMP 5.0.1, en donde valores de $P \leq 0.09$ indican diferencia estadística (¹Pablos, 2010).

Debido a que los procesos biológicos que ocurren dentro de una animal no se pueden repetir, el experimento considera a cada cerda como una unidad experimental, por lo que los perfiles de cada cerda se presentan de la grafica 3 a 18.

¹ Pablos HJL. Curso de diseños experimentales periodo 2011-1, México DF.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2011.

5 Resultados

5.1 Resultados en la evaluación reproductiva

En los resultados correspondientes a las variables de edad a la pubertad, duración del celo, días de gestación y duración del parto de ambos grupos de cerdas, no se encontró diferencia estadística ($P>0.05$).

Para las variables de peso a primer servicio, duración del parto e intervalo entre nacimientos, se encontraron diferencias entre ambos grupos ($P<0.05$), indicando que las cerdas del grupo convencional alcanzaron un mayor peso al primer servicio y que las cerdas del grupo orgánico tuvieron una mayor duración del parto, así como un mayor intervalo entre nacimientos ($P<0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio y desviación estándar de edad a la pubertad, duración del celo, peso a primer servicio, días de gestación y duración del parto por tratamiento

VARIABLE	ORGÁNICO	CONVENCIONAL
Edad a la pubertad (días)	185.00 ± 6.32	203.7 ± 28.22
Duración del celo (hrs)	50.66 ± 14.42	42 ± 16.97
Peso a primer servicio (kg)	183.83 ± 19.11 _b	201.37 ± 20.89 _a
Días de gestación	115.85 ± 1.57	114.75 ± 1.16
Duración del parto (min)	280.9 ± 126.69 _a	170.1 ± 32.9 _b

Intervalo entre nacimientos (min)	16.03 ± 23.16 _a	11.40 ± 10.23 _b
--	----------------------------	----------------------------

Literales distintas en la misma fila indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

Se observó un mejor promedio de lechones nacidos vivos (LNV) para el grupo de cerdas del tratamiento orgánico, pero no se observó diferencia estadística ($P > 0.05$). Tampoco se encontraron diferencias para las variables, lechones nacidos muertos, momias y peso de la camada ($P > 0.05$) (Cuadro).

Cuadro 3. Promedio y desviación estándar de lechones nacidos vivos (LNV), lechones nacidos muertos (LNM), momias por camada y peso de la camada por tratamiento.

VARIABLE	Orgánico	Convencional
LNV	12 ± 2.23	9.25 ± 3.19
LNM	0.57 ± 1.13	0.62 ± 1.06
Momias	0.11 ± 0.33	0.87 ± 1.35
Peso camada (Kg)	15.66 ± 2.60	14.30 ± 5.44

Literales diferentes en la misma fila indican diferencia estadística. ($P < 0.05$)

5.2 Resultados en el análisis de perfiles de Progesterona y Estradiol

Al comparar las medias de las concentraciones de Progesterona y Estradiol en ambos grupos de cerdas (Convencionales y Orgánicas) no se observaron diferencias ($P > 0.05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedio y desviación estándar de la concentración de progesterona y estradiol para ambos grupos de tratamiento.

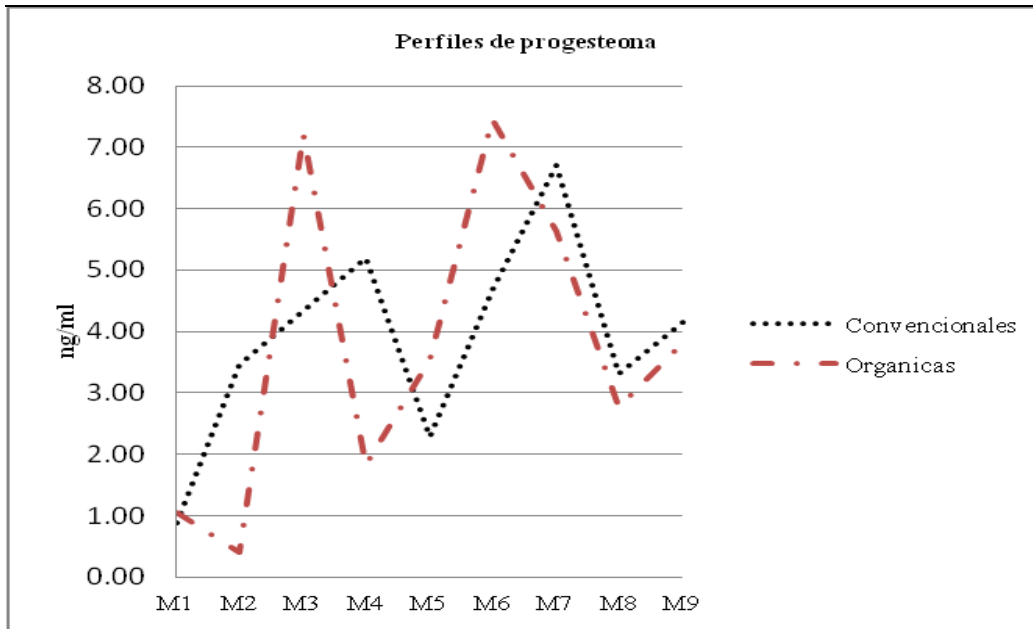
VARIABLE		GRUPO CONVENCIONAL	GRUPO ORGÁNICO
PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE PROGESTERONA ng/ml	LA DE	3.89 ±0.59 _a	3.74 ±1.55 _a
PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE ESTRADIOL pg/ml	LA DE	151.47 ±116.2 _a	84.273472 ±88.35 _a

Literales distintas en la misma fila indican diferencia estadística. ($P < 0.05$)

Análisis de perfiles para progesterona

En el análisis de los perfiles hormonales para Progesterona el método de la Lambda de Wilks con aproximación a la distribución de F, indica que existen diferencias significativas con una $F < F(\alpha, (t-1), (n-1))$, $F(47.95) < F(4.54)$.

Gráfica 1. Perfiles de progesterona para ambos grupos.



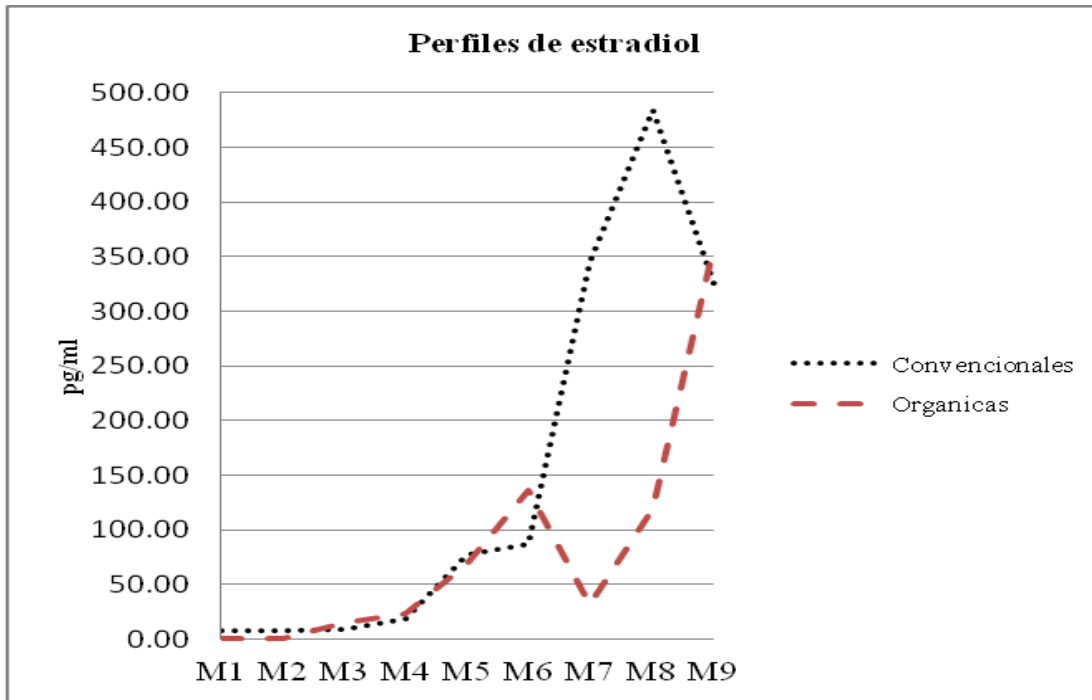
*Eje horizontal: número de muestra, en dónde M significa momento de muestreo.

Debido a la significancia de la prueba se llevó a cabo el ANDEVA para cada uno de los momentos de muestreo de progesterona, siendo únicamente significativo el momento cuatro con una $P=0.09$.

Análisis de perfiles para estradiol

En el análisis de perfiles para Estradiol la Lambda de Wilks con aproximación a la distribución de F, indica que existen diferencias significativas con una $F < F(\alpha, (t-1), (n-1))$, $F(13.75) < F(4.54)$.

Gráfica 2. Perfiles de estradiol para ambos grupos.

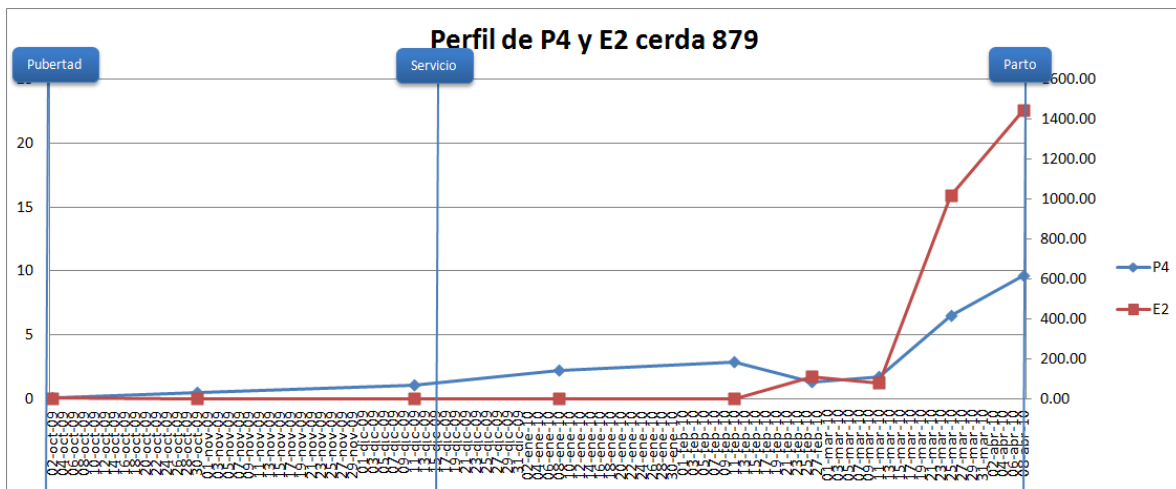


*Eje horizontal: número de muestra, en dónde M significa momento de muestreo.

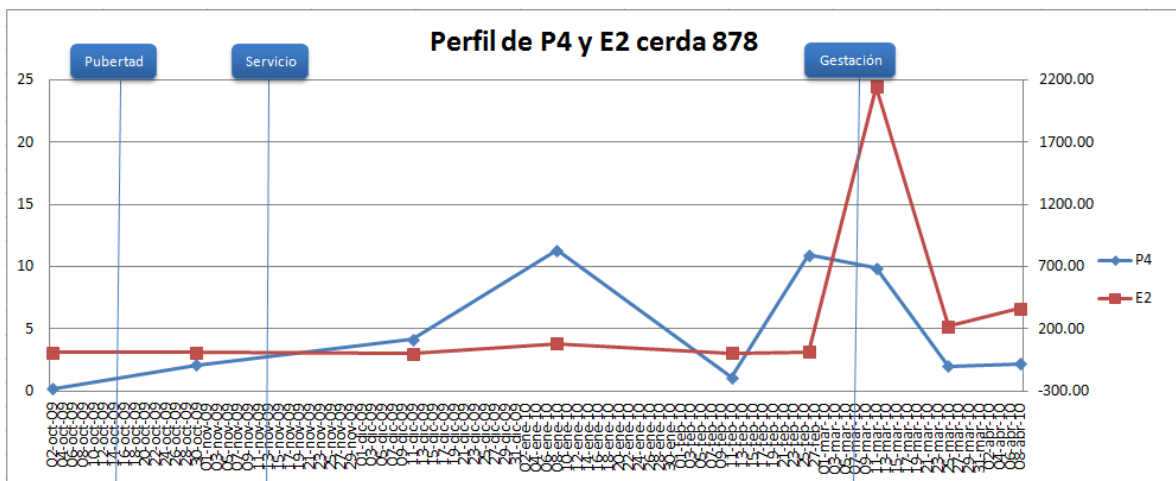
Debido a la significancia de la prueba se llevó a cabo el ANDEVA para cada uno de los momentos de muestreo de estradiol, siendo únicamente significativos: el momento uno, el momento dos y el momento ocho, con una $P=0.09$.

El análisis de las concentraciones de progesterona y estrógenos para cada una de las cerdas del experimento se presenta a continuación en las gráficas 3 a 18.

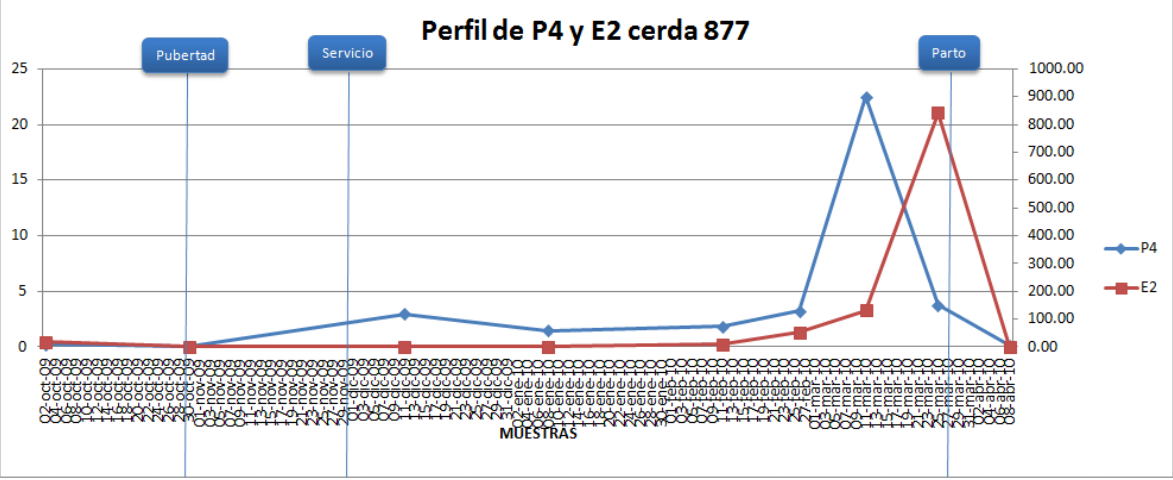
Gráfica 3. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerda 879 del grupo control o convencional.



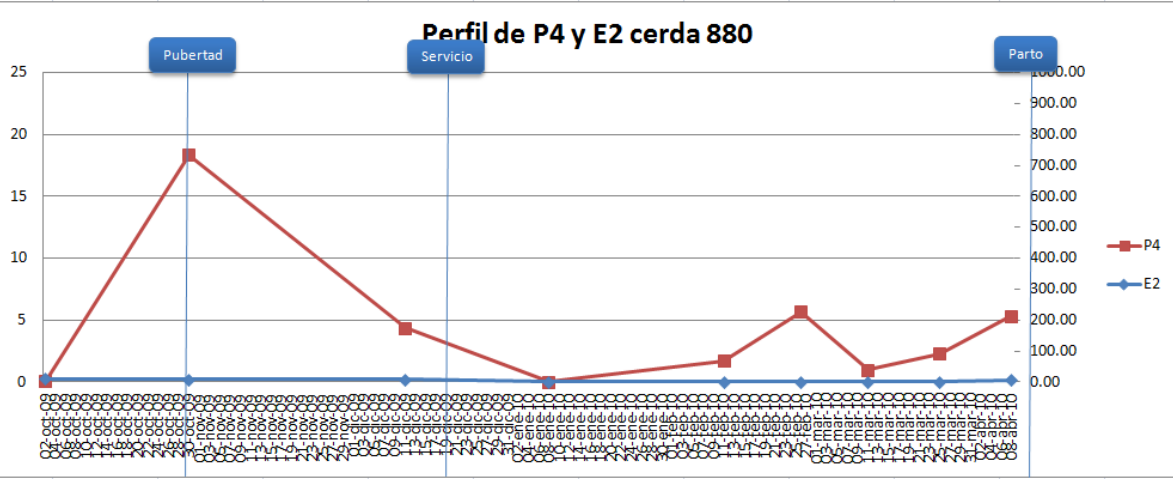
Gráfica 4. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerda 878 del grupo control o convencional.



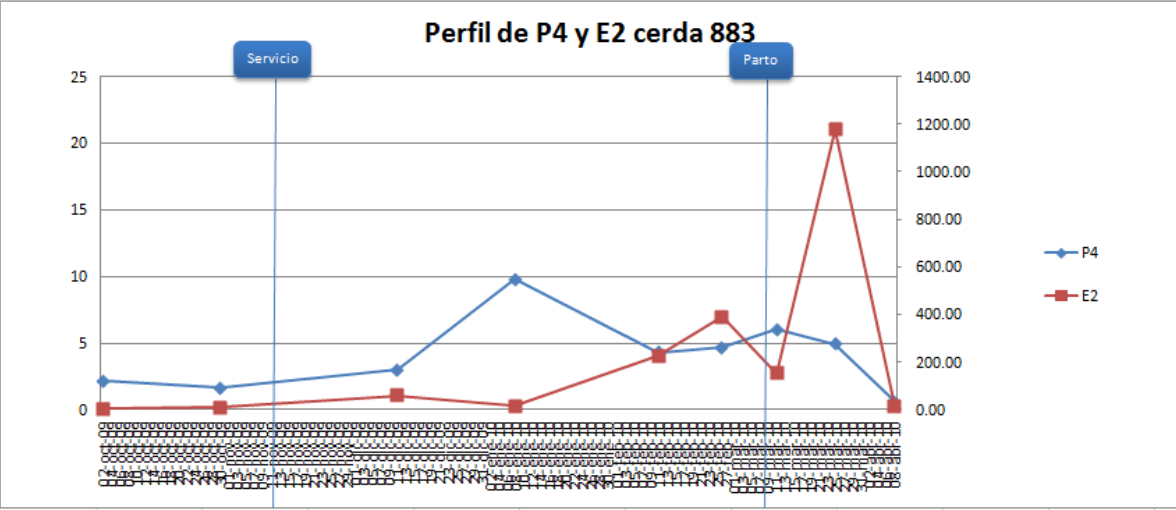
Gráfica 5. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 877 del grupo control o convencional.



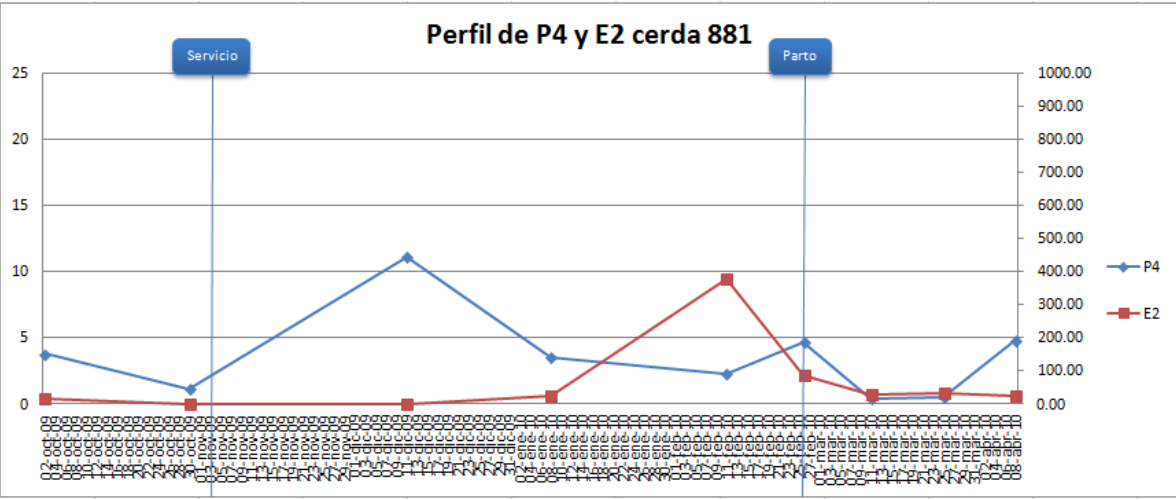
Gráfica 6. . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 880 del grupo control o convencional.



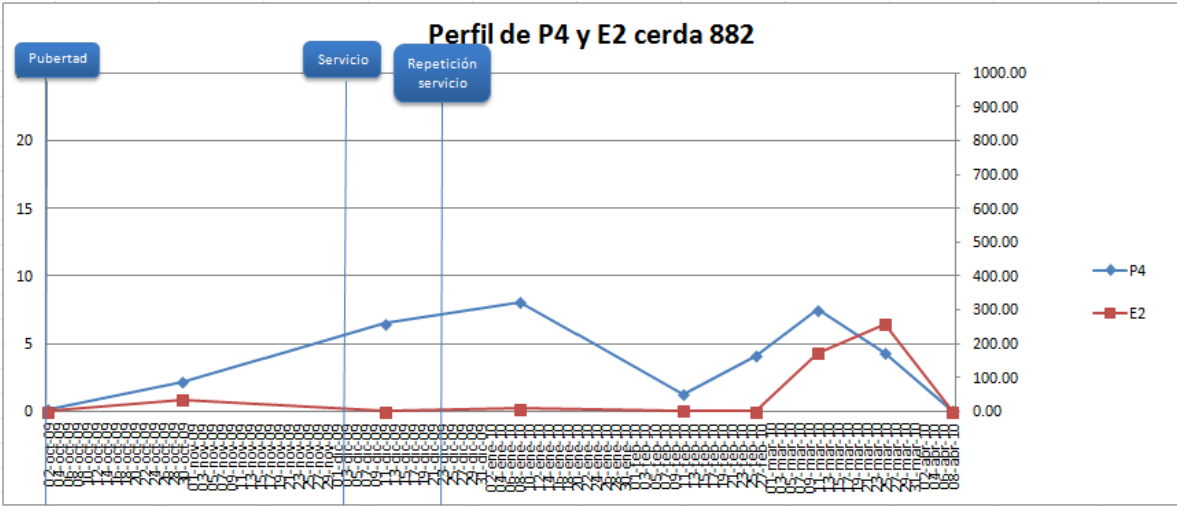
Gráfica 7 . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 883 del grupo control o convencional.



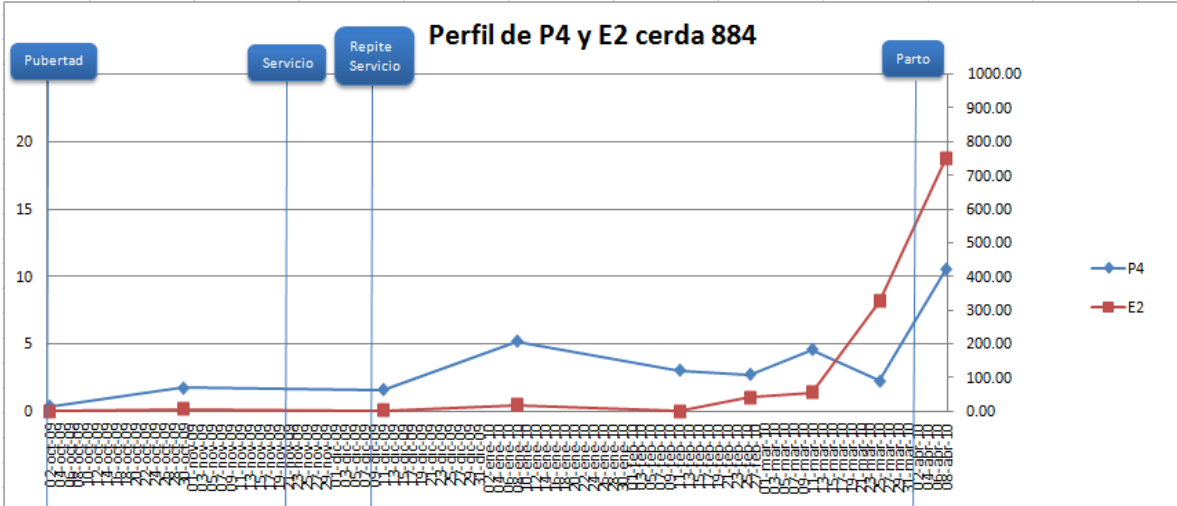
Gráfica 8. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 881 del grupo control o convencional.



Gráfica 9. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 882 del grupo control o convencional.



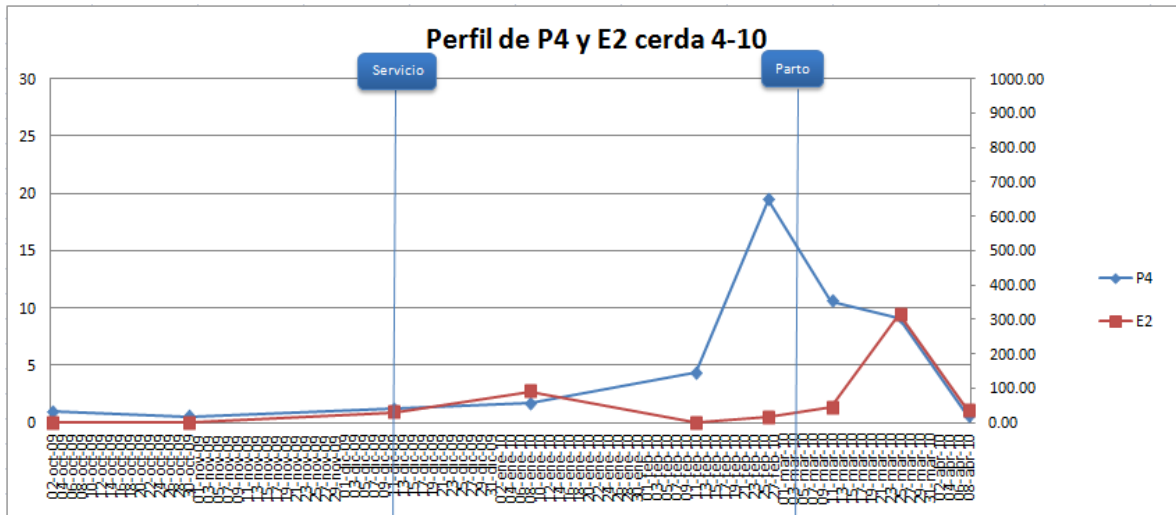
Gráfica 10 . Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 884 del grupo control o convencional.



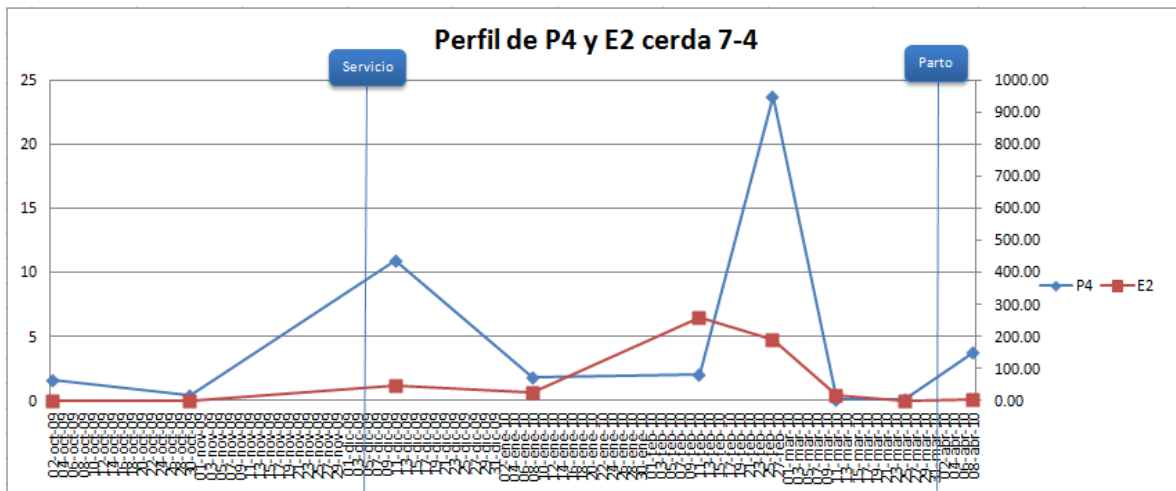
*Eje vertical izquierdo, progesterona ng/ml.

*Eje vertical derecho, estradiol pg/ml.

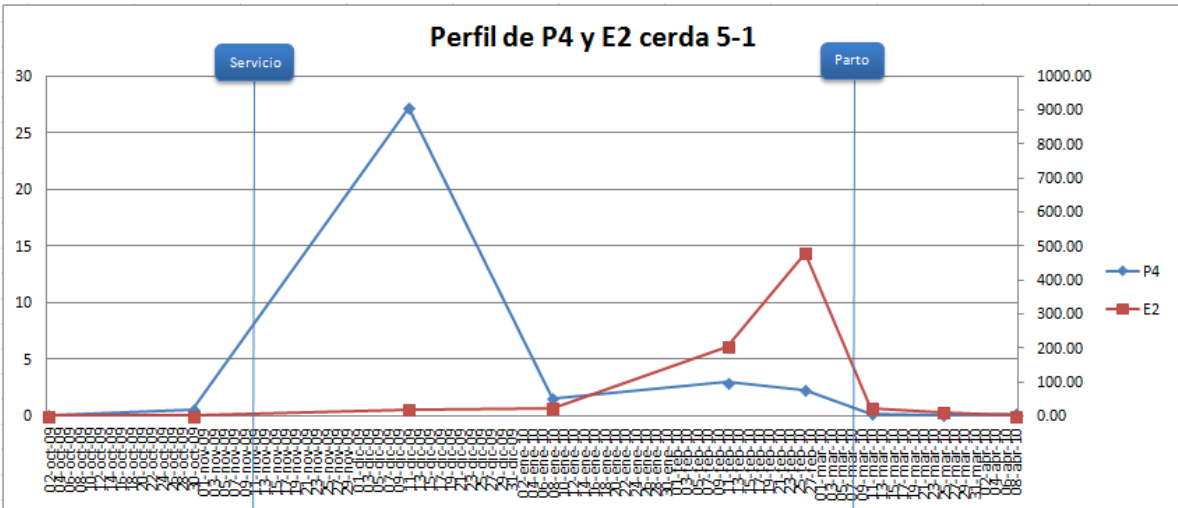
Gráfica 13. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-10 del grupo orgánico



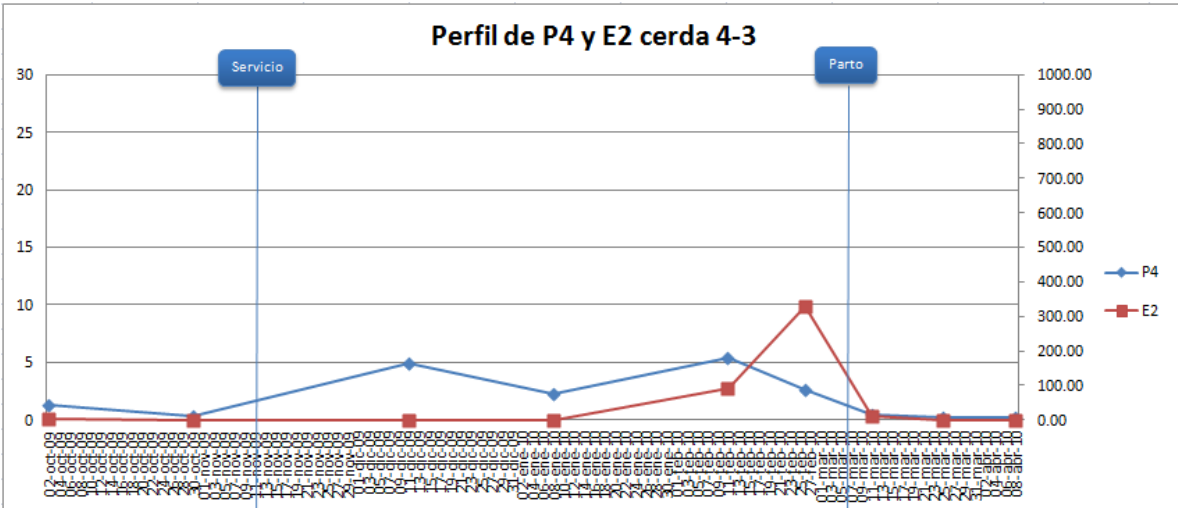
Gráfica 14. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 7-4 del grupo orgánico



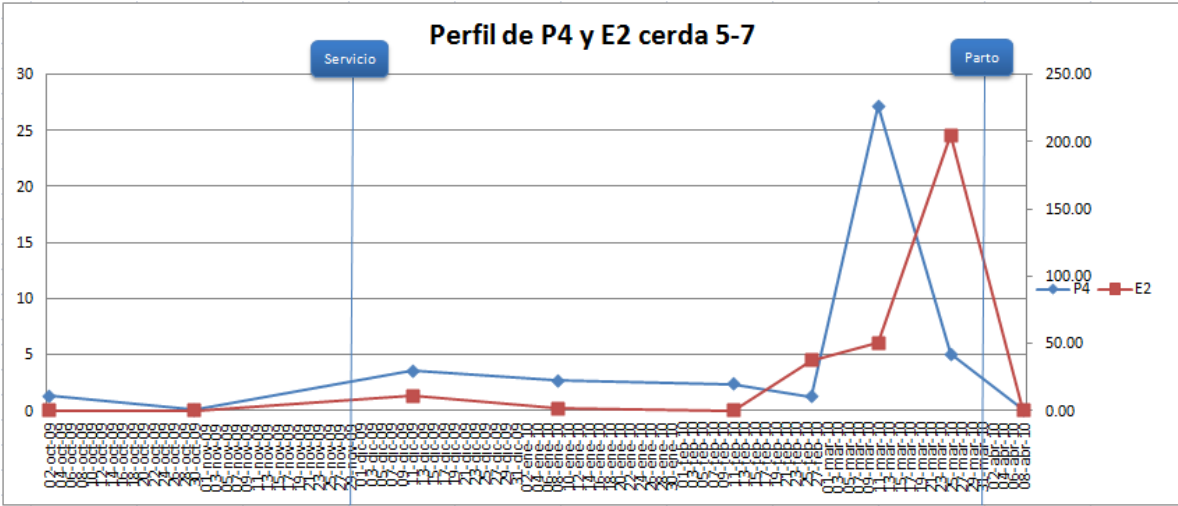
Gráfica 15. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 5-1 del grupo orgánico



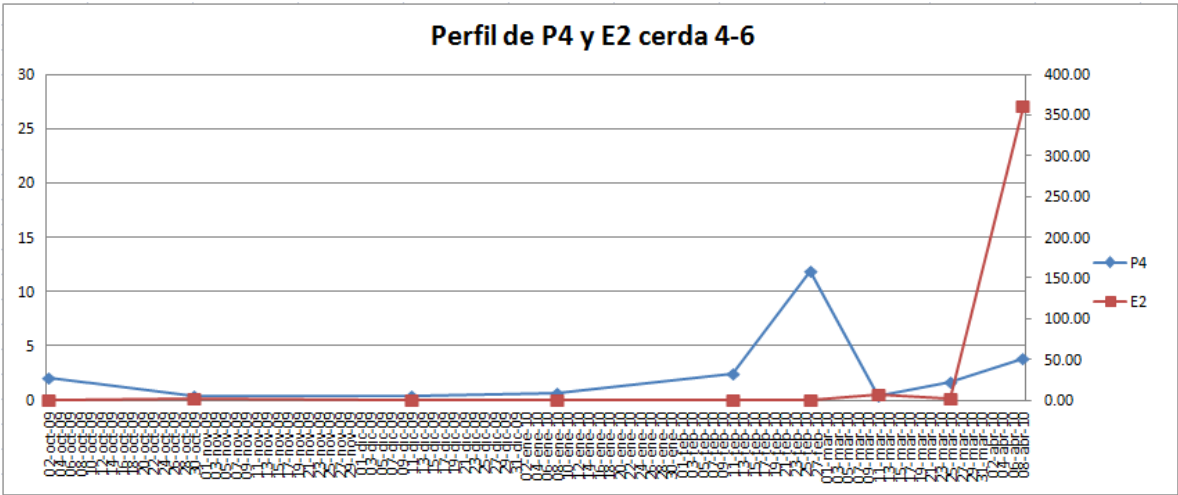
Gráfica 16. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-3 del grupo orgánico



Gráfica 17. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 5-7 del grupo orgánico



Gráfica 18. Gráfica del perfil hormonal y eventos fisiológicos de la cerdas 4-6 del grupo orgánico



Eje vertical izquierdo, progesterona ng/ml.

*Eje vertical derecho, estradiol pg/ml.

6 Discusión

Evaluar un sistema productivo orgánico, implica cierta problemática, debido a que existen diversos factores no controlables, como lo son los factores meteorológicos (calor, frío, lluvia, etc.) que podrían estar afectando los parámetros a evaluar. Por otra parte, se encuentra el estado de las instalaciones, ya que al tener a los animales libres, el piso al ser de tierra es el que se daña más rápido, debido a que permite que las cerdas expresen el comportamiento de hozar, lo que ocasionó que en la temporada de lluvias el terreno reblandecido provocara problemas podales en las cerdas.

Otro de los eventos que planteaban un problema es al ofrecer el alimento, ya que en la temporada de lluvias no se podían utilizar los comederos al exterior teniendo que recurrir a comederos de tolva dentro de los corrales techados incrementando las peleas entre las cerdas del grupo. El hecho de que las cerdas sean agrupadas y se encuentren libres, genera ciertos problemas sociales, principalmente de jerarquización, lo que genera peleas dentro del grupo.

Un papel importante en la reproducción lo tiene la alimentación y una dieta alternativa para un sistema orgánico formulada en base a los requerimientos de producción convencionales no es suficiente, ya que en un sistema orgánico existe una mayor demanda energética (Hurtado, 2010).

Por lo tanto es imposible atribuir un estímulo específico en cada sistema como responsable para los efectos en los perfiles hormonales. Esto es aun más difícil debido a que los efectos combinados de dos o más factores fisiológicos, sociales o medio ambientales, pueden diferir de los efectos de cada uno por separado.

Oliviero *et al.* (2008) llevaron a cabo un estudio para evaluar el efecto de dos tipos de alojamientos para cerdas (jaulas y corrales) en la duración del parto y la fisiología de la cerda, antes y después del parto. En este estudio se encontró que el tratamiento no tuvo efecto sobre el número de lechones nacidos vivos (corral 11.3 ± 2.6 , mean \pm S.D., vs jaula 11.4 ± 2.1), así como el número de lechones nacidos muertos (corral 1.0 ± 1.2 vs jaula 1.1 ± 1.3). La duración del parto fue mayor en el grupo en jaula (311 ± 35 min, mean \pm S.D.; $n = 15$), que en el grupo en corral (218 ± 24 min; $n = 19$; $p = 0.03$). El intervalo de expulsión entre lechones fue mayor en el grupo en jaula (25 ± 4 min; $n = 11$) que en el grupo en corral (16 ± 2 min; $n = 15$; $p = 0.05$).

Los resultados encontrados en la presente investigación de LNV y LNM coinciden con los hallazgos de Oliviero *et al.*, (2008), pero para el caso de la duración del parto, los resultados difieren, ya que las cerdas del grupo orgánico, que parieron en corrales con material de cama, tuvieron una mayor duración del parto en comparación con las cerdas del grupo convencional que parieron en jaulas de maternidad (orgánico 280.9 ± 126.69 vs convencional 170.1 ± 32.9) y existen diferencias significativas en el intervalo de expulsión entre lechones, siendo mayor

en las cerdas del grupo orgánico (16.03 ± 23.16) que en el grupo convencional (11.40 ± 10.23) ($P < 0.05$).

Por otra parte, Akos y Bilkey (2004), llevaron a cabo una comparación del desempeño reproductivo entre cerdas criadas al aire libre (en un sistema extensivo) contra un sistema intensivo. En este estudio se encontró que existe una disminución en el número de partos en las cerdas al aire libre y como consecuencia menos lechones nacidos totales, lechones nacidos vivos y destetados, concluyendo que los sistemas de producción al aire libre bajo condiciones climáticas y ambientales desfavorables pueden asociarse con un bajo desempeño reproductivo.

Parte del problema de esta investigación es que existe una gran variabilidad en los contenidos hormonales en un tiempo e individuo determinado, planteando serios problemas metodológicos, ya que se reduce la sensibilidad de la prueba. Los efectos de variación encontrados en los perfiles hormonales para Progesterona y Estradiol se pueden deber a diversos factores, en primer lugar está el estado fisiológico del animal, el medio ambiente al que está expuesto (Thatcher y Hansen, 2006) y al nivel de estrés al que esté sometido (Brandt *et al.*, 2007; 2009).

Oliviero *et al.* (2008), llevaron a cabo una evaluación de progesterona durante diez días alrededor del parto, dividido en dos periodos, de dos grupos de cerdas en dos diferente tipos de alojamientos (jaulas y corrales con cama), sin encontrar

diferencias significativas. Con la aproximación del parto, la concentración de progesterona disminuyó gradualmente a partir de día -1 y llegando a valores por debajo de 4 ng /ml un día después del parto (tomando al parto como el día 0).

Spooler *et al.* (2009), sugieren que se debe tomar en cuenta el estrés al que están sometidas las cerdas y su impacto en la fertilidad. Algunos de los factores específicos del estrés a considerar son: la jerarquización, densidad poblacional, ambientes poco estimulantes, efectos climatológicos, la relación negativa humano-animal, el sistema de alimentación y consumo de alimento, condición corporal, problemas podales provocados por el sistema, uso de cama, agresiones intragrupalas, tamaño y composición del grupo, tipo de piso, disponibilidad de espacio para escapar y áreas para esconderse. Debido a esta gran cantidad de factores, los resultados dentro de estos sistemas son poco predecibles, pudiendo ser fracasos y éxitos en cuanto a la productividad y longevidad de las cerdas.

Hartog *et al.* (1993) concluyen que es difícil comparar sistemas de grupo contra individuales, no solo porque existen varios tipos de criterios a evaluar (productividad, comportamiento, respuestas fisiológicas, etc.), sino que también existe variación entre los individuos del grupo o sistema individual. No existen diferencias productivas de cerdas alojadas en grupo. Sin embargo, el costo, el bienestar, y la aceptación del sistema por parte del público se tiene que considerar. También hay que recordar que los sistemas modernos de grupo son desarrollos relativamente nuevos y es probable que mejoren más rápidamente en

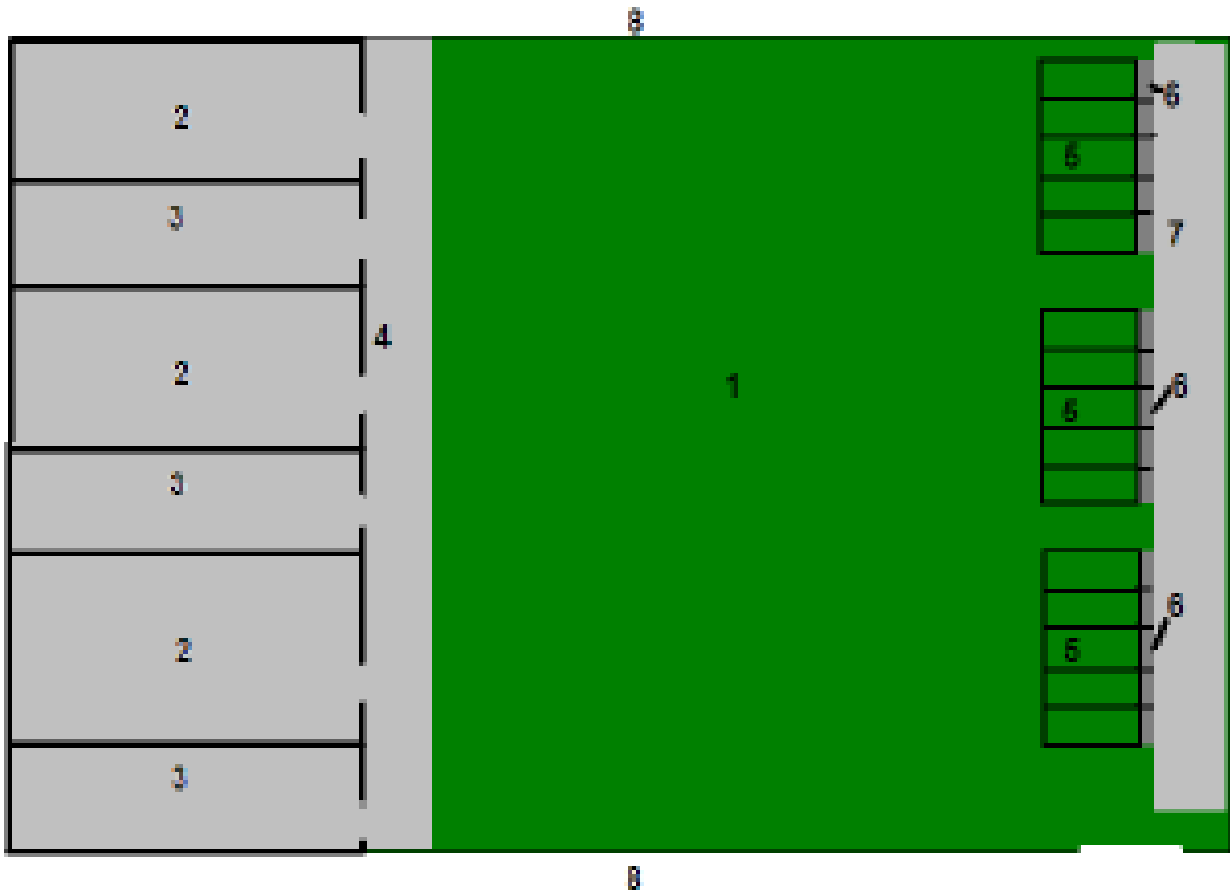
los esfuerzos dirigidos a controlar problemas tales como: agresión, trastornos podales y capacidad de manejo de las cerdas.

Existe la suposición y exigencia que para una condición de bienestar, los animales de granja deben tener la libertad de expresar su comportamiento natural. Esto representa un problema por dos razones. En primer lugar, es difícil delimitar el comportamiento natural, debido a su variabilidad y flexibilidad. Segundo, algunos patrones de comportamiento naturales son de hecho en detrimento del bienestar animal, como lo son: comportamientos de emergencia que llevan al animal a un estado de estrés y comportamientos perjudiciales como las agresiones por jerarquización o enfermedad relacionada a lesiones causadas por otros animales del grupo o privar a sus compañeras del corral de los recursos.

Sin embargo, proporcionar la oportunidad de que se exprese el comportamiento natural es a menudo una forma muy efectiva para satisfacer las necesidades y objetivos de los animales, que les proporcione una experiencia emocional positiva y estimular su desarrollo de la conducta de tal manera que proporcione beneficios a largo plazo (Špinková, 2006). Por lo tanto, el comportamiento natural de la especie en cuestión debe ser considerada tanto en los nuevos sistemas de alojamiento que se están desarrollando (Lidfors *et al.*, 2005), así como para solucionar problemas existentes dentro del sistema productivo que se tiene.

7 Anexos

Ilustración 1. Distribución del alojamiento de las cerdas del grupo orgánico.



1. Área exterior
2. Corral con piso de concreto de 28.28m²
3. Corral con piso de concreto de 13.88m²
4. Banqueta techada
5. Batería de jaulas individuales metálicas
6. Comederos tipo artesa
7. Pasillo de alimentación con piso de concreto
8. Malla ciclónica

8 Bibliografía:

Akos K, Bilkei G. Comparison of the reproductive performance of sows kept outdoors in Croatia with that of sows kept indoors. *Livestock Production Science* 2004;85: 293-298.

Alonso PF. Costos de Producción en la Porcicultura Mexicana en un marco de apertura comercial. *Los Porcicultores y su entorno*, 2003; 35: 26-30.

Brandt Y, Einarsson S, Ljung A, Lundeheim N, Martinez R, Madej A. Endocrine dynamics associated with follicle development in pigs: a review. *Animal Reproduction Science* 2009; 110: 172-185.

Brandt Y, Lundeheim N, Madej A, Martinez R, Einarsson S. *Domestic Animal Endocrinology* 2007;32: 122-137.

Certimexsc.com [homepage on the internet]. México: Normas certimex actualizadas 2009 [updated 2010 aug; cited 2010 aug]. Available from: http://www.certimexsc.com/servicios_normas.htm.

Ducoin WAM. *Introducción a la estadística*. México, D.F.: Universidad Nacional AM, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, 2009.

Einarsson S, Brandt Y, Lundeheim N, Madej A. Stress and influence on reproduction in pigs. *Acta Veterinaria Escandinavica* 2008; 50:48

El-Hage SN, Hattam C. *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad*. Departamento Desarrollo Sustentable FAO, (2003), pag 2-3

Gourdine JL, Greef de KH, Rydhmer L. Breeding for welfare in outdoor pig production: A simulation study. *Livestock Science* 2010.

Hartog LA, Backus GB, Vermeer HM. Evaluation of housing systems for sows, *Journal of Animal Science* 1993; 71: 1339-1344.

Hernández M. "Estrategias competitivas frente a la globalización: El caso de los porcicultores de Sonora (México)". [serial online] 2001, [cited 2011 enero]. Available From: URL: <http://www.fao.org/regional/lamerica/prior/desrural/alianzas>.

Sagarpa.gob [homepage on the internet]. México: Ganaderia Online Resources 2007 [updated 2011 may; cited 2011 jun] Available from: http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/comite/PO/vientres_porcino_190407.pdf

Hurtado GE. Evaluación del comportamiento productivo de cerdas reproductoras en etapa de gestación (Tesis Maestría). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México 2010.

Hurtado GE. Conceptos sobre Porcicultura Orgánica. En: Martínez GR, López MR, Bonilla PM, editores. *Porcicultura orgánica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia 2008.

IFOAM. Normas del IFOAM para la producción y el procesamiento orgánicos. Federación internacional de movimientos de agricultura orgánica 2005.

Karlen GA, Hemsworth PH, Gonyou HW, Fabrega E, Strom AD, Smits RJ. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large group on deep litter. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007; 105: 87-101.

Kuehl OR. Diseño de experimentos, Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación, 2ª edición, Thomson Learning, Universidad de Arizona, 2001.

Lauritsen HB, Sørensen GS, Larsen VA. Organic pig production in Denmark. In: Hermansen, JE, Lund V, Thuen E. Eds., Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries, DARCOF Report 2. Tjele, Denmark. 2000, 113 – 118..

Lidfors L, Berg C, Algiers B.. Integration of natural behavior in housing systems. *Ambio*. 2005;34: 325–330.

Martínez GRG. Conceptos sobre porcicultura orgánica. Departamento de producción animal cerdos. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008. pags 14-15,74.

Mostl E, Choi HS, Wurm W, Ismail N. Pregnancy diagnosis in cows and heifers by determination of oestradiol-17 [alpha] in faeces. *British Veterinary Journal* . 1984; 140: issue 3.

Ochoa ZLE. Determinación y distribución de los costos de producción para los sitios 1, 2 y 3, en una empresa porcina diseñada en tres sitios de producción (tesis de licenciatura). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2006.

Oliviero C, Heinonen M, Valros A, Halli O, Peltoniemi O. Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. *Animal Reproduction Science*. 2008; 105: 365–377, Available from: www.elsevier.com/locate/anireprosci.

Pérez ER. Porcicultura Intensiva y Medio Ambiente en México Situación Actual y Perspectivas. [serial online] 2008 [cited 2011 enero]. Available From: URL: <http://www.cipav.org.co/cipav/conf/espejo>.

Pérez ER. Granjas porcinas y medio ambiente: contaminación de agua en La Piedad, Michoacán. Plaza y Valdés Edit. México 2006; 1: 29-65. .

Sanders H, Rajamahendran R, Burton B. The development of a simple fecal immunoreactive progesterin assay to monitor reproductive function in swine. Can Vet J 1994; 35: 355-358.

SAGARPA.gob [homepage on the internet]. México: Programa emergente de apoyo a la rentabilidad porcina 2007 [updated 2012 may; cited 2012 jun]. Available from: <http://www.sagarpa.gob.mx>.

Sandøe P, Christiansen SB, Appleby MC. Farm animal welfare: The interaction of ethical questions and animal welfare science. Animal welfare 2003; 12: 469-478.

Špinko M. How important is natural behaviour in animal farm systems?. Applied Animal Behaviour Science 2006; 100: 117-126.

Spooler HAM, Geudeke MJ, Van der Peet-Schwering CMC, Soede NM. Group housing of sows in early pregnancy: A review of succes and risk factors. Livestock Science 2009; 125: 1-14. Available from: www.elsevier.com/locate/livsci

Schwarzenberger F, Möstl E, Palme R, Bamberg E. Faecal steroid analysis for non-invasive monitoring of reproductive status in farm, wild and zoo animals, Institut für Biochemie and L. Boltzmann-Institut für Veterinärmedizinische

Endokrinologie, Veterinärmedizinische Universität, Josef Baumangasse 1, A-1210 Vienna, Austria, Available online 29 March 1999.

Thatcher WW, Hansen PJ. Physiology of Reproduction. Elsevier 2006; 9: 433,434.

Tinoco JLL. La porcicultura mexicana y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Colección posgrado serie 24. México, D.F. : UNAM, Dirección General de Estudios de Posgrado, 2004. Available from: http://132.248.9.9/libroe_2007/1129820/Index.html

Trujillo OME. Efecto del destete precoz sobre la eficiencia reproductiva de cerdas de diferente número de partos (tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Veterinarias). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1998. Available from: <http://132.248.9.195/pdbis/267333/Index.html>

Weary MD, Pajor AE, Bonenfant M, Ross KS, Fraser D, Kramer LD. Alternative housing for sows and litters: 2. Effects of a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. Applied Animal Behaviour Science 1999; 65: 123–135.

Wasser SK, Monfort SL, Wildt DE. Rapid extraction of faecal steroids for measuring reproductive cyclicity and early pregnancy in free-ranging yellow baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*). Journals of reproduction and fertility LTD 1991; 92: 415-423.