

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Efectos de las dosis bajas de progesterona en los tratamientos de
sincronización sobre el número de lechones vivos

POR

RAFAEL PÉREZ MÉNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Abril, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efectos de las dosis bajas de progesterona en los tratamientos de
sincronización sobre el número de lechones vivos

Por:

Rafael Pérez Méndez

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


DR. Silvestre Moreno Avalos
Presidente


MC. Oscar Angel Garcia
Vocal


MC. Gerardo Arellano Rodriguez
Vocal


MC. Fernando Arellano Rodriguez
Vocal Suplente


MC. Guadalupe Rodriguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Abril, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efectos de las dosis bajas de progesterona en los tratamientos de
sincronización sobre el número de lechones vivos

Por:

Rafael Pérez Méndez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

DR. Silvestre Moreno Ávalos
Asesor Principal

MC. Oscar Ángel García
Coasesor

MC. Gerardo Arellano Rodríguez
Coasesor

MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreon, Coahuila, México
Abril, 2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Teresa Méndez Juárez y Rafael Pérez Bautista, por todo el sacrificio y apoyo incondicional para poder dar este gran paso en mi vida.

A mis hermanos por todo el apoyo que me dieron, por darme ánimos para seguir y apoyarme mis decisiones sin importar cuales fueran.

A mi asesor principal Dr. Silvestre Moreno Avalos por su apoyo y la gran confianza que deposito en mi para realizar este trabajo.

A mis compañeros y amigos quienes también influyeron mucho en la persona que soy ahora.

A mi ALMA TERRA MATER por darme la oportunidad de formarme como profesionista donde pude conocer gente maravillosa, con una gran diversidad de cultura, y excelentes maestros.

DEDICATORIAS

A mis padres inspirarme a seguir adelante sin importar lo complicado que resulte para mí.

A mis hermanos quienes quiero y aprecio mucho, aunque casi no se los diga quienes también sirvieron como impulso para este gran paso de muchos que aún me faltan.

A mi novia quien desde el primer momento en que la conocí me brindó su amistad, apoyo y luego su cariño, quien ha estado conmigo sin importar los problemas por los que esté pasando e inspirándome día con día para salir adelante.

RESUMEN

El uso de un progestágeno sintético que suprime el desarrollo del folículo ovárico es ampliamente utilizado para la sincronización de celo en cerdas primíparas y multíparas por lo que algunos estudios han sugerido que la administración de Altrenogest mejoraría el rendimiento subsecuente de la hembra. Es por ello que el objetivo del experimento fue evaluar el efecto de las dosis bajas de progesterona en los tratamientos de sincronización sobre el número de lechones vivos. Durante el experimento se emplearon 24 cerdas divididas en grupos de 8 donde cada grupo se trabajó con 5 cerdas multíparas y 3 nulíparas; el primer grupo (GT1) con un peso promedio de 125 kg, recibió un tratamiento de 10 días de progesterona (P4) (Virbagest®), una vez pasado esos días se le aplicó 400 UI de gonadotropina sérica equina (eCG) y 200 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG) (P.G 600®), posteriormente se esperó al celo y se inseminaron las cerdas; el siguiente grupo (GT2) con un peso promedio de 126.5 kg, recibió un tratamiento de 5 días de progesterona y posteriormente se le administró P.G 600®, al finalizar el tratamiento se esperó al celo y se inseminó; el tercer grupo (GC) con un peso promedio de 124.5 kg no recibió ningún tratamiento de sincronización, se esperó al celo y posteriormente se inseminó. El tratamiento para el primer grupo resultó ser más útil predominando con un promedio de 12.75 lechones vivos.

Palabras clave: Progesterona, Lechones vivos, Cerda, PG 600, Celo.

ABSTRACT

The use of a synthetic progestogen that suppresses the development of the ovarian follicle is widely used for heat synchronization in gilt and multiparous sows, therefore some studies have suggested that the administration of Altrenogest would improve the subsequent performance of the sow. That is why the objective of the experiment was to evaluate the effect of low doses of progesterone in synchronization treatments on the number of live piglets. During the experiment, 24 sows were used, divided into groups of 8, where each group worked with 5 multiparous and 3 gilt sows; The first group (GT1) with an average weight of 125 kg, received a 10-day treatment of progesterone (P4) (Virbagesst®), after those days 400 IU of equine serum gonadotropin (eCG) and 200 IU were applied of human chorionic gonadotropin (hCG) (PG 600®), later the heat was waited and the sows were inseminated; The next group (GT2) with an average weight of 126.5 kg, received a 5-day treatment of progesterone and subsequently P.G 600® was administered. At the end of the treatment, they waited for heat and were inseminated; the third group (CG) with an average weight of 124.5 kg did not receive any synchronization treatment, waited for heat and subsequently inseminated. The treatment for the first group turned out to be more useful, predominating with an average of 12.75 live piglets.

Key words: Progesterone, Live piglets, Sow, PG 600, Heat.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE DE CONTENIDO	v
I. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 REPRODUCCIÓN.....	5
2.1.1 FASE PRE-FOLICULAR.....	7
2.1.2 FASE LÚTEA DEL CICLO ESTRAL	7
2.1.3 ANESTRO LACTACIONAL	9
2.1.4 FASE FOLICULAR	11
2.1.5 TASA DE OVULACIÓN.....	11
2.1.6 EL CELO Y EL MOMENTO DE LA OVULACIÓN	12
2.1.7 LUTEINIZACIÓN	12
2.2 TRATAMIENTO INDUCTOR DE OVULACIÓN.....	13
2.2.1 PG 600	14
2.2.2 VIRVAGEST	16
2.3. GESTACION Y PARTO.....	16
2.3.1 IMPLANTACIÓN.....	16
2.3.2 GESTACIÓN MEDIA.....	18
2.3.3 CONDICION CORPPORAL DE LA CERDA	19
2.3.4 PARTO.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
3.2 GRUPOS EXPERIMENTALES Y TRATAMIENTOS.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
4.1 PROMEDIO DE NACIDOS VIVOS	27
V. CONCLUSIÓN.....	28
VI. REFERENCIAS.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Peso promedio.	25
Cuadro 2. Porcentaje de presentación de celo.	26
Cuadro 3. Promedio de lechones nacidos vivos de cada grupo experimental.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadrado medio mínimo del número de folículos (3-9 mm) en cerdas multíparas desde -48 h hasta 48 h del inicio del estro (De La Sota, 2011).	7
Figura 2. Concentraciones plasmáticas de 17-estradiol y progesterona (A) y FSH, LH e inhibina A (B) y desarrollo folicular y tamaño del CL (C) durante el ciclo de celo en cerdas (según Noguchi et al., 2010). La línea vertical en las figuras representa el tiempo de la ovulación.	9
Figura 3. Patrones de LH pulsátiles representativos el día antes del destete (A) y el día del destete (B) en una cerda primípara. El destete tuvo lugar el día 24 de la lactancia a las 0800. Se tomaron muestras de sangre cada 12 minutos (van Leeuwen y Soede, resultados no publicados).	11
Figura 4. Condición corporal, la condición óptima es de 2.5-3.0 (PIC USA, 2007).....	20
Figura 5. Inicio del parto (THE PIG SITE, 2020)	22
Figura 6. Área de desarrollo del experimento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	24
Figura 7. Animales que conformaron el grupo experimental	25

I. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El proceso de domesticación en todas las especies ganaderas ha sido determinado por una serie compleja de eventos espaciotemporales que causan cambios genéticos continuos derivados de la mezcla y el aislamiento de poblaciones que han dado forma al genoma animal a partir de los correspondientes grupos genéticos silvestres ancestrales (Larson & Burger 2013). Los resultados de este proceso continuo determinaron varias modificaciones morfológicas, de comportamiento y fisiológicas de los cerdos que satisfacían las necesidades de los criadores primarios y condujeron a la fijación de algunos rasgos (por ejemplo, el color del pelaje y la forma de los animales), considerados entre los primeros fenotipos derivados de la domesticación (Clutton-Brock, 1999).

La investigación básica y aplicada en fisiología, nutrición, genética, comportamiento animal, medio ambiente y vivienda durante los últimos 40 años proporcionó la base para el desarrollo de hembras muy prolíficas y diversas prácticas y tecnologías de gestión, que han aumentado significativamente la eficiencia de la reproducción en el rebaño. Una tasa de ovulación de 20 no es infrecuente en las hembras contemporáneas muy prolíficas. Por lo tanto, si se supone una duración de la gestación de 115 días, una duración de la lactancia de 21 días, un intervalo de destete a estro de 5 días, una tasa de concepción del 100% y cero mortalidad embrionaria y destete, las cerdas tienen el potencial de parir 2.6 veces/año y producir 52 cerdos destetados/cerdas apareadas/año. Sin embargo, debido a numerosos factores, como la estación, la nutrición, la enfermedad, la mortalidad embrionaria antes del día 30 del embarazo y la mortalidad antes del destete de los lechones, no se ha alcanzado el potencial de 52 cerdos destetados/cerda apareada/año (Clutton-Brock, 1999).

Otro punto productivo importante es la alimentación, las cerdas que son "demasiado gordas", tienen problemas de parto, matan a los lechones, comen mal durante la lactancia posterior y son menos prolíficas en la próxima paridad. Las cerdas con profundidades de grasa en la espalda de 23 mm o más en el parto tienen depresión del apetito durante la lactancia (Vignola, 2009). Peltoniemi et al., (2007) revisaron la investigación que indica que la restricción de alimentación después del apareamiento solo puede aplicarse a los primeros 4 días en las cerdas. Igualmente, una alimentación abundante durante el embarazo temprano aumentó la supervivencia del embrión y no influye en el mantenimiento del embarazo. También se propuso que dos características principales de la cerda hiperprolífica son la falta de muerte embrionaria temprana con sobrealimentación después de la ovulación y una influencia positiva de la sobrealimentación durante las últimas semanas de gestación en los pesos al nacer de los lechones (Martineau y Badouard, 2014).

Como se indicó en la discusión anterior, las necesidades de nutrientes de las cerdas cambian significativamente a medida que avanza el embarazo. Muchos productores utilizan un programa de alimentación por fases para acomodar estos cambios. Las tres etapas (es decir, las fases de gestación) que justifican las diferentes estrategias de alimentación son: 1) gestación temprana (0-30 días), en la que se ve afectada la supervivencia e implantación del embrión, 2) gestación media (30-75 días), en que el cuerpo de las cerdas jóvenes y la recuperación de las reservas corporales perdidas durante la lactancia en las cerdas mayores se ven afectadas y 3) la gestación tardía (aproximadamente los últimos 45 días), en la que se ve afectado el crecimiento fetal y mamario. El contenido de proteína y el aumento de peso aumentan rápidamente después de 68 días de gestación y tienen mayor prioridad para el suministro de nutrientes que el aumento de peso materno (Moehn *et al.*, 2012).

Las cerdas altamente prolíficas de hoy en día producen grandes camadas de cerdos delgados y de rápido crecimiento. El tamaño de la camada aumentó en tres cerdos durante aproximadamente los últimos 40 años. Debido a que el apetito a menudo es deficiente después del parto, el aumento de los nutrientes

necesarios para la producción de leche generalmente proviene de la movilización de las reservas corporales. Por lo tanto, la lactancia impone una gran demanda nutricional a las cerdas. El uso de las reservas corporales podría conducir a una pérdida de peso excesiva, lo que a su vez reduce el aumento de peso de la camada debido a la disminución de la producción de leche y los problemas de reproducción posteriores para las cerdas. El consumo adecuado de alimento, especialmente durante los primeros 7 a 10 días de lactancia es importante para reponer las reservas corporales y restablecer la secreción de hormonas que controlan el rendimiento reproductivo posterior. Además, numerosos estudios demostraron que las altas temperaturas ambientales experimentadas en verano son perjudiciales para la ingesta de alimento y la producción de leche (Silva *et al.*, 2014).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El origen del cerdo lo sitúan los científicos en el primer período de la época terciaria, como resultado del cruce de especies salvajes en Europa y Asia; en el neolítico superior ya había ejemplares domesticados. En el lenguaje popular se le denomina marrano, porcino y cabeciagachado, y en “la identificación zoológica se le nombra cerdo, puerco, gocho, verrón, verraco, varraco, marranchón, tunco, chancho, choncha, choncho, verriundo, gruñete, lechón, lechona, cochinitillo, porcachón, guarro, gorrino” (Lácides, 2001).

La reconstrucción de la historia de la domesticación del cerdo (*Sus scrofa*), desde los primeros acontecimientos (que podrían remontarse hace unos 9.000-10.000 años) hasta la constitución de las razas modernas. También parece claro que la domesticación del cerdo no se basó en pocos eventos fijos, sino que ocurrió durante muchos milenios e incluyó la mezcla repetida de poblaciones domésticas con jabalíes locales que, en la mayoría de los casos, compartían los mismos entornos (Larson & Burger, 2013).

La carne de cerdo es una de las más producidas en el mundo: en 2010 se produjeron 108.9 millones de toneladas (Mt), en 2014 fueron 110.5 Mt y para 2015 se incrementó 0.3% (110.9 Mt) (USDA, 2016). Para este último año, China fue líder con 51% (56.6 Mt), la Unión Europea y Estados Unidos aportaron 22.6 y 10.5% respectivamente. Hong Kong y China sobresalieron con 67.7 y 42.5 kg per cápita (Porcimex, 2017).

México no se encuentra entre los mejores productores de carne de cerdo del mundo, pero en las últimas dos décadas, la porcicultura mexicana enfrentó cambios significativos en el entorno económico en el cual se desarrolló, motivando variaciones en ritmos de crecimiento de la producción. Estas variaciones han tenido diferentes efectos en los estratos productivos y en diferentes zonas de producción (SAGARPA, 2013).

En México la producción de carne de cerdo la llevan a cabo 5 800 productores. En 2010 el país aportó 1.1 Mt al total mundial (1.2%) y para 2016 1.4 Mt, lo cual

lo posicionó en el lugar décimo sexto. El país adquirió del exterior 770 mil toneladas (6.5% superior a 2015) y vendió, fuera de sus fronteras, 141 mil toneladas. Con ello, el consumo nacional aparente registró un volumen de 2,029 miles de toneladas. Por entidad federativa, en 2016, Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán, Veracruz, Guanajuato y Michoacán conjuntaron 898.9 mil toneladas (65.3%) (porcimex, 2017).

Uno de los objetivos de la cría de las cerdas es la mejora genética del número de lechones destetados por cerda. El requisito principal para lograr un mayor número de lechones destetados es un aumento en el número de nacidos vivos. Por lo tanto, la selección de razas o líneas de madres debe considerar las correlaciones genéticas entre los rasgos componentes del parto y la mortalidad (Rydhmer, 2000).

La enorme escala a la que se cruzan las razas porcinas para lograr una mayor producción y una mejor calidad de la carne ha provocado cambios críticos en la estructura genética de las diversas razas porcinas criadas en todo el mundo. La variabilidad genética se ha reducido drásticamente y se ha reemplazado por una selección genética que busca una mayor producción. El conocimiento de la genética de las razas porcinas es importante, especialmente para aquellos genes que codifican o regulan los rasgos deseables en la industria cárnica, ya que están sujetos a una alta presión de selección (De Campos *et al.*, 2015).

2.1 REPRODUCCIÓN

La reproducción en cerdos es bastante excepcional en el sentido de que ovulan entre 15-30 ovocitos en un período de celo. Los ovarios de la hembra porcina se caracterizan por el gran número de folículos, comparado con otras especies (De la Sota, 2011).

Las primerizas generalmente alcanzan la pubertad entre los 150 y 220 días de edad, dependiendo de muchos factores, incluido el momento del contacto con el macho y la condición corporal. Después de la pubertad, siguen ciclos de celos de 18 a 24 días y la mayoría de las primerizas se inseminan durante el segundo o

tercer celo después de la pubertad. Después de una inseminación exitosa, sigue un embarazo de 114-116 días de duración. Durante los 16–40 días de lactancia, las cerdas normalmente experimentan anestro lactacional, que luego es seguido por un intervalo de destete a estro bastante fijo de 4 a 6 días. Estas etapas reproductivas están controladas por un sistema de retroalimentación positiva y negativa de las hormonas reproductivas que se producen y liberan del hipotálamo (hormona liberadora de gonadotrofina, GnRH), la pituitaria (hormona folículo estimulante, FSH; hormona luteinizante, LH; oxitocina y prolactina), los ovarios (progesterona, P4; 17-estradiol, E2; inhibinas y relaxina) y el útero (prostaglandina F2, PGF2) (Soede *et al.*, 2011).

Comenzaremos con una descripción de la fase pre-folicular (ya sea la fase lútea del ciclo o el período de lactancia), durante el cual el desarrollo del folículo se suprime en gran medida, pero no del todo. Sigue con la fase folicular, durante la cual los folículos son reclutados y seleccionados de un grupo de folículos en desarrollo. Después, se discute brevemente el período de celo y ovulación, seguido de la luteinización y el período del embarazo (Soede *et al.*, 2011).

Durante la fase lútea, pueden observarse 30-90 folículos de 1-2 mm, y 30-50 folículos de 2-7 mm como se ve en figura 1. Durante la fase folicular, el número de folículos pequeños y medianos disminuye dramáticamente, dejando un total de aproximadamente 20 folículos, en su mayoría folículos ovulatorios. Los folículos ovulatorios alcanzan 7-10 mm previo a la ovulación como se aprecia en la figura 1. En las hembras porcinas, debido a que existe un desarrollo coordinado al comienzo de la fase lútea, hay un crecimiento continuo y atresia de los folículos ováricos durante el resto de la fase lútea (días 7 a 15 del ciclo estral), sin evidencia de ondas ni de dominancia folicular y sin estar asociado a cambios en las concentraciones plasmáticas de FSH. El cuerpo lúteo de la cerda produce varias hormonas, entre ellas inhibina y estradiol, que regulan negativamente la FSH y mantienen las concentraciones en niveles por debajo de los necesarios para el reclutamiento folicular; esto podría explicar la ausencia de ondas foliculares durante la fase lútea en la cerda. Los folículos que ovularán incrementan su tamaño entre los días 14-16 del ciclo estral. La tasa de ovulación

y la calidad de los folículos ovulantes depende del proceso de desarrollo del folículo en el período anterior (De la Sota, 2011).

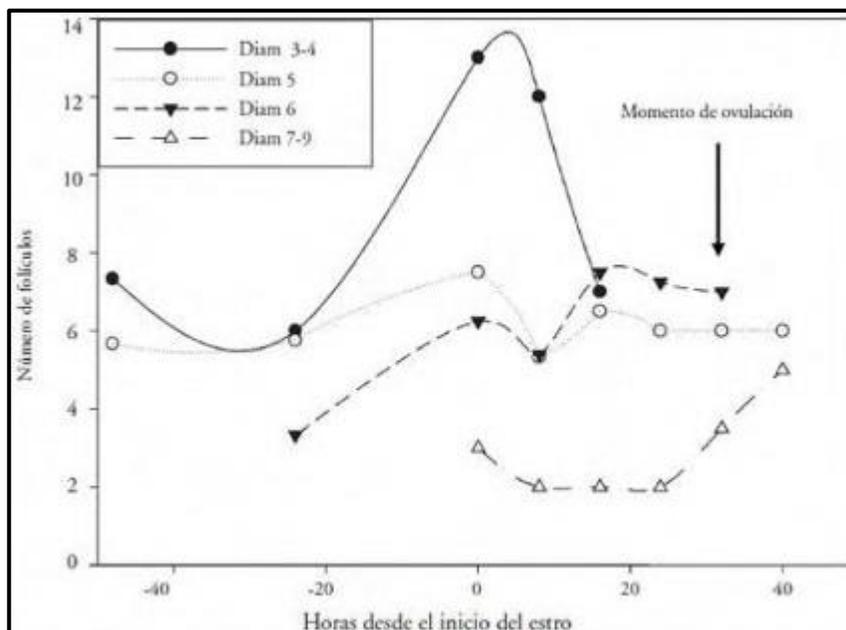


Figura 1. Cuadrado medio mínimo del número de folículos (3-9 mm) en cerdas multiparas desde -48 h hasta 48 h del inicio del estro (De La Sota, 2011).

2.1.1 FASE PRE-FOLICULAR

La fase pre-folicular es la fase previa a la fase folicular de 4 a 6 días que precede a la ovulación. Durante esta fase, el desarrollo del folículo generalmente se suprime en gran medida, ya sea por progesterona (durante la fase lútea del ciclo) o por la lactancia en curso. El número y la calidad de los folículos al inicio de la fase folicular están determinados en gran medida por los procesos durante la fase pre-folicular (Noguchi *et al.*, 2010).

2.1.2 FASE LÚTEA DEL CICLO ESTRAL

Al comienzo de la fase lútea, inmediatamente después de la ovulación, las concentraciones periféricas de P4 son mínimas y los ovarios de la cerda

prácticamente carecen de folículos antrales más grandes, según se ilustra en la figura 2 debido a mayores concentraciones de estrógenos e inhibinas antes de la ovulación. La producción de inhibina y E2 disminuye a medida que ocurre la ovulación, eliminando la retroalimentación negativa sobre la FSH. Las concentraciones periféricas de FSH son, por lo tanto, mayores en los días 1 y 2 después de la ovulación, lo que induce una ola de desarrollo folicular sincronizado y un aumento en el número de folículos pequeños y medianos. Posteriormente, la producción de inhibina por estos folículos aumenta, lo que luego reduce las concentraciones periféricas de FSH. Los cuerpos lúteos en desarrollo producen cantidades crecientes de P4, que alcanzan concentraciones máximas entre los días 8 y 9 después de la ovulación, y también suprimen la secreción de gonadotropinas. Los números pequeños de folículos antrales parecen aumentar hasta el día 9, pero los diámetros de los folículos siguen siendo relativamente pequeños, lo que resulta en concentraciones mínimas o nulas de estrógenos periféricos medibles sistémicamente como se observa en la figura 2 (Noguchi *et al.*, 2010).

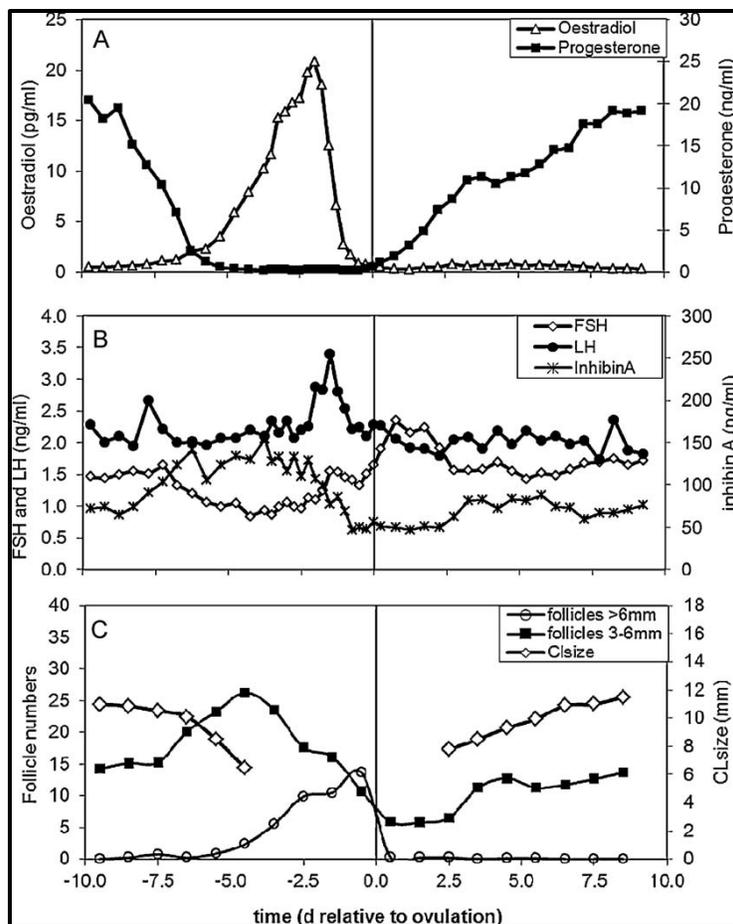


Figura 2. Concentraciones plasmáticas de 17-estradiol y progesterona (A) y FSH, LH e inhibina A (B) y desarrollo folicular y tamaño del CL (C) durante el ciclo de celo en cerdas (según Noguchi et al., 2010). La línea vertical en las figuras representa el tiempo de la ovulación.

2.1.3 ANESTRO LACTACIONAL

Durante la lactancia establecida, las concentraciones periféricas de la pulsatilidad de LH se suprimen debido a la inhibición inducida por la succión del generador de pulsos de GnRH. El grado de supresión de LH está relacionado no solo con la intensidad de la succión, sino también con el balance energético negativo de la cerda; Los efectos de la lactancia sobre la FSH son menos consistentes y se deben principalmente a las reacciones negativas de la inhibina (producida por el crecimiento limitado de los folículos antrales) en lugar de los efectos de la succión. En el curso de la lactancia, normalmente se restablece la pulsatilidad de LH, lo que puede estar relacionado con una disminución de la frecuencia de

lactancia y con el aumento de la capacidad de respuesta de LH pituitaria a GnRH. Concomitantemente con este aumento en la pulsatilidad de LH, el diámetro del folículo aumenta durante el curso de la lactancia. Por lo tanto, con la lactancia progresiva, el grupo folicular en los ovarios alcanza un diámetro mayor, aunque la mayoría de las cerdas no desarrollan folículos más allá de un diámetro de 3-4 mm después del destete, aunque ocasionalmente las cerdas desarrollan preovulación, folículos de diámetro (8 mm) y ovulan durante la lactancia. Al final de la lactancia, la mayoría de las cerdas parecen tener ondas sincronizadas de desarrollo folicular, con diámetros foliculares que alcanzan 4–5 mm y luego retroceden. La inhibición de la liberación de LH durante la lactancia influye tanto en el desarrollo del folículo de lactancia como en la reanudación de la actividad ovárica después del destete. Además, el mecanismo de retroalimentación positiva del estradiol sobre el aumento de LH madura en el curso de la lactancia, lo que aumenta la capacidad de las cerdas para montar un aumento de LH pre-ovulatorio de magnitud suficiente ilustrada en la figura 3. Estos mecanismos juntos forman la base de los efectos de la lactancia en las variables de fertilidad posteriores, tales como: intervalo de destete a estro, tasa de ovulación e incluso supervivencia del embrión, que eventualmente afectan la tasa de parto y el tamaño de la camada. Permitir la regresión del folículo después del destete, ya sea alimentando un análogo de progesterona durante al menos 4 días después del destete o inseminando cerdas en el segundo estro después del destete, beneficiará la fertilidad posterior de las cerdas con un desarrollo folicular comprometido al destete (Patterson *et al.*, 2008).

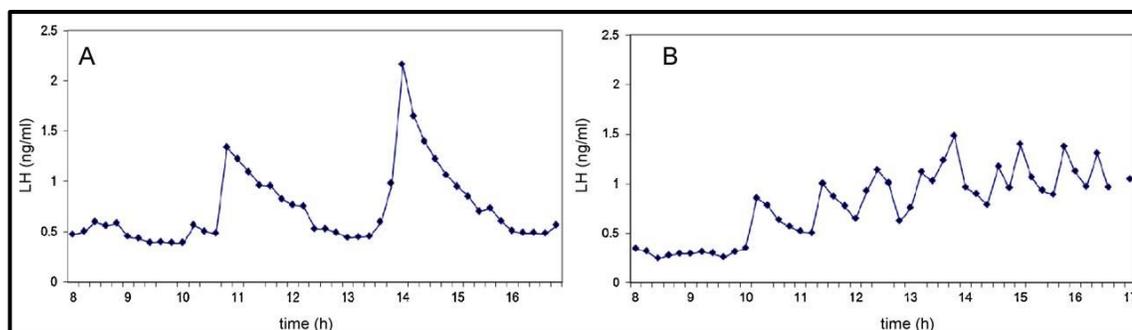


Figura 3. Patrones de LH pulsátiles representativos el día antes del destete (A) y el día del destete (B) en una cerda primípara. El destete tuvo lugar el día 24 de la lactancia a las 0800. Se tomaron muestras de sangre cada 12 minutos (van Leeuwen y Soede, resultados no publicados).

2.1.4 FASE FOLICULAR

La fase folicular del ciclo estral del cerdo dura de 4 a 6 días y sigue una fase lútea o la lactancia. Al inicio de la fase folicular o, posiblemente, al final de la fase prefolicular, dependiendo de las concentraciones periféricas de progesterona (fase lútea) o de los efectos supresores de la lactancia (dependiendo de los días posteriores al parto, balance energético negativo e intensidad de la lactancia) los folículos antrales más grandes del conjunto (generalmente de 2 a 4 mm) se reclutan y comienzan a desarrollarse (Guthrie, 2005).

2.1.5 TASA DE OVULACIÓN

Se reclutan los folículos antrales más grandes del grupo (generalmente de 2 a 4 mm) y comienzan a desarrollarse. Los folículos reclutados aún pueden sufrir atresia durante la fase folicular, pero una vez seleccionados, escapan de la atresia y eventualmente ovulan en un diámetro de 7–8 mm (Guthrie, 2005).

2.1.6 EL CELO Y EL MOMENTO DE LA OVULACIÓN

El celo es el período alrededor de la ovulación en el que las cerdas muestran un comportamiento receptivo caracterizado por la "respuesta de pie" en presencia de un macho; la cerda permanece inmóvil, arquea la espalda y levanta las orejas que permite que un macho se aparee. Además de estos cambios de comportamiento, también se observan cambios vulvares. Los estímulos táctiles y olfativos del macho son los más importantes para la respuesta de pie (Signoret, 1970) y la detección de celos a menudo se realiza imitando estos estímulos táctiles mediante la llamada 'prueba de contrapresión' (BPT), en presencia de un macho (Steверink *et al.*, 1999).

En presencia de un macho, el celo dura en promedio 40-60 h, pero varía de menos de 24 h a más de 96 h para cerdas individuales. La duración del celo varía considerablemente entre granjas y se ve afectada por la intensidad del contacto con el macho durante la detección de celo, el estrés de las cerdas, la paridad (a menudo más corta en las primerizas) y el intervalo de destete demasiado estridente (más corto en intervalos de más de 6 días). Las razones por las cuales hay interés tanto en la duración como en la variación de la duración se deben a sus relaciones con el momento de la ovulación. En la mayoría de las cerdas, la ovulación tiene lugar en aproximadamente dos tercios del período de celo (Steверink *et al.*, 1999).

2.1.7 LUTEINIZACIÓN

Después de la ruptura de los folículos pre-ovulatorios en la ovulación, se produce una amplia reforma y reorganización de los tejidos, lo que finalmente resulta en la formación de cuerpos lúteos completamente funcionales en la fase lútea media. La angiogénesis es uno de los principales procesos que tienen lugar en la fase lútea temprana, y los factores angiogénicos como el VEGF influyen en la formación y función del cuerpo lúteo en esta fase (Schams y Berisha, 2004).

Los cuerpos lúteos alcanzan su diámetro completo aproximadamente una semana después de la ovulación, con una masa lútea total que oscila entre 6 y

10 g. Uno de los factores que contribuyen a la masa lútea total es el número de cuerpos lúteos. Las concentraciones circulantes de progesterona están relacionadas con la masa lútea total. Durante la formación del tejido lúteo, factores distintos de los factores angiogénicos, como IGF-I, afectan la formación y la función del tejido lúteo (Gerritsen *et al.*, 2008).

En cerdas que han iniciado ciclos estrales, la luteólisis ocurre alrededor del día 15 después de la ovulación y es causada por prostaglandinas secretadas por el útero. La secreción de prostaglandinas aumenta antes del día 15, pero es solo entre los días 12 y 13 cuando los cuerpos lúteos de los cerdos se vuelven sensibles a las prostaglandinas, a diferencia del ganado, y por lo tanto las prostaglandinas no pueden usarse para sincronizar el tiempo del estro en los cerdos. En las cerdas gestantes, el útero grávido también secreta prostaglandinas, pero la señalización de los estrógenos de los embriones en elongación hace que las prostaglandinas se secreten hacia la luz uterina en lugar de hacia la circulación como en las cerdas no gestantes (Waclawik *et al.*, 2009).

2.2 TRATAMIENTO INDUCTOR DE OVULACIÓN

El control del desarrollo folicular ovárico y la ovulación ofrece ventajas prácticas en el manejo del ganado y para el desarrollo de tecnologías reproductivas. La variación en la duración del estro permanente, que tiene implicaciones directas en el momento de la ovulación, ha sido bien establecida en los cerdos (Soede y Kemp, 1997). Aunque se ha informado una relación entre el momento de la ovulación después del inicio del estro y la duración del estro tanto en las multíparas como en las primerizas (Almeida *et al.*, 2000) ningún otro factor parece relacionarse con el momento de la ovulación (Langendijk *et al.*, 2000).

El inicio y la duración registrados del estro también dependen de la frecuencia de detección del estro y de las habilidades de observación del ganadero. Por lo tanto, el momento adecuado de la inseminación en relación con la ovulación puede ser problemático, pero tiene una gran influencia en la fertilidad posterior (Soede *et al.*, 1995). Está documentado que la ovulación ocurre generalmente

alrededor del 70% del camino a través del estro (Soede y Kemp, 1997). Sin embargo, la duración del estro en las cerdas es muy variable, lo que dificulta la realización de la inseminación artificial (IA) de las cerdas en el momento óptimo. En los cerdos, se informó que un aumento más temprano de las concentraciones plasmáticas de progesterona después del inicio del pico de LH era característico de las hembras prolíficas Meishan en comparación con las hembras Large White. Además, los efectos metabólicos sobre el momento del aumento de las concentraciones plasmáticas de progesterona en cerdas jóvenes y cerdas destetadas también se han asociado con una supervivencia embrionaria reducida (Foxcroft, 1997). Por tanto, las concentraciones de progesterona pueden verse influidas por el tratamiento con LH, como en el ganado, y esto podría influir en la supervivencia embrionaria.

Se pueden usar muchas hormonas para controlar la ovulación en cerdos, el protocolo de tratamiento más establecido para controlar la ovulación implica el uso de una combinación de eCG para estimular el crecimiento folicular, seguido de la hormona gonadotropina coriónica humana (hCG) para desencadenar la ovulación (Webel y Day, 1982).

2.2.1 PG 600

En los cerdos, así como en otras especies, el crecimiento y el desarrollo prenatal adecuados son esenciales para el rendimiento del crecimiento posnatal (Ashworth *et al.*, 2009). Por lo tanto, las pérdidas durante el período anterior al nacimiento difícilmente se corrigen en etapas posteriores de la vida, lo que limita la productividad y la rentabilidad del productor (Schinckel *et al.*, 2010).

Un rendimiento reproductivo reducido de las cerdas se asocia con la temporada, la duración de la lactancia y la paridad (Koketsu *et al.*, 1997). El problema se origina en un menor número de cerdas que regresan al estro, un mayor tiempo para regresar al estro y tasas de retorno más altas después del apareamiento, que en conjunto dan como resultado tasas de parto más bajas. Por lo tanto, los tratamientos hormonales han sido diseñados para controlar las funciones lútea y

folicular, proporcionando interesantes posibilidades para sincronizar el estro y la ovulación y, lo que es más importante, para la detección del estro para determinar el momento de la IA (Bó *et al.*, 2002).

La preparación hormonal disponible comercialmente para inducir el estro y la ovulación en cerdas prepúberes y posparto es el compuesto P.G. 600, es una preparación hormonal disponible comercialmente que contiene 400 UI de gonadotropina sérica de yegua preñada (eCG) y 200 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG). y ha sido aprobada para la inducción del estro en cerdos. Las primeras investigaciones indicaron que una inyección combinada de eCG y hCG podría inducir a > 90% de las primerizas prepúberes a expresar estro en 3 a 7 días, con altos porcentajes de concepción (80%) y parto (76%). Por tanto, las gonadotropinas podrían incluirse en los protocolos de sincronización para mejorar el soporte de LH (Schilling y Cerne, 1972).

Debido a que la secreción suprimida de gonadotropinas y la inactividad ovárica pueden estar involucradas, se han utilizado gonadotropinas exógenas para estimular la actividad ovárica. Tanto PMSG (Sechin *et al.*, 1999) como PMSG / hCG (Kirkwood *et al.*, 1998) se han utilizado en cerdas al destete. Generalmente, las gonadotropinas administradas al destete mejoran el porcentaje de cerdas que regresan al estro y reducen el tiempo para regresar al estro. Sin embargo, solo unos pocos estudios indican una mejora (Sechin *et al.*, 1999), y otros indican que no hay cambios o incluso una ligera disminución en las tasas de partos y el tamaño de la camada (Kirkwood *et al.*, 1998).

Hay varios métodos disponibles para la sincronización del estro porcino. Además del manejo adecuado de las cerdas durante la lactancia y el destete, el tratamiento con gonadotropinas en las cerdas al destete también es útil para prevenir el retorno tardío al estro asociado con la temporada y la paridad.

2.2.2 VIRVAGEST

El control hormonal de la funcionalidad del ovario es ampliamente utilizado por la industria porcina (De Rensis & Kirkwood, 2016). Altrenogest, una progestina sintética, inhibe el desarrollo folicular, por lo que se utiliza sobre todo para agrupar el estro, principalmente en cerdas primerizas y primíparas (van Leeuwen *et al.*, 2015), en las que también mejora el rendimiento reproductivo (Boyer y Almond, 2014). La administración de un progestágeno activo por vía oral desde el destete en adelante mejora el rendimiento reproductivo después del destete. Varios estudios han encontrado mayores tasas de ovulación (Koutsotheodoros *et al.*, 1998), mejor sincronización del estro (Martinat-Botté, 1995) y mejor supervivencia del embrión (Patterson *et al.*, 2008) para cerdas primíparas tratadas con altrenogest posdestete. Estos efectos positivos probablemente estén relacionados con una mejora en el desarrollo folicular. Por tanto, es importante investigar y evaluar alternativas para mejorar el uso de progestágenos en los protocolos comerciales de inseminación artificial en tiempo fijo.

2.3. GESTACION Y PARTO

2.3.1 IMPLANTACIÓN

Las marranas deben ser capaces de producir de once a trece lechones vivos con pesos al nacer de por lo menos 1,35 kg y mantener la marrana después de su lactancia en una buena condición corporal (Alltech Pig Program, 2007).

El establecimiento del embarazo requiere la participación de un endometrio receptivo y el desarrollo del embrión hasta la etapa de implantación competente (Morris y Diskin, 2008). En las especies de mamíferos, incluidos los cerdos, el endometrio sufre una transformación en respuesta a los cambios fisiológicos desencadenados por las hormonas ováricas en diferentes etapas del ciclo para prepararse para la unión e implantación del embrión (Spencer *et al.*, 2004). Estas transformaciones implican cambios en la estructura endometrial y alteraciones espacio-temporales en los perfiles moleculares. El endometrio también secreta

una amplia gama de factores de crecimiento, proteínas y citocinas, que constituyen el histótrofo, una fuente importante de energía y nutrición para un embrión en crecimiento (Igwebuike, 2009). Tanto en animales en ciclo como en gestantes, se producen cambios moleculares similares en el endometrio hasta el inicio de la elongación del concepto (Kayser *et al.*, 2006), lo que sugiere que los cambios responsables de la formación de un endometrio receptivo están inicialmente bajo control materno. La receptividad endometrial desencadenada por los esteroides ováricos es posteriormente modificada por la señalización molecular entre el embrión y el endometrio. En los cerdos, esta señalización entre el embrión y el endometrio comienza alrededor de los días 11 a 12 de la gestación, cuando hay un aumento de estrógenos secretados por los conceptos en la luz uterina (Bazer *et al.*, 1994). Este período también se conoce como el reconocimiento materno del embarazo en cerdos. Se ha planteado la hipótesis de que un aumento en la concentración de estrógenos estimula la secreción de proteínas endometriales, promoviendo el crecimiento del trofoblasto, que son fundamentales para la implantación (Geisert *et al.*, 1982).

Los estrógenos ejercen efectos tanto autocrinos como paracrinos, ya que su secreción del embrión coincide con la expresión de ESR1 (receptor de estrógeno) en el embrión (Kowalski *et al.*, 2002), así como en el epitelio luminal y glandular del endometrio (Geisert *et al.*, 1993). En los días 20 a 30 del embarazo porcino, el estradiol-17 β aumenta el contenido de receptores de prolactina endometrial que pueden permitir que la prolactina estimule las secreciones del epitelio glandular, así como la placentación y el flujo sanguíneo uterino para aumentar el transporte de nutrientes (Youn *et al.*, 1990). Tanto la cantidad suficiente de síntesis de estrógenos en el concepto de embarazo como el momento adecuado de la exposición endometrial a los estrógenos son cruciales para el establecimiento del embarazo.

2.3.2 GESTACIÓN MEDIA

La nutrición materna tiene implicaciones sustanciales para la salud fetal, y las restricciones de crecimiento intrauterino (RCIU) (Black *et al.*, 2013).

La placenta es un órgano de desarrollo transitorio que facilita el intercambio materno-fetal de nutrientes y gases, y también sirve como barrera para proteger al feto del sistema inmunológico materno. Por lo tanto, es esencial mantener la estructura y función placentarias normales durante el embarazo para el desarrollo y crecimiento fetal. (Rawn y Cross, 2008). El crecimiento fetal está determinado por los entornos endocrinos y nutricionales maternos, que dependen de las funciones de transporte placentario (Metges *et al.*, 2014). Se sabe que el cerdo tiene una placenta epiteliocorial difusa y no invasiva, en la que la membrana de las células epiteliales uterinas permanece intacta durante toda la gestación (Dantzer, 1985). Durante los días 4 a 15 de gestación (la gestación normal es de 114 días para los cerdos), el embrión (incluido el trofotodermo y las membranas extraembrionarias asociadas) sufre un cambio morfológico espectacular de formas esféricas a filamentosas (Bazer y Johnson, 2014). La placentación del cerdo se inicia cuando el trofoblasto comienza a adherirse al epitelio luminal uterino alrededor de los días 15 a 20 de gestación. Alrededor de los días 26 a 30 de gestación, se establece la placenta epiteliocorial no invasiva y la bicapa epitelial trofoblasto-endometrial adherida comienza a desarrollar la estructura plegada para maximizar el área de intercambio materno-fetal. Los pliegues primarios están en un estado estable alrededor del día 50 de gestación. A partir de entonces, el plegamiento y ramificación de la bicapa epitelial trofoblasto-endometrial se vuelve más complejo (Wright *et al.*, 2016).

En esta etapa se inicia la fase fetal, durante la cual ocurre la formación del esqueleto y se acelera el desarrollo de los diferentes órganos, quedando pendiente el tejido muscular, consecuentemente si muere un feto, este se momificará, debido a la deshidratación de los tejidos (Montoya, 2002).

2.3.3 CONDICION CORPPORAL DE LA CERDA

La cerda no debe entrar en maternidad ni demasiado delgada ni demasiado gorda, ya que en caso contrario se pueden dar problemas en el momento del parto (partos débiles o prematuros), disfunciones metabólicas en el post-parto, patologías en varios órganos y aparatos (genitales, mamario, locomotor) y alteraciones en la viabilidad de los lechones al nacimiento y en los días posteriores (PIC USA, 2007).

Asegurarse que el 90% de las cerdas se encuentren en un rango normal de condición corporal (2 a 2,5) en la semana cinco de gestación, ajustando el alimento ofrecido después del servicio de la siguiente manera:

- 2 kg para cerdas normales con una condición corporal 2.
- 1,8 kg para cerdas gordas con una condición corporal > 3.
- 2,4 kg para cerdas delgadas, con una condición corporal < 1,5.

La condición de la hembra en gestación es muy importante para determinar si se le alza o baja el consumo por eso debemos estarla valorando con cierta frecuencia para evitar un exceso de hembras gordas en nuestra piara reproductiva. En la figura 4 se califica la condición de la hembra como flaca, normal y gorda. La hembra flaca tiene clasificación 1 la normal clasificación dos y la gorda clasificación tres. El control de la condición se la realiza a los 30, 60 y 90 días (PIC USA, 2007).



Figura 4. Condición corporal, la condición óptima es de 2.5-3.0 (PIC USA, 2007).

2.3.4 PARTO

Una de las funciones clave de la progesterona es inhibir las contracciones del miometrio durante el embarazo. Aproximadamente 24 a 48 h antes del comienzo del parto, la activación del eje suprarrenal pituitario de los fetos anuncia el final del CL del embarazo asociado con la rápida caída de la concentración de progesterona. En este momento, la progesterona se metaboliza en estradiol. La eliminación de este factor de quiescencia hormonal que bloquea las contracciones uterinas, también conocido como "bloqueo de progesterona", mediante la activación del eje suprarrenal pituitario, se apoya en la concentración máxima de prostaglandina F_{2α} de origen uterino. El cambio en el equilibrio de esteroides activa los receptores de oxitocina y, por lo tanto, la actividad miometrial, a medida que las concentraciones crecientes de oxitocina se unen a sus receptores. La concentración de prolactina aumenta gradualmente antes del parto. La activación de los receptores neurales por los lechones lactantes en la glándula mamaria estimula la secreción de oxitocina de la pituitaria posterior y prolactina, hormona del crecimiento, ACTH y hormona estimulante de la tiroides de la pituitaria anterior. Estas hormonas promueven la producción de leche

principalmente a través de la promoción de la síntesis de leche en el tejido mamario y la descarga en los alvéolos y conductos lactíferos de la ubre (Martineau *et al.*, 2014).

La primera etapa del parto incluye la dilatación del cuello uterino, un proceso bioquímico complejo que involucra citocinas, prostaglandinas, péptidos (relaxina) y hormonas esteroides, obsérvalas en la figura 5. Un aumento concomitante de las contracciones del miometrio bien coordinadas se caracteriza como una respuesta al aumento de la actividad de la oxitocina en presencia del entorno de esteroides modificado. La segunda etapa del trabajo de parto en la cerda implica el esfuerzo de la madre en posición reclinada, la ruptura del saco alantocoriónico y la expulsión de los fetos. En la cerda moderna, la duración promedio de esta etapa parece ser de aproximadamente 4 horas con un intervalo de 20 minutos entre los fetos nacidos. Durante la tercera etapa del parto, las contracciones uterinas persisten de forma peristáltica, de alta frecuencia, pero de menor amplitud en comparación con la segunda etapa. Durante esta etapa, las membranas fetales se expulsan en un proceso que debería no tardará más de 4 horas (Martineau *et al.*, 2014).

La retención de la placenta se puede clasificar como (I) retención de placenta primaria: no se expulsó placenta dentro de la observación de 24 horas después del último lechón, (II) placenta primaria parcial retenida, la placenta fue expulsada durante el parto y no se expulsó placenta después del último lechón dentro de la observación de 24 h después del último lechón y (III) retención secundaria de placenta: expulsión de la última placenta más de 4 h después de la expulsión del último lechón (Welp, 1984).

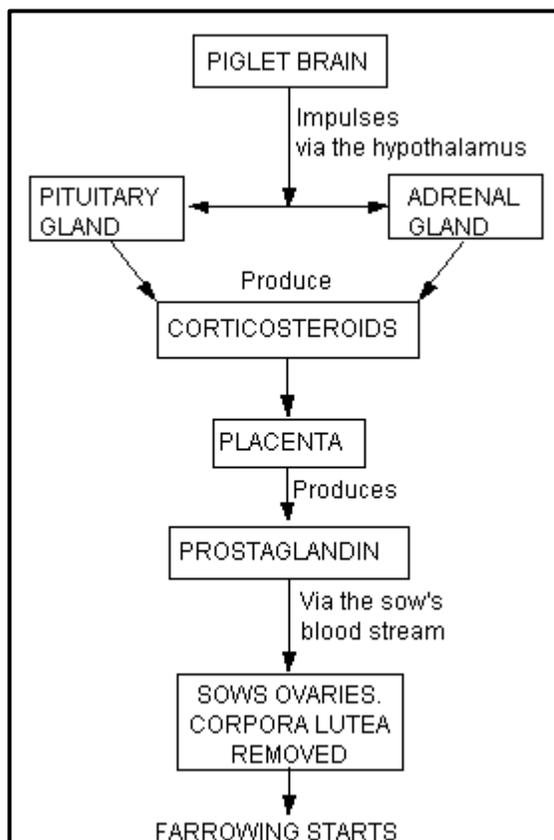


Figura 5. Inicio del parto (THE PIG SITE, 2020)

Las cerdas que se acercan al parto se aíslan del resto del grupo aproximadamente 24 horas antes del parto y tienen una necesidad innata de construir un nido donde nazca la camada. Este comportamiento de construcción de nidos se caracteriza por la recolección de ramas, hojas o pasto y por la actividad de enraizar y patear. El comportamiento comienza dentro de las 24 horas antes del nacimiento del primer lechón, se expresa con mayor actividad 3-8 horas antes del nacimiento del primer lechón y debe terminar gradualmente antes del nacimiento del primer lechón (Welp, 1984).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de los animales involucrados en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales en investigación (NAM, 2002)

La unidad porcícola fue creada con el propósito de cubrir las actividades de Investigación, Desarrollo y Producción ya que en la Universidad se imparte la Carrera de Médico veterinario Zootecnista, contribuye también a proporcionar conocimientos técnicos por medio de investigaciones innovando los sistemas de producción y además se proporciona el material para la realización de tesis de licenciatura y post-grado, así como generar recursos que completan al presupuesto de la universidad.

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en la unidad porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Uaaan- UL) que de acuerdo con el programa

informático Google Earth está ubicada en el municipio de Torreón, Coahuila, México, latitud: 25.557513 y de longitud: -103.372543, con un clima clasificado como árido cálido a una altura media sobre el nivel del mar de 1124 m.

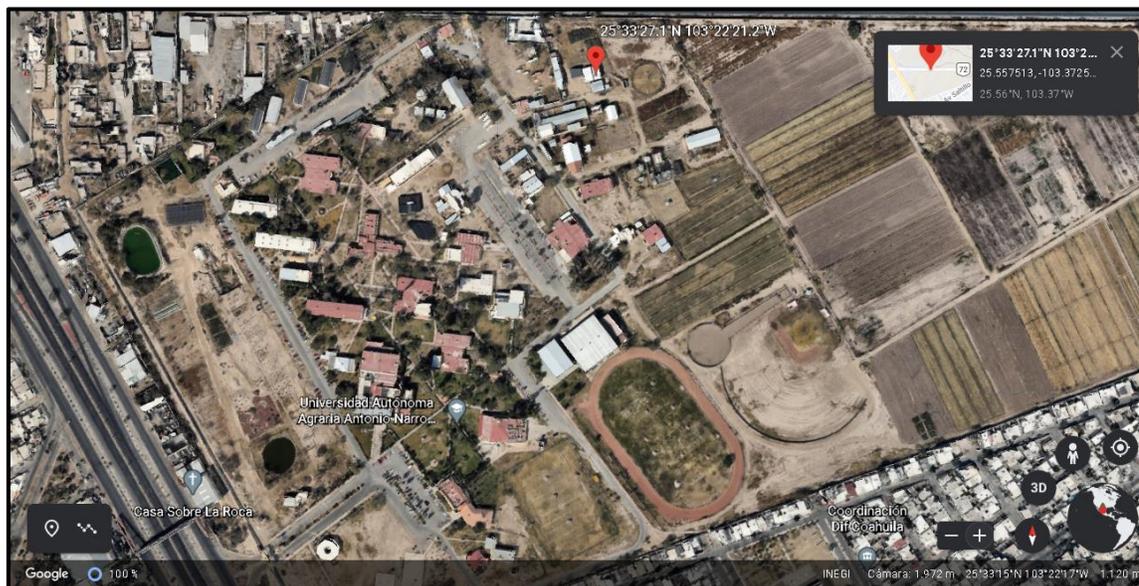


Figura 6. Área de desarrollo del experimento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

3.2 GRUPOS EXPERIMENTALES Y TRATAMIENTOS

Durante el experimento se emplearon 24 cerdas divididas en grupos de 8 donde cada grupo se trabajó con 5 cerdas multíparas y 3 nulíparas: el peso promedio de cada cerda en cada grupo se reportan en la tabla 1, el primer grupo (GT1) con un peso promedio de 125 kg, recibió un tratamiento de 10 días de progesterona (P4) (Virbages[®]), una vez pasado esos días se le aplicó 400 UI de gonadotropina sérica equina (eCG) y 200 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG) (P.G 600[®]), posteriormente se esperó al celo y se inseminaron las cerdas; el siguiente grupo (GT2) con un peso promedio de 126.5 kg como se ilustran en el cuadro 1, recibió un tratamiento de 5 días de progesterona y posteriormente se le administró P.G 600[®], al finalizar el tratamiento se esperó al celo y se inseminó; el

tercer grupo (GC) con un peso promedio de 124.5 kg no recibió ningún tratamiento de sincronización, se esperó al celo y posteriormente se inseminó.



Figura 7. Animales que conformaron el grupo experimental

Cuadro 1. Peso promedio.

GT1	125 ± 1.0
GT2	126.5 ± 0.8
GC	124 ± 1.1

La alimentación se proporcionó dos veces al día. Cada cerda recibió una cantidad necesaria de una mezcla de concentrado estándar.

Los promedios generales de las variables estudiadas en los tres grupos se observan en el cuadro 2 en donde se aprecia claramente la diferencia del GT1 a los demás grupos.

Cuadro 2. Porcentaje de presentación de celo.

	DIAS DE TX	HORMONAS	% PRESENTACION DE CELO
GT1	10	PG 600®, Virbages®	100
GT2	8	PG 600®, Virbages®	62.5
GC	0		12.5

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PROMEDIO DE NACIDOS VIVOS

Debido a que GT1 y GT2 tratados con hormonas demostraron respuestas significativas en comparación a GC podría decirse que los tratamientos respondieron positivamente a su aplicación, lo que demuestra la eficacia de los protocolos de sincronización a las cerdas para mejorar los parámetros reproductivos.

Cuadro 3. Promedio de lechones nacidos vivos de cada grupo experimental.

GT1	12.75
GT2	11.8
GC	11

Según manifiestan Higuera y Conde (2002) la utilización de hormonas para sincronización de celos en las cerdas es de vital importancia si se aplica en condiciones controladas donde se espera buena respuesta de los animales al tratamiento.

En un estudio realizado por Trujillo y Doporto (1997) encontraron que existe una mayor respuesta a la presentación del celo al aplicar hormonas en ese caso Altrenogest, por lo que recomiendan la utilización de esta hormona para la sincronización del estro.

De acuerdo con lo expresado por Falceto et al., (2014) la cerda requiere utilizar a la vez hormonas con carácter foliculo estimulante y luteinizante para llegar a conseguir el celo y la ovulación.

Así mismo de acuerdo con Falceto et al., (2014) las gonadotropinas inyectadas por vía intramuscular o subcutánea inducen al celo de 3 a 6 días después de su aplicación en las cerdas con un buen estado de salud.

La cantidad, tanto de nacidos vivos como de lechones destetos es un rasgo que determina la productividad de la cerda y, por lo tanto, la economía de la producción porcina. El tratamiento con gonadotropinas exógenas es útil para acortar el intervalo destete celo y por los resultados obtenidos en el presente estudio, también ayuda a obtener mejores resultados en cuanto a nacidos vivos. Los resultados obtenidos en el número de lechones nacidos vivos fueron superiores a los reportados por Torres et al. (2007), de $10.02 \pm 0,1$ LNV por camada. Estas variaciones pueden explicarse como debidas a los ambientes controlados, al tipo de instalaciones que proporcionan bienestar a las hembras en gestación reduciendo las posibles pérdidas embrionarias o prenatales. Además, la selección de líneas con características reproductivas superiores y utilización de hormonas para la sincronización de celo.

Meissonier et al., (2006) en Francia también encontraron resultados muy favorables bajo tratamiento con altrenogest, mientras que Carrasco y Flores (2010) al comparar PG600 frente a un testigo encontraron el tamaño de la camada al nacimiento de 9.06 lechones con alta diferencia frente a grupo control, lo cual indica una influencia positiva del tratamiento hormonal sobre el número de lechones al nacimiento.

V. CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados durante el experimento muestran que hay respuestas positivas en la utilización de gonadotropinas exógenas.

Así mismo los protocolos de sincronización de celo con la utilización de PG600® y Virvagest® mostraron diferencias estadísticas en lo concerniente a inducción al celo y tiempo de presentación del celo, aunque es de destacar que ambos tratamientos hormonales lograron el 100% de presentación de celo que representa efecto significativo en este parámetro en cerdas.

Bajo las condiciones de este estudio, la utilización de progestágenos nos mostró resultados significativos por lo que se puede indicar que su utilización mejora el promedio de lechones nacidos vivos

VI. REFERENCIAS

- Almeida FR, Novak S, Foxcroft GR. The time of ovulation in relation to estrus duration in gilts. *Theriogenology* 2000;53: 1389–96.
- Ashworth, C. J., Toma, L. M., & Hunter, M. G. (2009). Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: Implications for reproductive efficiency and environmental

- sustainability. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 3351–3361.
- Bazer, F. W.; Johnson, G.A. Pig blastocyst-uterine interactions. *Differentiation* 2014, 87, 52–65. [CrossRef] [PubMed].
- Black MH, Sacks DA, Xiang AH, Lawrence JM. The relative contribution of prepregnancy overweight and obesity, gestational weight gain, and IADPSG-defined gestational diabetes mellitus to fetal overgrowth. *Diabetes Care*. 2013;36(1):56–62.
- Bo' GA, Baruselli PS, Moreno D, Cutaia L, Caccia M, Tri'bullo R, et al. The control of follicular wave development for selfappointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology* 2002; 57:53–72.
- Boyer, P. E., & Almond, G. W. (2014). Use of altrenogest at weaning in primiparous sows. *Journal of Swine Health and Production*, 22(3), 134–137.
- Clutton-Brock J. (1999) *A Natural History of Domesticated Mammals*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- D. Morris, M. Diskin, Effect of progesterone on embryo survival, *Animal* 2 (2008) 1112–1119.
- Dantzer, V. Electron microscopy of the initial stages of placentation in the pig. *Anat. Embryol.* 1985, 172, 281–293. [CrossRef] [PubMed].
- De Campos CF, Lopes MS, Silva FF, Veroneze R, Knol EF, et al. 2015. Genomic selection for boar taint compounds and carcass traits in a commercial pig population. *Livest Sci* 174, 10-17.
- De La Sota, 2011. Dinámica folicular y momento de la ovulación en cerdas púberes y pluríparas posdestete. *Porcinocultura.com*. <https://www.porcinocultura.com/destacado/Dinamica-folicular-y-momento-de-la-ovulacion-en-cerdas-puberes-y-pluriparas-posdestete>.
- De Rensis, F., & Kirkwood, R. N. (2016). Control of estrus and ovulation: Fertility to timed insemination of gilts and sows. *Theriogenology*, 86(6), 1460–1466. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.089>.
- F.W. Bazer, T.L. Ott, T.E. Spencer, Pregnancy recognition in ruminants, pigs and horses—signals from the trophoblast, *Theriogenology* 41 (1994) 79–94.
- Falceto, M. V., Ubeda, J. L., Mitjana, O., Bonastre, C., Ausejo, R., & Dahmani, Y. (2014). Uso de tratamientos hormonales para el control reproductivo de la cerda. Published in IVIS with the permission of the editor, 14 - 19.
- Foxcroft GR, Dixon WT, Novak S, Putnam CT, Town SC, Vinsky MDA. The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. *J Anim Sci.* 2006 ;84(E. Suppl) : E105–12. <doi :10.2527 / 2006.8413 suppl105x>.
- Foxcroft GR. Mechanisms mediating nutritional effects on embryonic survival in pigs. *J Reprod Fertil Suppl* 1997;52: 47–61.
- Geisert, R. D., Brenner, R. M., Moffatt, J., Harney, J. P., Yellin, T., & Bazer, F.W. (1993). Changes in oestrogen receptor protein, mRNA expression and localization in the endometrium of cyclic and pregnant gilts. *Reproduction, Fertility, and Development*, 5, 247–260.
- Gerritsen, R., 2008. Lactational Oestrus in Sows: Follicle Growth, Hormone Profiles and Early Pregnancy in Sows Subjected to Intermittent Suckling. Department of Animal Sciences, Wageningen University, Wageningen, p. 142.
- Guthrie, H.D., 2005. The follicular phase in pigs: follicle populations, circulating hormones, follicle factors and oocytes. *J. Anim. Sci.* 83, E79–E89.
- Higuera Pascual, M. A., & Conde Martínez, P. (2002). Control Artificial del Celo en Ganado Porcino. *Veterinarios Kubus SA*, 1- 3
- J.-P.R. Kayser, J.G. Kim, R.L. Cerny, J.L. Vallet, Global characterization of porcine intrauterine proteins during early pregnancy, *Reproduction* 132 (2006) 79–388.

- Kirkwood, R. N., F. X. Aherne, and G. R. Foxcroft. 1998. Effect of gonadotropin at weaning on reproductive performance of primiparous sows. *Swine Health Prod.* 6:51–55.
- Knox, R.V., 2005. Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29, 385–397. <doi: [10.1016/j.domaniend.2005.02.025](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.025)>.
- Koketsu, Y., G. D. Dial, and V. L. King. 1997. Returns to service after mating and removal of sows for reproductive reasons from commercial swine farms. *Theriogenology* 47:1347–1363.
- Koutsotheodoros, F., P. E. Hughes, R. A. Parr, F. R. Dunshea, R. C. Fry, and J. E. Tilton. 1998. The effects of post-weaning progestagen treatment (Regumate) of early-weaned primiparous sows on subsequent reproductive performance. *Anim. Reprod. Sci.* 52:71–79.
- Kowalski, A. A., Graddy, L. G., Vale-Cruz, D. S., Choi, I., Katzenellenbogen, B. S., Simmen, F. A., & Simmen, R. C. (2002). Molecular cloning of porcine estrogen receptor-beta complementary DNAs and developmental expression in periimplantation embryos. *Biology of Reproduction*, 66, 760–769.
- Langendijk P, Soede NM, Bouwman EG, Kemp B. Responsiveness to boar stimuli and change in vulvar reddening in relation to ovulation in weaned sows. *J Anim Sci* 2000; 78:3019–26.
- Larson G. & Burger J. (2013) A population genetics view of animal domestication. *Trends in Genetics* 29, 197–205.
- Larson G. & Burger J. (2013) Una visión genética de poblaciones de la domesticación animal. *Tendencias en genética* 29, 197-205.
- Martinat-Botté, F. 1995. Synchronization of estrus in gilts with altrenogest: Effects on ovulation rate and foetal survival. *Anim. Reprod. Sci.* 39:267–274.
- Martineau G-P, Badouard B. 2014. Managing highly prolific sows. In: London Swine Conference. Tools of the Trade. p. 3–19. 4-1-2009.
- Metges CC, Görs S, Lang IS, Hammon HM, Brüssow K, Weitzel JM, et al. Low and high dietary protein: carbohydrate ratios during pregnancy affect materno-fetal glucose metabolism in pigs. *J Nutr.* 2014;144(2):155–63.
- Moehn S, Franco D, Levesque C, Samuel R, Ball RO. Phase feeding for pregnant sows. Edmonton, Alberta, Canada: Swine Research and Technology Center 4-10 Agriculture/Forestry Centre University of Alberta; 2012.
- Montoya Gomez 2002. Población y supervivencia fetal de cerdas pertenecientes a pequeñas explotaciones, por medio de material de rastro. *Red Biomed* 13:185-188.
- MORENO BLANCO, Lácides. Su majestad el cerdo. *Lecturas Dominicales. Periódico El Tiempo*, 30 de diciembre: 2001: Bogotá. Pg. 1.
- NAM. 2002. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0. <https://books.google.com.mx/books?id=GyxkAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Guide+for+the+Care+and+Use+of+Laboratory+Animals.+ISBN&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjr1pG0tNjrAhUEPq0KHRA3AU0Q6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=Guide%20for%20the%20Care%20and%20Use%20of%20Laboratory%20Animals.%20ISBN&f=false>
- Noguchi, M., Yoshioka, K., Itoh, S., Suzuki, C., Arai, S., Wada, Y., Hasegawa, Y., Kaneko, H., 2010. Peripheral concentrations of inhibin A, ovarian steroids, and gonadotropins associated with follicular development throughout the estrous cycle of the sow. *Reproduction.* 139, 153–161.
- Patterson, J., A. Wellen, M. Hahn, A. Pasternak, J. Lowe, S. DeHaas, D. Kraus, N. Williams, and G. R. Foxcroft. 2008. Responses to delayed estrus after weaning in sows using oral progestagen treatment. *J. Anim. Sci.* 86:1996–2004.
- Patterson, J., Wellen, A., Hahn, M., Pasternak, A., Lowe, J., DeHaas, S., Kraus, D., Williams, N., Foxcroft, G., 2008. Responses to delayed estrus after weaning in sows using oral progestagen treatment. *J. Anim. Sci.* 86, 1996–2004. <doi: [10.2527/jas.2007-0440](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0440)>.

- Peltoniemi OA, Oliviero C, Halli O, Heinonen M. Feeding affects reproductive performance and reproductive endocrinology in the gilt and sow. *Acta Vet Scand.* 2007;49 Suppl 1: S6. <doi:/10.1186/1751-0147-49-S1-S6>.
- Pigletter, September, Vol.21, No.7 Alltech Pig Program 2007, La cerda Joven de Remplazo, Investigación del Grupo Alltech, U.S.A. P 1 – 54.
- R.D. Geisert, W.W. Thatcher, R.M. Roberts, F.W. Bazer, Establishment of pregnancy in the pig: III. Endometrial secretory response to estradiol valerate administered on day 11 of the estrous cycle, *Biol. Reprod.* 27 (1982).
- Rawn, S.M.; Cross, J.C. The evolution, regulation, and function of placenta specific genes. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 2008, 24, 159–181. [CrossRef] [PubMed].
- Rydhmer, L. (2000). Genética de la reproducción de las cerdas, incluida la pubertad, el estro, el embarazo, el parto y la lactancia. *Ciencias de la producción ganadera*, 66 (1), 1 - 12. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(99\)00170-0](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(99)00170-0).
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectivas de la producción de la carne de porcino en México en 2019. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/27/sitpor09a.pdf>. Consultado 16 Sep, 2013.
- Schams, D., Berisha, B., 2004. Regulation of corpus luteum function in cattle – an overview. *Reprod. Domest. Anim.* 39, 241–251.
- Schilling E., and F. Cerne. 1972. Induction and synchronisation of oestrus in prepuberal gilts and anestrus sows by a PMS/HCG compound. *Vet. Rec.* 91:471–474.
- Schinckel, A. P., Einstein, M. E., Stewart, T. S., Schwab, C., & Olynkf, N. J. (2010). Use of a stochastic model to evaluate the growth performance and profitability of pigs from different litter sizes and parities of dams. *The Professional Animal Scientist*, 26, 547–560.
- Sechin, A., J. C. Deschamps, T. Lucia, Jr., J. A. G. Aleixo, and V. Bordignon. 1999. Effect of equine chorionic gonadotropin on weaning-to-first service interval and litter size in female swine. *Theriogenology* 51:1175–1182.
- Signoret, J.P., 1970. Reproductive behaviour of pigs. *J. Reprod. Fertil.* 11 (Suppl.), 105–117.
- Silva BA, Noblet J, Oliveira RFM, Donzele JL, Fernandez HC, Lima AL, et al. Effect of floor cooling and dietary amino acids content on performance and behaviour of lactating primiparous sows during summer. *Livest Sci.* 2014; 120:25–34. <doi:/10.1016/j.livsci.2008.04.015>.
- Soede NM, Kemp B. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *J Reprod Fertil Suppl* 1997; 52:91–103.
- Soede NM, Wetzels CC, Zondag W, de Koning MA, Kemp B. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J Reprod Fertil* 1995; 104:99–106.
- Soede, N.M., Kemp, B., 1997. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs, *Journal of Reproduction and Fertility (Supplement)*, 52, 91–103.
- Soede, N.M., Langendijk, P., Kemp, B. 2011. *Reproductive cycles in pigs*. Vol. 1. ELSEVIER. Wageningen University, Australia.
- Soumano K, Price CA. Ovarian follicular steroidogenic acute regulatory protein, low-density lipoprotein receptor, and cytochrome P450 side-chain cleavage messenger ribonucleic acids in cattle undergoing superovulation. *Biol Reprod* 1997; 56:516–22.
- Steverink, D.W., Soede, N.M., Groenland, G.J., van Schie, F.W., Noordhuizen, J.P., Kemp, B., 1999. Duration of estrus in relation to reproduction results in pigs on commercial farms. *J. Anim. Sci.* 77, 801–809.

- T.E. Spencer, G.A. Johnson, R.C. Burghardt, F.W. Bazer, Progesterone and placental hormone actions on the uterus: insights from domestic animals, *Biol. Reprod.* 71 (2004) 2–10.
- THE PIG SITE. 2020. Parturition – farrowing. <https://www.thepigsite.com/genetics-and-reproduction/farrowing/parturition-farrowing>
- Torres Novoa, D. M.; Hurtado Nery, V. L. 2007 Análisis de parámetros de desempeño zootécnico en la fase de cría en una porcícola comercial del departamento del Meta Orinoquia. Universidad de Los Llanos Meta, Colombia. Vol. 11, núm. 2, 2007, pp. 59-65.
- Trujillo Ortega, M. E., & Doperto Díaz, J. M. (08 de 01 de 1997). Sincronización del estro en cerdas nulíparas y primíparas. *Veterinaria de México*, 28(4), 1 - 7.
- U.M. Igwebuike, A review of uterine structural modifications that influence conceptus implantation and development in sheep and goats, *Anim. Reprod. Sci.* 112 (2009) 1–7.
- Van Leeuwen, J. J., Martens, M. R., Jourquin, J., Driancourt, M. A., Wagner, A., Kemp, B., & Soede, N. M. (2015). Follicle size and reproductive hormone profiles during a post-weaning altrenogest treatment in primiparous sows. *Reproduction, Fertility, and Development*, 27(2), 304–312. <https://doi.org/10.1071/RD13149>.
- Vignola M. Sow feeding management during lactation. In: London Swine Conference. Tools of the Trade. 2009. p. 107–17. 4-1-2009. https://www.londonwineconference.ca/images/pdfs/2009/LSC2009_MVignola.pdf. <doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.02.025>. <doi :10.1530/REP-09-0018>.
- Waclawik, A., Blitek, A., Kaczmarek, J., Kiewisz, J., Ziecik, A.J., 2009. Antiluteolytic mechanisms and the establishment of pregnancy in the pig. In: Rodriguez-Martinez, H., Vallet, J.L., Ziecik, A.J. (Eds.), *Control of Pig Reproduction VIII.*, pp. 307–320.
- Webel SK, Day BN. The control of ovulation. In: Cole DJA, Foxcroft GR, editors. *Control of pig reproduction*. 1982. p. 197– 210.
- Welp. C.; W. Jöchley W. Holtz (1984) Induction of parturition in swine with a prostaglandin analog and oxytocin: a trial involving dose of oxytocin and parity. *Theriogenology* 22 (5) : 509 – 519.
- Wright, E.C.; Miles, J.R.; Lents, C.A.; Rempel, L.A. Uterine and placenta characteristics during early vascular development in the pig from day 22 to 42 of gestation. *Anim. Reprod. Sci.* 2016, 164, 14–22. [CrossRef] [PubMed].
- Young, K. H., Kraeling, R. R., & Bazer, F. W. (1990). Effect of pregnancy and exogenous ovarian steroids on endometrial prolactin receptor ontogeny and uterine secretory response in pigs. *Biology of Reproduction*, 43, 592–599.
- Porcimex (Confederación de Porcicultores Mexicanos). (2017). Estadísticas. Disponible en <http://www.porcimex.org/estadisticas/analiticos/mcarne.htm>
- USDA (United States Department of Agriculture). (2016). Disponible en <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.