

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN PARA  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN CERDAS  
PRIMERIZAS**

**JULIÁN GONZÁLEZ URRIOLA**

**CIP. 4-807-1409**

**DAVID, CHIRIQUÍ**  
**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**2022**

**COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN PARA  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN CERDAS  
PRIMERIZAS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNAMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF. ING. RICHARD MUDARRA M.Sc**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PROF. ALEX SOLÍS-CORRALES Ph.D**

\_\_\_\_\_  
**MIEMBRO**

**PROF. REINALDO DE ARMAS Ph.D**

\_\_\_\_\_  
**MIEMBRO**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco primeramente a Dios, que es nuestro padre y sin él no somos nada, por brindarme esa fuerza y espíritu luchador que, a pesar de los problemas o dificultades, siempre he sabido seguir adelante, logrando también una meta más que es culminar mis estudios de Ingeniería Agrónoma Zootecnista en la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Agradezco también a las personas que han estado conmigo en mi formación tanto escolar como personal, ellos son mis familiares; mi madre que siempre ha estado para mí, el pilar de mi familia, quien me ama incondicional y me ha mostrado lo que es el amor real. Mis hermanos, que siempre me brindan su apoyo y se enorgullecen y me acompañan en el camino de mi vida. A mis abuelos por ser las personas que me guiaron y formaron con sus consejos y amor. A mi tía y primo con los que cuento incondicionalmente. A mi cuñado y sobrino les agradezco por ser parte importante y notoria en mi vida. A mi novia que ha sido otra inspiración y gran apoyo para seguir luchando y seguir adelante. A mis profesores que han servido de guía y han depositado en mí los conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente y ser un profesional de éxito.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diferentes fuentes exógenas más rentables de progesterona para protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), un total de 30 cerdas primerizas cruzadas (♀ Landrace x Yorkshire y ♂ Landrace; ±350 Lb) fueron aleatoriamente asignadas a seis tratamientos hormonales con cinco cerdas por tratamiento. Los tratamientos fueron: 1) 5ml de Virbages/día en la dieta durante 14 días; 2) 5 ml de Virbages/día en la dieta durante 14 días; 3) cinco aplicaciones inyectables de 600 mg de Proluten intramuscular (72 horas cada aplicación); 4) 5 ml de Virbages en la dieta durante 18 días; 5) 5ml de Virbages en la dieta durante 18 días; 6) seis aplicaciones inyectables de 600 mg de Proluten intramuscular (72 horas cada aplicación). 24 horas después de la última dosis de Virbages (trt2 y trt5) y 48 horas luego de la última inyección de Proluten (trt3 y trt6) se aplicó 2.5 ml (10.5 miligramos) de Butrofina Weizur (acetato de buserelina; GnRH) vía intramuscular. Pasadas 78 horas después de la aplicación de Butrofina Weizur, se aplicó 500 UI intramuscular de Vetrin Corion (hCG). 36 horas luego de la aplicación de hCG se realizó la primera IATF, y 14-16 hora después de la primera inseminación, se realizó la segunda IATF (Tabla 1). Todas las cerdas estuvieron bajo el mismo protocolo sanitario y nutricional. El uso de Altrenogest sin hormonas adicionales (trt 1 y trt 4) a 14 o 18 días mostraron la mayor eficiencia en la tasa de preñes en comparación al resto de los tratamientos (Tabla 2). Adicionalmente, la aplicación de Altrenogest o Proluten más GnRH y hCG a 14 días o 18 días redujeron el inicio del celo a -20 Hr. Y -15 Hr, respectivamente (Tabla 3). Los protocolos con cinco o seis dosis inyectables de Proluten mostraron ser económicamente más rentables que el resto de los tratamientos (Tabla 3). En conclusión, la sustitución de Altrenogest por Proluten evidencia ser una opción eficiente en la sustitución de una fuente exógena de progesterona para la sincronización de celo y ovulación en protocolos de IATF.

**Palabras Clave:** Altrenogest, Proluten, Sincronización, Hormonas, Análogo.

## **ABSTRACT**

With the aim to evaluate different more profitable exogenous sources of progesterone for fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols, a total of 30 crossbred gilts (♀Landrace x Yorkshire and ♂Landrace; ±350 Lb) were randomly assigned to six hormonal protocols with five sows per treatment. The treatments were: 1) 5ml of Virbagesst/day in the diet for 14 days; 2) 5 ml of Virbagesst/day in the diet for 14 days; 3) five intramuscular applications of 600 mg of Proluten (72 hours each application); 4) 5 ml of Virbagesst in the diet for 18 days; 5) 5ml of Virbagesst in the diet for 18 days; 6) six intramuscularly applications of 600 mg of Proluten (72 hours each application). 24 hours after the last dose of Virbagesst (trt2 and trt5) and 48 hours after the last injection of Proluten (trt3 and trt6), 2.5 ml (10.5 mg) of Butrofina Weizur (buserelin acetate; GnRH) was applied intramuscularly. 78 hours after the application of Butrofin Weizur, 500 IU of Vetrin Corion (hCG) were applied intramuscularly. The first FTAI was performed 36 hours after the hCG application, and the second FTAI was performed 14-16 hours after the first insemination (Table 1). All the sows were under the same sanitary and nutritional protocol. The use of Altrenogest without additional hormones (trt 1 and trt 4) at 14 or 18 days showed the highest efficiency in the pregnancy rate compared to the rest of the treatments (Table 2). Additionally, the application of Altrenogest or Proluten plus GnRH and hCG at 14 days or 18 days reduced the onset of estrus to -20 Hr. and -15 Hr, respectively (Table 3). The protocols with five or six applications of Proluten evidenced to be economically more profitable than the rest of the treatments (Table 3). In conclusion, the substitution of Altrenogest for Proluten proves to be an efficient option in the substitution of an exogenous source of progesterone for the synchronization of estrus and ovulation in FTAI protocols.

**Keywords:** Altrenogest, Proluten, Synchronization, Hormones, Analogue.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE ANEXO</b> .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Planteamiento de problema</b> .....	3
<b>1.2 Justificación</b> .....	4
<b>1.3 Objetivos</b> .....	5
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	5
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	5
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
<b>2.1 Generalidades del cerdo</b> .....	6
<b>2.2 Comercialización y consumo de la carne de cerdo</b> .....	6
<b>2.3 Importancia de la producción porcina en Panamá</b> .....	7
<b>2.4 Reproducción Animal</b> .....	7
<b>2.5 Fisiología reproductiva del ciclo estral de la cerda</b> .....	8
<b>2.5.1 Ciclo estral de las cerdas</b> .....	12
<b>2.5.2 Síntomas del Celo en la cerda</b> .....	13
<b>2.5.3 Sincronización de celos</b> .....	14
<b>2.6 Inseminación Artificial y la Inseminación Artificial a tiempo fijo</b> .....	16
<b>2.7 Alcances de las herramientas biotecnológicas (IA, IATF)</b> .....	17
<b>2.7.1 Ventajas y desventajas de la inseminación artificial (I.A)</b> .....	17
<b>2.7.2 Inseminación artificial a tiempo fijo</b> .....	18
<b>2.8 Hormonas empleadas para la sincronización</b> .....	19
<b>2.8.1 Progestágenos (Altrenogest)</b> .....	20
<b>2.8.2 Análogos de la GnRH</b> .....	20
<b>2.8.3 Gonadotropina Coriónica Humana (hCG)</b> .....	20
<b>2.9 Otras hormonas importantes en la actividad reproductiva</b> .....	21
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	23

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
<b>V. CONCLUSION</b> .....	28
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	29
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	30
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Protocolos hormonales evaluados .....	24
<b>Tabla 2,</b> Datos productivos y económicos de los tratamientos evaluados.....	27
<b>Tabla 3.</b> Valores de la media $\pm$ desviación estándar de peso y las horas de aparición de celo de los tratamientos evaluados .....	27



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura nº1.</b> Tendencia mundial de la carne de cerdo tanto en unidades como en volumen para el periodo 2000 al 2019 .....	7
<b>Figura nº2.</b> Cambios hormonales durante el ciclo estral .....	12
<b>Figura nº3.</b> Esquema del ciclo sexual de la cerda. ....	12

## **ÍNDICE DE ANEXO**

<b>Anexo 1.</b> Actividades realizadas en la investigación .....	36
<b>Anexo 2.</b> Cerdas ubicadas para inicio del tratamiento hormonal.....	36
<b>Anexo 3.</b> Cerdas con esquema hormonal cubierto, en espera de inseminación .....	37

## I. INTRODUCCIÓN

La detección del celo y las inseminaciones múltiples son actividades demandantes en cerdas adultas y de reemplazo, por lo que los productores han venido adoptando nuevas tecnologías reproductivas, como la inseminación a tiempo fijo (IATF). La IATF permite sincronizar el celo y la ovulación con hormonas sintéticas facilitando la labor del personal y trayendo múltiples beneficios relacionados a las tasas de natalidad y eficiencia reproductiva de las hembras reproductoras (Martinat *et al.*, 2010).

El uso de hormonas ha sido una valiosa herramienta implementada para ayudar a disminuir los días abiertos, sincronizando el celo en cerdas, ayudando a homogenizar grupos de hembras, obteniendo inseminaciones, partos y destetes concentrados en periodos establecidos, y así facilitando las rutinas de manejo de la granja (Kouamo, 2013; Pereira *et al.*, 2018). Hormonas tales como la gonadotropina coriónica equina (eCG) y gonadotropina coriónica humana (hCG) han sido ampliamente utilizadas de manera combinada para inducir el crecimiento folicular y la ovulación en protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en cerdas luego del destete (Kirkwood Y Kauffold, 2015; Ulguim *et al.*, 2016).

Adicionalmente, Altrenogest, un sintético de progesterona ha demostrado beneficios en la supresión del desarrollo folicular, ayudando a la sincronización del ciclo estral en grupos de cerdas nulíparas (Fernández *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2018), permitiendo así la aparición del estro entre 4-9 días luego del retiro de la dieta. A pesar de que Altrenogest ha demostrado ejercer un efecto positivo en la sincronización del celo en cerdas nulíparas, la utilización de esta herramienta no es totalmente económica, lo que limita su aplicación por pequeños productores porcinos. Además, el rango amplio de aparición del celo luego del retiro de Altrenogest (4-9 días), demanda una elevada mano de obra para la detección de celo durante varios días. Es por esto que algunos investigadores han planteado el uso de Altrenogest en conjunto con otras hormonas que permiten no solo sincronizar el ciclo estral, sino también la ovulación con la consiguiente inseminación a tiempo (De Rensis y Kirkwood, 2016). No obstante, se tiene que considerar que los costos aumentarían con respecto a solo utilizar el Altrenogest.

En base a esto, se hace necesario la evaluación de sintéticos de progesteronas más económicos que ayuden la sincronización de la ovulación, y la aplicación de protocolos de IATF.

## **1.1 Planteamiento de problema**

Las granjas porcinas evidencian a menudo problemas reproductivos netamente fisiológicos como bajas tasas de concepción en cerdas primerizas. Sin embargo, el efecto logístico de manejo por los técnicos en la detección de celo y el seguimiento continuo durante el celo no es eficiente, lo que repercute de manera negativa en la tasa de preñes, y rentabilidad de la explotación. Con base a esto, se ha aplicado protocolos hormonales para la sincronización del celo. Sin embargo, sus altos costos imposibilitan su aplicación de manera rigurosa y constante en productores porcinos.

## **1.2 Justificación**

Debido a los costos elevado de los protocolos actuales, hace que sea imposible de implementar un protocolo de sincronización por IATF por parte de los pequeños productores, se justifica la realización de un proyecto investigativo donde se evalúen protocolos de hormonas exógenas alternas a las ya comúnmente utilizadas y que las mismas sean mucho más rentables para así evaluar posibles protocolos que ejerzan mejoras en las tazas de concepción y así obteniendo mayores beneficios para el productor.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar diferentes protocolos de sincronización de celo para la Inseminación Artificial a tiempo fijo (IATF) en cerdas primerizas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la eficiencia de diferentes protocolos de sincronización de celo y/o ovulación para IATF.
- Determinar la longitud de aparición de celo y su duración de diferentes protocolos de sincronización de celo y/o ovulación para IATF.
- Evaluar la eficiencia del Proluten como un sustituto económicamente más accesible que el Altrenogest.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades del cerdo

El cerdo es una subespecie de mamífero artiodáctilo de la familia Suidae. Es un animal doméstico usado en la alimentación humana por muchos pueblos. Su nombre científico es *Sus scrofa ssp. domestica*. Su domesticación se inició en el próximo oriente hace unos 13 000 años (Vigne *et al.*, 2009).

El cerdo es un animal omnívoro, fácil de criar, precoz, prolífico por naturaleza, de ciclo reproductivo no mayor a 4 meses, se adapta fácilmente a diferentes climas y ambientes, posee gran capacidad para convertir el alimento en carne, con una buena conversión alimenticia (Wordpress, 2012).

La ganadería porcina representaba una actividad extensiva de carácter secundario, pero, en virtud del desarrollo de la industria de los jamones y embutidos, la cría de cerdos se constituyó en una actividad económica de alta rentabilidad, practicada con carácter intensivo y con utilización de moderna tecnología (Días y Rivero, 2018).

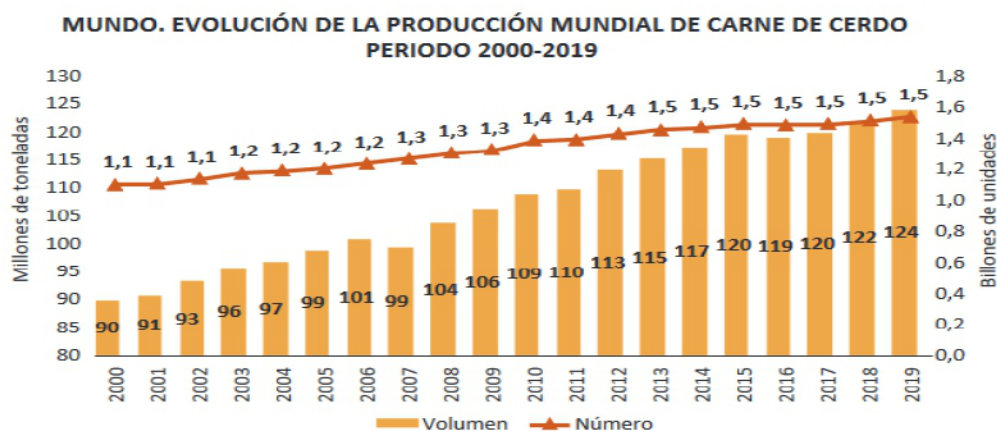
### 2.2 Comercialización y consumo de la carne de cerdo

De acuerdo FAO (2020), la carne de cerdo es la de mayor consumo mundial, esta ventaja comparativa, ha permitido a los sistemas de producción porcina, mejorar cada día en aspectos como nutrición, genética y salud animal, buscando disminuir los costos de producción. Así mismo se implementan nuevas tecnologías reproductivas que permiten una optimización del sistema productivo (Wolfová *et al.*, 2017).

La carne de cerdo representa alrededor del 40% de la carne roja que se consume a nivel mundial, siendo parte importante de la dieta de los humanos (Fuentes *et al.*, 2006). Además, el cerdo se ha considerado el mejor modelo animal para investigaciones biomédicas dadas las características fisiológicas parecidas al ser humano (Frantz *et al.*, 2016). En los últimos 10 años, la producción de carne de cerdo ha aumentado en 21 millones de toneladas métricas, alcanzando actualmente 94 millones. De acuerdo con estimativos de la FAO, la demanda de carne de cerdo se incrementará a 125 millones de toneladas métricas para el año 2020 (Fuentes *et al.*, 2006; Gerrits *et al.*, 2005).



Según publicaciones de la FAO (2020), la producción mundial de carne de cerdo en el año 2019 alcanzó un volumen de 124 millones de toneladas (equivalente a 1,5 billones de unidades), lo que representó el 1,5% más de lo obtenido en similar periodo del año anterior. Asimismo, durante el periodo 2000 al 2019, la producción de carne de cerdo presentó un crecimiento promedio anual del 1,7%; y al comparar volúmenes del año 2000 respecto al 2019 se incrementó en 37,7% (Figura N.º 1).



**Figura n.º1.** Tendencia mundial de la carne de cerdo tanto en unidades como en volumen para el periodo 2000 al 2019 (FAO, 2020).

### 2.3 Importancia de la producción porcina en Panamá

La producción porcina es la cuarta actividad agropecuaria de importancia económica, representando el 7.7% del valor bruto de la producción agropecuaria (158.2 millones). Anualmente se sacrifican 539 mil 610 cabezas de ganado porcino, es decir, unas 45 mil cabezas mensuales (MIDA, 2020). Adicionalmente, la carne de cerdo es muy demandada por los panameños. Su consumo per cápita anual se estima es de unas 15 libras (Rodríguez, 2021).

### 2.4 Reproducción Animal

La reproducción es una secuencia de eventos que comienza con el desarrollo del sistema reproductivo en el embrión. Cuando nace el animal, debe crecer y alcanzar la pubertad para adquirir la capacidad de producir gametos fértiles. Esta capacidad debe ser acompañada por el comportamiento reproductivo y la copulación (Aguilar, 2001).

Después de la cópula, el espermatozoide y el óvulo se encuentran, ocurre la fertilización que se continúa con el desarrollo del embrión preimplantacional. El concepto se conecta con el útero a través de un órgano especializado llamado placenta. La placenta permite al concepto crecer y desarrollarse a término. El feto totalmente desarrollado nace y la madre debe restablecer su ciclicidad antes de poder quedar preñada otra vez (Aguilar, 2001).

La reproducción es la base para mantener una economía animal perfecta. En virtud del estro y los ciclos reproductores prolongados, la fertilidad alterada conduce a pérdidas económicas considerables en toda producción pecuaria (Sequeira, 2013).

## **2.5 Fisiología reproductiva del ciclo estral de la cerda**

La fisiología reproductiva es una ciencia relativamente nueva y gran parte del conocimiento actual en la materia ha sido generado en los últimos 75 años. Tanto una deficiente como una excesiva eficiencia reproductiva pueden traer consecuencias negativas. El conocimiento y entendimiento del proceso reproductivo llegará a ser cada vez más importante a medida que la población humana continúe creciendo y los recursos sigan escaseando (Aguilar, 2001).

La cerda es un animal poliéstrico que bajo condiciones normales o favorables manifiesta su actividad sexual a lo largo de todo el año. El comienzo de la actividad reproductiva o pubertad en una cerda nulípara es entre los 5 y 8 meses de edad (Rueda, 2016). La pubertad es un proceso de cambios dependientes de muchos factores entre los cuales se encuentran el tiempo de exposición al macho, la estrategia de alimentación, la condición corporal (Esbenshade, 2005).

La pubertad conlleva al establecimiento del ciclo reproductivo de la hembra el cuál puede durar de 18-24 días con una media de 21. La hembra puede ser inseminada luego de su segundo o tercer estro después de la pubertad (Esbenshade, 2005). Esta etapa es controlada por un sistema de retroalimentación positivo y negativo de las hormonas reproductivas que son liberadas en el hipotálamo, la glándula pituitaria, los ovarios y el útero (Soede, 2011). El ciclo estral en la cerda se divide en fase folicular (proestro), fase ovulatoria (estro), y fase lútea (diestro) (Safranski y Cox, 2007).

En el ciclo estral se diferencian dos grandes partes, la etapa folicular 5 - 7 días (proestro y estro) y la etapa lútea 13 – 15 días (metaestro y diestro). La fase folicular de la cerda, se caracteriza por un desarrollo continuo de los folículos a diferencia de las demás especies domésticas (vaca, yegua, oveja), las cuales producen entre dos o tres oleadas foliculares hasta que el folículo alcance el tamaño preovulatorio (Vidal, 2020).

La fase lútea es el período de la formación del cuerpo lúteo y la producción de progesterona (P4) (Safranski y Cox, 2007). En el inicio de esta fase, inmediatamente después de la ovulación, las concentraciones periféricas de P4 son mínimas y los ovarios de la cerda se encuentran prácticamente sin folículos antrales grandes debido a las altas concentraciones de estrógenos. Concentraciones periféricas de FSH son, por lo tanto, mayor en los días 1 y 2 después de la ovulación, induciendo una onda de desarrollo folicular sincronizado y un aumento en el número de pequeños y medianos folículos (Soede *et al.*, 2011).

El aumento de la progesterona es evidente en el suero entre 2 y 4 días después del estro. El cuerpo lúteo se forma a partir de los restos celulares de folículos después de la ovulación, que transitoriamente se llaman cuerpos hemorrágicos (Safranski y Cox, 2007). El cuerpo lúteo produce cada vez mayor cantidad de P4, que alcanzan concentraciones máximas entre el día 8-9 después de la ovulación, también la supresión de la secreción de gonadotropinas (Soede *et al.*, 2011).

La fase folicular del ciclo estral del cerdo dura entre 4 y 6 días. El reclutamiento de los folículos se lleva a cabo cuando la liberación pulsátil de GnRH/LH se desplaza desde un patrón de baja frecuencia/mayor amplitud a un patrón de mayor frecuencia/menor amplitud para una cerda (Soede *et al.*, 2011). Durante este tiempo, los folículos destinados a ovular entran en un período de crecimiento acelerado como resultado de una mayor frecuencia de la liberación episódica de la hormona luteinizante (LH), después de la caída de la progesterona. Los aumentos en los receptores de LH en los folículos ováricos promueven el aumento de la síntesis y secreción de estradiol folicular (Safranski y Cox, 2007).

Una vez LH ha estimulado el desarrollo de los folículos más grandes que contienen un número suficiente de LH-receptores, estos folículos, comienzan a

producir 17 - $\beta$  Estradiol (Soede *et al.*, 2011) a través de las acciones concertadas de las células de la teca y la granulosa. Andrógenos de las células de la teca, producidos bajo la influencia de LH, se aromatizan por las células de la granulosa, cuya actividad de la aromatasa es estimulada por FSH. Las concentraciones de estradiol en suero alcanzan su pico entre los días 18 y 20 del ciclo estral (Safranski y Cox, 2007).

Durante el proceso de selección y crecimiento folicular, los pulsos de LH y la liberación de FSH disminuyen gradualmente de 2-3 días antes de la ovulación. En dicho período, la producción de estrógeno de los folículos preovulatorios alcanza su nivel más alto, generando un aumento de las concentraciones periféricas de estrógenos que inducen la oleada preovulatoria de LH provocando una disminución inmediata en concentraciones periféricas de 17  $\beta$  Estradiol. El pico de LH también inicia los cambios foliculares que dan lugar a la ovulación y la luteinización de la pared del folículo, lo que provoca la producción de progesterona (Soede *et al.*, 2011).

El número de óvulos liberados en el estro (tasa de ovulación) depende del número de folículos preovulatorios que se desarrollan y su tasa de atresia. La tasa de ovulación se ve afectada por la edad, la raza, y la nutrición (Safranski y Cox, 2007).

La LH y la frecuencia de los altos impulsos del pico preovulatorio de LH se correlacionan positivamente con las concentraciones plasmáticas de IGF-I.; ya que IGF-I y la oxitocina se encuentran implicadas en el control del tamaño folicular ovárico y la proliferación de células foliculares (Madej *et al.*, 2005).

Otros estudios también sugieren que la insulina y otras hormonas del eje somatotrópico son capaces de alterar la foliculogénesis directamente a nivel de ovario. Ellas actúan como hormonas que controlan la nutrición, la proliferación, crecimiento y diferenciación de las células y/o como amplificadores de la acción de las gonadotropinas (Prunier y Quesnel, 2000).

Un alto volumen de alimentación en la dieta de las cerdas resulta en mayores concentraciones de IGF-I, y pulsos de LH en comparación con las cerdas con dieta de mantenimiento en el día 12 y 18 del ciclo estral (Madej *et al.*, 2005).

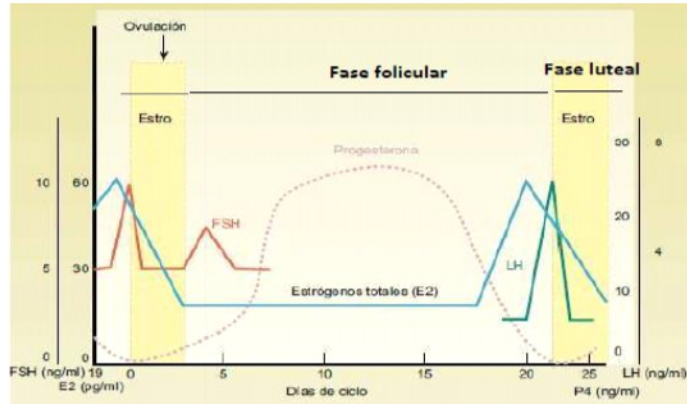
La insulina se ha relacionado con la formación del receptor de LH en células de la granulosa y para la producción de estrógenos por los folículos antrales y el aumento de las tasas de ovulación (Hazeleger *et al.*, 2005). Otros estudios han demostrado que

el crecimiento de los folículos fue influenciado por el régimen de alimentación; por ejemplo, el diámetro y el volumen de los 10 folículos más grandes disminuyeron en las hembras mal alimentadas, independientemente de la etapa fisiológica y el uso de un progestágeno (Prunier y Quesnel, 2000).

En los cerdos, la ovulación tiene lugar en un promedio de  $30 \pm 3$  h, después del pico de LH, que es de  $44 \pm 3$  h después de iniciado el pico preovulatorio; aproximadamente 9 días antes de la ovulación, comienza la luteólisis y las concentraciones periféricas de progesterona comienzan a disminuir, inmediatamente seguido por un aumento en el número de folículos pequeños y aumento de la producción de inhibina por esos folículos. El aumento inicial de la inhibina es seguido por una disminución de la FSH 2 días más tarde (Soede *et al.*, 2011). La hormona FSH circulante está inversamente relacionada con las concentraciones de inhibina, una proteína folicular conocida para ejercer retroalimentación negativa sobre la FSH. La inhibina se produce cada vez más cuando los folículos alcanzan un tamaño ovulatorio (Safranski y Cox, 2007).

Las altas concentraciones de progesterona circulante establecidas durante la primera semana del ciclo estral persisten aproximadamente hasta el día 12-14 del ciclo. En las cerdas que han iniciado ciclos de celo, la luteólisis se produce alrededor del día 15 después de la ovulación, y es causada por las prostaglandinas secretadas por el útero. La secreción de prostaglandinas aumenta con anterioridad al día 15, pero es sólo al día 12-13 que el cuerpo lúteo se vuelve sensible a las prostaglandinas (Soede *et al.*, 2011).

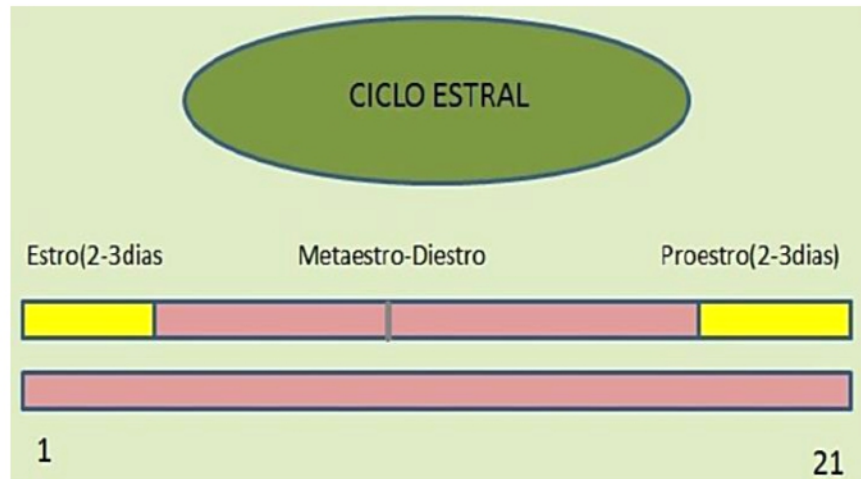
En la **figura 2** se observa la duración de cada una de las etapas del ciclo estral; en donde se puede ver la diferencia entre la fase folicular, la cual está liberada por los pulsos generadores de gonadotrofinas y la fase luteal que disminuye estos pulsos.



**Figura n°2.** Cambios hormonales durante el ciclo estral (Jiménez, 2016).

### 2.5.1 Ciclo estral de las cerdas

El periodo de calor o celo en la cerda aparece cada 21 días, pudiendo variar entre los 18 y 24 días. Este periodo dura usualmente 2 a 3 días, durante el cual ocurre la ovulación y la hembra acepta la cubrición por el macho (Figura N° 3).



**Figura n°3.** Esquema del ciclo sexual de la cerda.

Existen dos fases, la fase folicular y la fase luteínica, y 4 etapas, el proestro, el estro, metaestro y diestro (Bahamonde, 2010).

#### Proestro

Esta fase dura 2 a 3 días y las hembras comienzan a montarse entre sí, sin aceptar al macho. Comienzan a reflejarse síntomas externos como enrojecimiento vulvar y secreciones. En algunas hembras esta fase se puede prolongar hasta por 5 o

7 días. Internamente se desarrolla el folículo terciario en el ovario, incrementándose la secreción estrogénica e iniciándose la preparación de los órganos tubulares y de la vulva con su tumefacción característica (Espinosa, 2012).

### **Estro**

El mismo dura de 2 a 5 días, existiendo inflamación vulvar. Pueden presentarse secreciones mucosas en la comisura de la vulva, gruñidos frecuentes, come poco y se muestra inquieta, se puede mostrar agresiva y lo más característico es el reflejo de inmovilidad o de quietud (lordosis), el cual es aprovechado para la monta o inseminación artificial. Entre 26 y 40 horas de haber comenzado el celo debe ocurrir la ovulación. Es la fase más importante del ciclo estral porque es el momento en que se realiza el apareamiento (Espinosa, 2012).

### **Metaestro**

Esta fase dura alrededor de 7 días. Momento en que se organiza el cuerpo lúteo y comienza la producción de progesterona. Disminuye la hiperemia de las mucosas y la secreción de las glándulas en ellas, desapareciendo gradualmente hasta su totalidad el reflejo de inmovilidad (Fuentes *et al.*, 2006).

Diestro. Dura alrededor de 9 días, con predominio de producción de progesterona. Si no ocurre la gestación al final, comienza la regresión del cuerpo lúteo disminuyendo el nivel en progesterona circulante en sangre, comenzando la maduración de nuevos folículos y con ello el inicio de un nuevo ciclo estral (Fuentes *et al.*, 2006).

### **2.5.2 Síntomas del Celo en la cerda**

El celo es el período del ciclo reproductivo en el que la hembra está apta para la aceptación del macho, existiendo una correlación directa entre la actividad cíclica del ovario y la receptividad sexual. El fenómeno más significativo durante el ciclo estral, es el período de estro (celo o calores), el cual se repite (con excepción durante la preñez) rítmica y cíclicamente, caracterizándose por el aumento del libido sexual (irritación sexual) período durante el cual la hembra está dispuesta para la cópula. Dentro de la rama y función reproductora, el período de celo es necesario considerarlo como el resultado de la actividad ovárica folicular. Durante este período la hembra se encuentra en condiciones fisiológicas y psicológicas adecuadas, de forma que la copulación está permitida. Las cerdas en celo se

manifiestan nerviosas e inquietas, existiendo una notable reducción del apetito. Tratan de escapar del resto de los animales. Suele observarse salivación y sonidos acústicos característicos, una vez avanzado el celo es común que monten al resto de las hembras del corral. La vulva y vestíbulo vaginal se tornan tumefactos y enrojecidos. De todos los síntomas de celo en las cerdas el más importante es el denominado reflejo de inmovilidad (Fuentes *et al.*,2006).

### **2.5.3 Sincronización de celos**

Durante varias décadas, científicos y productores se han mostrado interesados en la posibilidad de desarrollar un método simple y efectivo para el control de ciclo estral y la ovulación en la especie porcina. A partir de la década del 50 las investigaciones llevadas a cabo sobre el control de la ovulación e incremento de la tasa ovulatoria, han producido resultados positivos generando programas comerciales para controlar el ciclo estral y la ovulación en la especie porcina. Estas técnicas incluyen la administración de componentes que pueden inducir la regresión del cuerpo lúteo, suprimir la liberación de gonadotrofinas hipofisarias o inducir la formación de cuerpos lúteos adicionales y su normal regresión (Gardón, 2010).

Según Larocca *et al.*, (2005), muestran que diferentes métodos de sincronización del estro han sido utilizados como una herramienta de manejo, procurando concentrar los mismos durante un período de tiempo lo más corto posible manteniendo una adecuada tasa de concepción. De esta forma, la sincronización ha permitido tener control sobre decisiones que afectan en forma directa la eficiencia del sistema productivo. Permitiendo el uso de tecnologías como la inseminación artificial a tiempo fijo.

Los estudios de Ben *et al.*, (2002), en sincronización, indican que los tratamientos para sincronizar los celos y las ovulaciones a través del control de las ondas de desarrollo folicular del ovario, permiten inseminar sistemáticamente un gran número de vientres en el mismo horario obteniéndose índices de preñez idénticos a los obtenidos con celo natural. Este desarrollo constituye un avance de gran importancia para la aplicación de la inseminación artificial y una herramienta complementaria del semen congelado, que sin dudas abre nuevos horizontes para la industria ganadera.



Actualmente, existen en el mercado varios fármacos disponibles, los cuales se pueden usar para sincronizar el celo en hembras porcinas, uno de ellos es Altrenogest el cual es un progestágeno oralmente activo que tiene su acción similar a la de la progesterona natural, es decir, su administración suprime el ciclo estral eliminando los signos de celo y la ovulación. Una vez finalizado el tratamiento, se reinicia la liberación de las hormonas naturales, GnRH por parte del hipotálamo y consecuentemente, FSH y LH por parte de la hipófisis, y las hembras presentan un ciclo sincronizado (De Rensis *et al.*, 2012).

El uso de Altrenogest para el agrupamiento de cubriciones en hembras nulíparas requiere que las hembras hayan ciclado previamente, es decir, deben haber tenido al menos un celo previo al inicio del tratamiento. El protocolo mayormente implementado es el tratamiento que consiste en suministrar 20 mg de Altrenogest/día, durante 18 días seguidos. De esta manera se asegura que, independientemente del momento del ciclo en el que estuviera la cerda al inicio del tratamiento, al retirarlo no habrá presencia de progesterona natural que impediría que la hembra saliera a celo junto a sus compañeras (Pallás, 2016).

La droga se administra por la mañana antes de la comida con una pequeña porción del alimento diario y en seco. Esperando unos segundos el llenado del embolo dosificador y con el recipiente en vertical sin agitar en ningún momento. La primera dosis de cada recipiente no se cuenta y se vuelve a dosificar en esa nulípara. Previo al inicio de este tratamiento se han controlado los primeros celos introduciéndose solo cerdas cíclicas y que no estén en estro (Mesonero *et al.*, 2010).

La utilización del Altrenogest en cerdas nulíparas varía ligeramente dependiendo si conocemos o no la fecha del ciclo anterior ya que una de las premisas ineludibles para el buen funcionamiento del producto es que las hembras hayan mostrado al menos un celo previo al inicio del tratamiento.

Desconocer la fecha del ciclo anterior suele ser la situación más habitual de las granjas y en este caso la pauta de tratamiento debe ser de 18 días seguidos a razón de 20 mg de Altrenogest al día. Esto se explica por la duración de la fase lútea de la cerda, que tiene de 16 días y durante la cual hay presencia de progesterona natural. Dando el producto durante 18 días nos aseguramos que, independientemente del

momento del ciclo en el que estuviera la cerda al inicio del tratamiento, al retirarlo no habrá hembras con presencia de progesterona natural que impediría que presente celo junto a sus compañeras. Esta acción evita la maduración de los folículos en el ovario de forma que al suspender la administración se reinicia el crecimiento folicular, apareciendo un celo sincronizado entre 4 y 6 días después de la interrupción del tratamiento. En los casos que el inicio de la administración del Altrenogest coincide durante algún momento de la fase folicular, el crecimiento folicular se detiene produciendo incluso una regresión de los folículos grandes (> 20-25 mm) no llegando a producir la ovulación. Al retirar el Altrenogest luego de terminado el tratamiento, se producirá una nueva oleada de crecimiento folicular y un nuevo celo (Martinat-Botté *et al.*, 1990; Pallás, 2016).

La industria porcina utiliza la biotecnología en reproducción desde varios años (Brüssow *et al.*, 2011) y así ha podido recomendar diferentes protocolos para la sincronización de celo con administración de Altrenogest con el objetivo de realizar inseminación de tiempo fijo (IATF). Si se administra por vía oral en alimento en una dosis de 15 a 20mg Altrenogest/cerda/d, durante un periodo de 14 a 18 días, suprime el desarrollo folicular. Las cerdas primerizas generalmente muestran celo dentro de 5 a 7 días después del retiro de Altrenogest (Martinat-Botte *et al.*, 1990). De acuerdo a las indicaciones del fabricante para cada país, hay dos programas recomendados: 18 días a 20mg/día en casi todo el mundo y 14 días a 15mg/día en EEUU.

## **2.6 Inseminación Artificial y la Inseminación Artificial a tiempo fijo**

La inseminación artificial (IA) es el proceso de recolección de espermatozoides de un animal macho y la posterior deposición manual en el tracto reproductivo de una hembra. Esta técnica está en funcionamiento desde el año 1930, pero no fue hasta las últimas tres décadas cuando se extiende su uso (Pujadas, 2020).

La inseminación artificial es una técnica que ha tenido un gran desarrollo por la serie de ventajas que le suministra a la explotación porcina y al productor. El principal objetivo de la IA es el mejoramiento genético ya que es un método reproductivo de bajo costo comparado con el servicio natural y de otros métodos

de reproducción, pues permite usar semen de verracos realmente mejoradores a bajo costo (Rivera, 2012).

La Inseminación artificial a Tiempo Fijo es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite sincronizar los celos y ovulaciones con lo cual es posible inseminar una gran cantidad de animales en un período corto de tiempo (Raso, 2012).

## **2.7 Alcances de las herramientas biotecnológicas (IA, IATF)**

La inseminación artificial (IA) es la tecnología más comúnmente empleada en la reproducción porcina. Se estima que más del 90% de las cerdas de los países desarrollados son inseminadas artificialmente. La variación en el tiempo de estro-ovulación hace necesaria la inseminación repetida para asegurar un buen índice de concepción, sin embargo, con la tecnología adecuada para predecir este momento sólo es necesaria una única dosis. La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) pretende conseguir este objetivo a través de protocolos hormonales para sincronizar y predecir el momento de la ovulación (Pujadas, 2020). El incremento en el uso de la inseminación artificial se debe a diferentes factores como el hecho de que contribuye al mejoramiento genético por medio del uso de sementales de calidad comprobada, y que los parámetros reproductivos obtenidos son comparables e incluso superiores a aquellos obtenidos en monta natural (Zúñiga, 2008).

### **2.7.1 Ventajas y desventajas de la inseminación artificial (I.A)**

#### **Ventajas**

Según KUBUS (2010), existen múltiples ventajas del uso de la Inseminación Artificial las cuales podemos clasificar de la siguiente manera para mejorar su interpretación: ventajas genéticas, ventajas sanitarias, ventajas de manejo y ventajas económicas.

Entre las ventajas genéticas podemos encontrar que existe una mayor difusión genética, lotes homogéneos, uniformidad en los sacrificios, la producción de mejores canales, es decir un mejor producto terminal.

En cuanto a las ventajas sanitarias se logra una considerable reducción del riesgo de transmisión y aparición de enfermedades infectocontagiosas por vía sexual

y se bajan los casos de enfermedades de otras regiones por la entrada de animales de otras fincas.

En las ventajas de manejo podemos mencionar que el ahorro de tiempo y esfuerzo del personal, es significativo ya que al evitar la monta natural y el desplazamiento de los animales es una tarea que se elimina al utilizar dicha tecnología reproductiva, también permite usar animales de distinto peso en la monta ya que los machos no van a montar a las hembras, si no los mismos se les colectará semen.

Las ventajas económicas que nos genera el uso de la inseminación artificial tenemos que al no requerir tantos machos hay un ahorro evidente en cuanto alimento, costo por la adquisición de padrotes (KUBUS, 2010).

### **Desventaja**

Es indispensable una adecuada detección del celo, para establecer el momento óptimo de la inseminación. Adicionalmente, los costos para el montaje de laboratorio son relativamente costosos (Franco, 2010).

### **2.7.2 Inseminación artificial a tiempo fijo**

La inseminación artificial a tiempo fijo es una técnica reproductiva que tiene por objetivo la inseminación en un tiempo óptimo para así reducir el número de servicios por cerda (Quirino *et al.*, 2019). Esta depende principalmente del tiempo de inseminación, así pues, variaciones de sólo medio día pueden tener grandes impactos en el índice de concepción del orden de un 12% (Germain *et al.*, 2019).

Los protocolos empleados pueden estar basados en la detección del estro o en los días post-destete para el correcto uso de inductores de la ovulación para la sincronización del estro. Los protocolos que se basan en la detección del estro, también incluyen normalmente el empleo de la hormona luteínica porcina (pLH) como inductor de la ovulación y usualmente con resultados satisfactorios. Los protocolos que se basan en los días post-destete como referencia emplean principalmente análogos de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), tales como la buserelina y la triptorelina (Quirino *et al.*, 2019).

Sin embargo, la detección del estro antes de la IATF es un factor importante para evitar la inseminación de cerdas que no estén en él y evitar así el reflujo de semen y la disminución del índice de concepción (Driancourt *et al.*, 2013). Los protocolos IATF se adaptan mejor a las cerdas destetadas ya que las primíparas tienen patrones de ciclicidad más heterogéneos. Las hembras primerizas necesitan, además, el previo tratamiento con hormonas análogas de la progesterona para la sincronización del estro, tales como Altrenogest asociados o no a la gonadotropina coriónica equina, para mejorar el desarrollo folicular y la aparición del estro, seguido de un inductor de la ovulación como análogos de la GnRH, LH o hCG.

El uso de una única inseminación a tiempo fijo tiene el riesgo de reducir la prolificidad hasta el 12% y el tamaño de la camada hasta 1.4 lechones (Flowers y Alhusen, 1992). Sin embargo, esto puede no ser cierto cuando los tiempos de inducción de la ovulación e inseminación son óptimos. Aun así, algunos de los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo emplean una o incluso dos inseminaciones.

## **2.8 Hormonas empleadas para la sincronización**

Una gran cantidad de hormonas exógenas pueden ser empleadas para controlar el desarrollo folicular y sincronizar la ovulación en cerdas. Entre ellas destacan los análogos de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) que ejercen su función en la hipófisis estimulando la liberación de hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) y las gonadotropinas exógenas que ejercen su función en las gónadas (Pujadas, 2020).

La FSH es la encargada de estimular el desarrollo folicular ovárico, actuando al nivel de las células de la granulosa del folículo y estimulando la activación de las aromatasas, que terminan el proceso de síntesis desde androstenediona hasta estradiol. La LH estimula la síntesis de androstenediona por parte de las células de la teca interna durante el desarrollo folicular, además, es la responsable de estimular la ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (Contreras, 2009).

### **2.8.1 Progestágenos (Altrenogest)**

Los progestágenos son un grupo de hormonas constituido principalmente por la progesterona, progestágeno de origen natural. Estos están formados por un esqueleto de 21 carbonos y forman una de las cinco clases de hormonas esteroideas. Son secretadas mayoritariamente por el cuerpo lúteo y la placenta, aunque una pequeña parte puede ser producida en las glándulas adrenales y el hígado y su función es el mantenimiento de la gestación (Pujadas, 2020). El Altrenogest actúa inhibiendo la liberación de gonadotropinas. Este suprime la secreción de FSH y LH de la glándula pituitaria cuando se administra 20 mg de 14 a 20 días vía oral con el objetivo de permitir el regreso del cuerpo lúteo, además de parar el crecimiento de nuevos folículos, así como la ovulación (Knox *et al.*, 2007).

### **2.8.2 Análogos de la GnRH**

Las hormonas análogas de la hormona liberadora de gonadotropinas actúan en la hipófisis promoviendo la síntesis de hormona foliculoestimulante y de hormona luteinizante. Aunque la ovulación no requiere una cantidad de LH determinada, su efectividad se ve influenciada por la cantidad almacenada en la glándula y, si esta es mínima, puede afectar negativamente (Aherne y Kirkwood, 1985). Los análogos de la GnRH son capaces de inducir ovulaciones tanto en hembras nulíparas como en multíparas. Además, también reducen la duración del estro y acortan el intervalo entre la detección del celo y la ovulación (Brussow, Jochle, y Huhn, 1996). Sin embargo, si se emplean a dosis elevadas de manera continua ejercen el efecto contrario ya que su permanencia en la unión con el receptor inhibe el eje hipófisis-gónadas, evitando la acción de la GnRH endógena y produciendo un descenso en los niveles de FSH y LH (López, 2009).

### **2.8.3 Gonadotropina Coriónica Humana (hCG)**

Es una hormona glicoproteica constituida por dos subunidades, la subunidad alfa y la subunidad beta, muy parecidas a la de las hormonas LH y FSH. La hCG es un análogo de la hormona luteinizante (LH), esta actúa a nivel del ovario y no depende de las reservas de LH endógenas de la glándula pituitaria (De Rensis y Kirkwood, 2016).

## 2.9 Otras hormonas importantes en la actividad reproductiva

Estas hormonas se han caracterizado durante el ciclo estral incluyen prolactina, lo que aumenta el estro y parece tener un papel luteotrópico durante el ciclo estral y el embarazo. El cortisol también aumenta en el momento del estro y cuando las hembras prepuberales están expuestas a un macho como parte del proceso de inducción de la pubertad (Safranski y Cox, 2007).

Las hormonas reproductivas procedentes del hipotálamo, pituitaria y ovario regulan la reproducción. En hembras prepuberales, los órganos endocrinos y su capacidad de respuesta al feedback son limitadas; la maduración es gradual y depende de las influencias internas y externas (Knox y Wilson, 2007).

El papel del plasma seminal, la inseminación artificial y la presencia del verraco también pueden ser incluidos como factores que regulan la cinética temporal de la ovulación, el desarrollo del cuerpo lúteo, la función uterina y la producción de esteroides en el ovario (Madej *et al.*, 2005).

Cuando un productor conoce bien la fisiología del ciclo estral de la cerda se permite aumentar la productividad de su proyecto porcino por medio de prácticas como la sincronización del celo; dentro de las hormonas más utilizadas se encuentran la gonadotrofina sérica de yeguas gestantes (PMSG), la gonadotrofina coriónica humana (hCG), inyecciones de progesterona, progestágenos no esteroides, inyecciones de prostaglandina y progestágenos de vía oral, como la progestina sintética (Fuentes *et al.*, 2006).

Aunque la disponibilidad hormonal para el control de la reproducción de cerdos varía en todo el mundo, la mayoría de los métodos farmacológicos son similares e implican la iniciación de la maduración folicular, alteración de la vida útil lútea, o la sincronización del tiempo de la ovulación (Knox y Wilson, 2007).

La supresión farmacológica del estro típicamente implica el uso de progesterona o progestinas para imitar la progesterona endógena asociada con el diestro. Otros agentes farmacológicos utilizados incluyen inyecciones de oxitocina para prolongar el estro y la gonadotropina coriónica humana para inducir la ovulación (Gee, *et al.*, 2009).

De acuerdo a Santa María y Erices (2010), al quinto día luego de la fertilización los embriones llegan al útero y se mantienen en el extremo anterior del cuerno por 2 a

4 días. Luego comienza la migración y espaciamiento (día 8 comienza la migración uterina). El día 11 en una preñez normal el número de embriones ocupa la totalidad de la cavidad de los cuernos y ya se han expandido. La implantación se produce entre los 12 y 20 días, siendo el rango más frecuente entre 12 y 15 días.

La gestación de la cerda tiene una duración promedio de 115 días, con un rango que puede ir de 112 a 120 días. La fórmula que permite recordar esta duración es: 3 meses, 3 semanas y 3 días. La variación de la gestación en la cerda radica en factores ambientales, de manejo, reproductivos, nutricionales y demás (Cuéllar, 2021). El parto es un proceso complejo regulado por muchos factores. La persistencia del cuerpo lúteo en esta especie es imprescindible para el mantenimiento normal de la gestación, y se estima que es necesaria la presencia de más de un cuerpo lúteo, usualmente 4 o 5 para que esto suceda. El estímulo luteolítico necesario para producir el parto depende del útero y su contenido.

El acto físico del parto y el tiempo de duración de éste representan un elemento de gran valor económico que no solo corresponde a la hembra sino también a los lechones ya que su nacimiento sin problemas incide directamente en el costo de producción de la madre. La mayor o menor habilidad de las cerdas para adaptarse y utilizar las parideras, junto al tiempo de duración del parto y el horario en que se realiza el mismo se conjugan para representar una de las primeras pérdidas reales que el productor puede experimentar. Se estima que el parto tiene una duración entre 1 y 6 horas, requiriendo cada lechón de aproximadamente 15 minutos. La duración más usual varía entre 3 y 4 horas (Santa María y Erices, 2010).



### III. METODOLOGÍA

Un total de 30 cerdas primerizas cruzadas (♀Landrace x Yorkshire y ♂ Landrace), con un peso promedio de 350 libras, fueron alojadas en corrales individuales en una instalación convencional. La misma está ubicada en el Centro de Investigación Agropecuario de Chiriquí (CEIACHI), en el corregimiento de Chiriquí, localizado a los 8°23'15.12" de latitud norte y 82°19'47.48" de longitud oeste y con una elevación de 26msnm. Las cerdas estuvieron bajo un plan nutricional restringido de 2.5 Kg de alimento concentrado por día, el cual fue formulado para suplir los requerimientos nutricionales descritos para esta etapa según la NRC, (2012). Todas las cerdas tuvieron agua ad libitum y estuvieron bajo el mismo protocolo sanitario.

Las cerdas fueron aleatoriamente ubicadas a seis tratamientos con cinco cerdas por tratamiento. Los tratamientos fueron: 1), suministro de 5ml de Virbages (20 mg de Altrenogest) en la dieta durante 14 días; 2), suministro de 5ml de Virbages (20 mg de Altrenogest) en la dieta durante 14 días; 3), cinco aplicaciones inyectable de 600 mg de Proluten (progesterona) intramuscular con intervalo de 72 horas cada aplicación; 4), suministro de 5ml de Virbages (20 mg de Altrenogest) en la dieta durante 18 días; 5) suministro de 5ml de Virbages (20 mg de Altrenogest) en la dieta durante 18 días; trt6), seis aplicaciones inyectable de 600 mg de Proluten (progesterona) intramuscular con intervalo de 72 horas cada aplicación.

24 horas después de la última dosis de Virbages (trt2 y trt5) y 48 horas luego de la última inyección de Proluten (trt3 y trt6) se aplicó 2.5 ml (10.5 miligramos) de Butrofina Weizur (acetato de buserelina; GnRH) vía intramuscular. Pasadas 78 horas después de la aplicación de Butrofina Weizur, se aplicó 500 UI intramuscular de Vetrin Corion (hCG). Luego, 36 horas después se realizó la primera IATF y 14-16 hora de la primera inseminación, se realizó la segunda IATF (Tabla 1).

Se utilizó semen fresco con viabilidad espermática comprobada de un mismo verraco de la raza Pietrain. El semen se colectó 4 horas antes de la inseminación. La preñes se determinó a través de un ecógrafo (Minitube, AL) 30 día después de la última inseminación. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.3® mediante el PROC UNIVARIATE para la obtención de la estadística descriptiva.

**Tabla 1.** Protocolos hormonales evaluados.

Trt	Días																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24									
1	Virbages																																
2	Virbages														GnRH			hCG															
3	PLI			PLI			PLI			PLI				PLI				hCG															
4	Virbages																																
5	Virbages																					GnRH								hCG			
6	PLI			PLI			PLI			PLI				PLI				GnRH						hCG									

-Virbages (Altrenogest; progesterona). Se suministró 20 mg (5 ml/cerda/día).

-PLI (Proluten; progesterona). Se aplicó 600 mg intramuscular.

-GnRH (Hormona liberadora de gonadotropinas). Se aplicó 10.5 mg intramuscular.

-hCG (Gonadotropina coriónica humana). Se aplicó 500 UI intramuscular.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de hormonas exógenas facilita la sincronización de un grupo de primerizas de reemplazo, lo que reduce el trabajo de detección del celo y la obtención de lotes destetados homogéneos (Gama *et al.*, 2005; Kraeling y Webel, 2015).

En cuanto a los tratamientos evaluados con la aplicación única de altrenogest a 14 días (trt1) o 18 días (trt4), mostraron similitud en el porcentaje de preñes (80 % de vientres gestantes, respectivamente (tabla 2). Resultados similares fueron obtenidos por Thitachot *et al.* (2021), el cual obtuvo una tasa de preñes de 80 % bajo una suplementación de 20 mg de Altrenogest por 18 días consecutivos. Otros estudios con una longitud de aplicación consecutiva por 14 o 18 días realizados por Wood *et al.* (1992) y Estienne *et al.* (2001), respectivamente, mostraron tasas de preñeces superiores a las nuestras con un suministro de tan solo de 15 mg de Altrenogest por día. Similarmente, Koutsotheodoros *et al.* (1998) y Rodríguez, (2016), evaluaron dosis de 15 ml de Altrenogest en cerdas, obteniendo así tazas de preñez del 97%,

evidenciando así que el uso de Altrenogest es una herramienta eficaz para sincronizar el estro en hembras porcinas.

No obstante, las cerdas que fueron tratadas con Altrenogest por 14 y 18 días, presentaron indicios de celo desde las 35 horas hasta las 72 horas luego de la última aplicación de Altrenogest (Tabla 3). Esto difiere de lo obtenido por Martinat-Botté *et al.*, (1990), Fernández *et al.*, (2005) y Loaiza, (2015) los cuales en sus evaluaciones las cerdas tuvieron longitudes de celo hasta 168 horas posterior a la última aplicación del progestágeno. Sin embargo; a medida que la longitud de celo incrementaba, de igual manera obtenían mejores tasas de preñeces.

Adicionalmente, Los tratamientos trt1 y trt4, cuales estuvieron conformados solamente con la aplicación a 14 o 18 días, de Altrenogest, tuvieron un costo de aplicación por cerda de \$18.66 y \$24.00, respectivamente. Con base a que se obtuvieron resultados similares en la tasa de preñes, se concluye que el suministro de un análogo de progesterona por 14 días es eficiente para sincronizar el celo. Sin embargo, la aplicación de Altrenogest sin hormonas adicionales para la sincronización de la ovulación hace que las cerdas muestren la aparición de celo en lapsos variados y amplios, aumentando la necesidad de personal para la detección del estro e inseminación. Con base a esta problemática, los trt1 y trt4 sirvieron como tratamientos control para una conjunta evaluación, don se emplearon otros protocolos que incluyen la utilización del Altrenogest más algunas hormonas exógenas (GnRH y hCG) a razón de 14 y 18 días de aplicación.

En este estudio se logró una reducción en el inicio del estro a razón de -20 Hr. Y -15 Hr. en cerdas sincronizadas con Altrenogest + GnRH + hCG a 14 días (trt2) y 18 días (trt5), respectivamente, en comparación con las cerdas sincronizadas únicamente con Altrenogest (tabla 3). Sin embargo, se presentaron fallas en la concepción sin reportes de preñez en el trt2 y una reducción en las preñeces en el trt5 en comparación a aquellos tratamientos tratados únicamente con Altrenogest (trt1 y trt4). Puentes, (1983) y Jeanette y Roderick, (2000) mencionan que existen factores internos como externos tales como aparición del celo o la durabilidad del mismo tales como la edad, grado de prolificidad, espesor de la grasa dorsal, estado fisiológico, nutrición, ambiente y manejo que influyen en la aparición del celo en cerdas. Adicionalmente, con base a

esto podemos mencionar que una posible causa de la menor tasa de preñez que se presentó se pudo derivar de alguno de estos factores externos, principalmente nutricional, debido a factores de un mal manejo.

Adicionalmente, la utilización de hormonas exógenas luego de la aplicación de Altrenogest, tales como la eCG, o la combinación de eCG + hCG, ayudan a estimular el crecimiento folicular y el incremento de la tasa de ovulación posterior al bloqueo de la onda folicular generada por el altrenogest. Adicionalmente, existen evidencias que indican que la eCG es una hormona exógena que ejerce una mayor efectividad en la sincronización de la ovulación que la hCG en cerdas (De Rensis y Kirkwood, 2016), siendo esto una posible razón de la menor tasa de preñes obtenido en los trt2 y trt5.

Aunado a esto, podemos mencionar que los costos de estos tratamientos son un poco más elevados por la utilización de las hormonas hCG y GnRH, donde el trt2 tuvo un costo de \$ 22.31 y el trt5 con un costo de \$ 27.65. (tabla 2). A pesar de que el trt2 es más económico debido a que se aplica por 14 días, las cerdas bajo este tratamiento presentaron problemas de concepción, obteniendo resultados desfavorables, mientras que el trt5 presentó una tasa de preñez de un 60%. Con base a lo descrito anteriormente, se hace necesario realizar futuras evaluaciones con un número mayor de cerdas por tratamiento para verificar si la concepción nula del tratamiento 2 se debió a la parte hormonal, al bajo número de individuos o a factores externos que afectaron la realización de la IATF.

A pesar de que la utilización del Altrenogest ha evidenciado ser el análogo de progesterona más eficaz para la sincronización del celo en cerdas, su uso es limitado por pequeños productores debido a su alto costo (tabla 2), como los aplicados en el tratamiento 1, 2, 4 y 5. Basado en esta problemática, se sustituyó el Altrenogest con un análogo de progesterona inyectable (Proluten; 600 mg) a intervalos de 72 horas por un lapso de 14 días (trt3) y 18 días (trt6), con posterior utilización de GnRH y hCG. El trt3 mostró una mejor respuesta en la tasa de preñes en comparación al trt2 en el cual se aplicó Altrenogest y no se obtuvo ninguna preñes. Adicionalmente, el trt6 mostró una tasa de preñes similar (60%) que aquellas con la utilización de Altrenogest +GnRH + hCG, indicando que el Altrenogest puede ser reemplazado por la aplicación inyectable de 600 mg de Proluten, pudiendo bloquear el desarrollo de las ondas

foliculares y logrando una aplicación eficaz en un lapso de 72 horas. Interesantemente, el costo hormonal por cerda para IATF utilizando Proluten inyectable para el protocolo de 5 aplicaciones (trt3) y 6 aplicaciones (trt6) 18 días, respectivamente, se obtuvieron resultados de un 40 % para el trt3 y 60 % para el trt6. Adicionalmente, el trt3 tuvo un costo de \$4.88 y el trt6 de \$5.13, siendo ambos más económicos que el resto de los tratamientos evaluados (tabla 2).

**Tabla 2.** Datos productivos y económicos de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Costo hormonal/cerda	Costo hormonal/tratamiento	Preñeces comprobadas	Cerdas vacías	Tasa de preñez
T1	\$ 18.66	\$93.30	4	1	80
T2	\$22.31	\$111.55	0	5	0
T3	\$4.88	\$24.40	2	3	40
T4	\$24.00	\$120.00	4	1	80
T5	\$27.65	\$138.25	3	2	60
T6	\$5.13	\$25.65	3	2	60

**Tratamientos:** T1: (+Vg 14 d); T2 (Vg 14 d + GnRH+ hCG); T3 (\*PL 14 d + GnRH + hCG); T4 (Vg 18 días); T5 (Vg 18 d + GnRH + hCG); T6 (PL 18 d + GnRH + hCG).

\*Virvagest

\*Proluten.

**Tabla 3.** Valores de la media  $\pm$  desviación estándar de peso y las horas de aparición de celo de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Peso en Lb	Horas de inicio de celo
T1	311 $\pm$ 11	52.8 $\pm$ 20
T2	352 $\pm$ 24.5	32.4 $\pm$ 11
T3	338 $\pm$ 30	25.6 $\pm$ 2
T4	367 $\pm$ 20	55.2 $\pm$ 15
T5	322 $\pm$ 33	35.6 $\pm$ 10
T6	321 $\pm$ 33	38.0 $\pm$ 16

**Tratamientos:** T1: (+Vg 14 d); T2 (Vg 14 d + GnRH+ hCG); T3 (\*PL 14 d + GnRH + hCG); T4 (Vg 18 días); T5 (Vg 18 d + GnRH + hCG); T6 (PL 18 d + GnRH + hCG).

\*Virvagest

\*Proluten.

## **V. CONCLUSION**

- El uso de Altrenogest sin hormonas adicionales a 14 o 18 días mostraron la mayor eficiencia en la tasa de preñes en comparación al resto de los tratamientos.
- La aplicación de altrenogest o Proluten más GnRH y hCG a 14 días o 18 días redujeron el inicio del celo a -20 Hr. Y -15 Hr. respectivamente.
- Los protocolos con Proluten mostraron ser económicamente más rentables y evidenciaron ser una opción eficiente en la sustitución del uso de Altrenogest como fuente exógena de progesterona para la sincronización de celo y ovulación en protocolos de IATF.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El tratamiento 6 (Proluten 6 aplicaciones inyectables más hormonas GnRH Y hCG) por su vía de administración, es recomendado para pequeños productores, los cuales su producción no sea de manera industrial, debido al trabajo complejo que conlleva la aplicación intramuscular de la hormona. Mientras que el tratamiento 5 (Altrenogest más hormona GnRH Y hCG) es un protocolo con el cual obtuvimos buenos resultados y cumplimos con lo necesario para una IATF, dicho tratamiento estará enfocado más para explotaciones industriales donde por la gran cantidad de cerdas se haría imposible la aplicación del tratamiento 6.

Es necesario realizar investigaciones futuras con otros esquemas para determinar si la modificación del protocolo incluyendo eCG como estimulador del desarrollo de las ondas foliculares y maduración folicular generan mejores resultados. Aunado a esto, el estudio a futuro de dichas modificaciones en los protocolos debe realizarse con un mayor número de unidades experimentales por cada tratamiento.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J. (2001). Cursos de Producción Animal I. FAV UNRC. Disponible en:

<http://www.produccion-animal.com.ar>.

Aherne, F., y Kirkwood, R. (1985). Nutrition and sow prolificacy. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 33, 169–183. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3910823/>

Bahamonde, J. (2010). Aprendiendo sobre porcino. Disponible en: <https://francisco47.wordpress.com/2010/11/17/ciclo-estral-de-la-cerda-ii-signos-de-celo-en-la-cerda/>

Ben, G., Goitia, O., Mujica, I., Munar, C., y Valdez, A. (2002). Programa de Inseminación artificial a tiempo fijo, manual de procedimientos. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>.

Brüssow, K., Jochle, W., y Huhn, U. (1996). Control of ovulation with GnRH analog in gilts and sows. *Theriogenology*, 46: 925-34

Brüssow, K., y Wagner, M. (2011). Biological and technological background of estrus synchronization and fixed-time Ovulation induction in the pig. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27(3): 533-545.

Contreras, I. (2009). Protocolo corto de sincronización del celo, mediante la aplicación de cloprostenol y el uso del efecto macho, en ovejas westafrican en condiciones tropicales. (en línea). Disponible en: <http://eprints.ucm.es/8467/1/T30737.pdf>

Cuéllar, N. (2021). Veterinaria Digital. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/manejo-de-la-cerda-gestante/>

De Rensis, F., Saleri, R., Tummaruk, P., Techakumphu, M., y Kirkwood, R. (2012). Prostaglandin F2 $\alpha$  and control of reproduction in female swine: a review. *Theriogenology*, 77: 1-11.

De Rensis, F., y Kirkwood, R. (2016). Control of estrus and ovulation: Fertility to timed insemination of gilts and sows. *Theriogenology*, 86, 1460-1466.

Días, R., y Rivero, Y. (2018). Academia.edu. Disponible en: [https://www.academia.edu/36601996/Trabajo\\_sobre\\_el\\_cerdo\\_final\\_](https://www.academia.edu/36601996/Trabajo_sobre_el_cerdo_final_)

Driancourt, M., Cox, P., Rubion, S., Harnois-Milon, G., Kemp, B., y Soede, N. (2013). Induction of an LH surge and ovulation by buserelin (as Receptal) allows breeding of weaned sows with single fixed-time insemination. *Theriogenology*, 80: 391-9.

Esbenshade, K. (2005). Secretos y ciencia del ciclo estrol. Disponible en: [http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/secretos\\_y\\_ciencia\\_del\\_ciclo\\_estrol.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/secretos_y_ciencia_del_ciclo_estrol.html)



Espinosa, Y. (2012). Porcinocultura.com. Ciclo sexual de la cerda y factores que influyen en el indicador reproductivo parto/cubriciones de esta especie. Disponible en: <https://www.porcinocultura.com/destacado/Ciclo-sexual-de-la-cerda-y-factores-que-influyen-en-el-indicador-reproductivo-parto%C2%B0cubriciones-de-esta-especie>.

Estienne, M., Harper, A., Horsley, B., Estienne, C., y Knight, J. (2001). Effects of P.G. 600 on the onset of estrus and ovulation rate in gilts treated with Regu-mate. *Journal of Animal Science*, 79(11), 2757–2761. <https://doi.org/10.2527/2001.79112757x>

FAO. (2020). Evolución de la producción mundial de carne de cerdo. USDA. Disponible en: [https://www.3tres3.com/ultima-hora/fao-evolucion-del-mercado-mundial-de-carne-de-cerdo-en-2020\\_46339/](https://www.3tres3.com/ultima-hora/fao-evolucion-del-mercado-mundial-de-carne-de-cerdo-en-2020_46339/)

Fernández L., Díez C., Ordoñez J., y Carbajo, M. (2005). Reproductive performance in primiparous sows after postweaning treatment with a progestagen. *J. Swine Health Prod.* 13: 28-30.

Flowers, W., y Alhusen, H. (1992). Reproductive performance and estimates of labor requirements associated with combinations of artificial insemination and natural service in swine. *Journal of Animal Science*, 70: 615-621.

Franco, J. (2010). Inseminación Artificial. Disponible en: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20porcina/Jorge%20Franco/INSEMINACION%20ARTIFICIAL%20EN%20PORCINOS.pdf>.

Frantz L., Meijaard E., Gongora J., Haile J., Groenen M., y Larson G. (2016). The Evolution of Suidae. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 4: 61-85.

Fuentes, M., Pérez, L., Suárez, Y; Soca, M (2006). Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 36. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612648012.pdf>

Gama, R. D., Vianna, W. L., Pinese, M. E., De Campos Rosseto, A., y De Sant'Anna Moretti, A. (2005). Different doses of porcine luteinizing hormone in precocious puberty induction in gilts. *Reproduction in Domestic Animals*, 40(5), 433–435. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2005.00605.x>

Gardón, J. (2010). Sincronización de celos y control de la ovulación en la cerda. Disponible en: <http://www.inmed.com.ar>.

Gee, E., DeLuca, C., Stylski, J., y McCue, P. (2009). Efficacy of Medroxyprogesterone Acetate in Suppression of Estrus in Cycling Mares. *Journal of Equine Veterinary Science*, 29(3), 140-145. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2009.01.003>

Germain, G., Labrecque, J., y Rivest, J. (2019). The effect of timing of a single-dose artificial insemination on sow fertility. 9th European Conference on Precision Livestock Farming, (págs. 27-33). Cork

Gerrits R., Lunney J., Johnson L., Pursel V., Kraeling R., Rohrer G., y Dobrinsky J. (2005). Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology*. 63: 283-299.

Hazeleger, W., Soede, N., y Kemp, B. (2005). The effect of feeding strategy during the pre-follicular phase on subsequent follicular development in the pig. *Domestic Animal Endocrinology*, 29(2), 362-370. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.03.007>

Jiménez, C. (2016). Fisiología del ciclo estral de la cerda. *Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia*. Disponible en: <http://www.docentes.unal.edu.co/cjimeneze/docs/8180.pdf>

Kirkwood, R. N., y Kauffold, J. (2015). Advances in Breeding Management and Use of Ovulation Induction for Fixed-time AI. *Reproduction in Domestic Animals. Zuchthygiene*, 50, 85–89. <https://doi.org/10.1111/rda.12524>

Knox, R., y Wilson, W. (2007). CHAPTER 100 - Induction of Estrus and Control of the Estrous Cycle in Swine. In R. S. Y. R. Threlfall (Ed.), *Current Therapy in Large Animal Theriogenology (Second Edition)* (pp. 757-764). Saint Louis: W.B. Saunders.

Kouamo, J. (2013). State-of-art in Estrus Synchronization in Pigs. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, March. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/315576626\\_State-of-art\\_in\\_Estrus\\_Synchronization\\_in\\_Pigs](https://www.researchgate.net/publication/315576626_State-of-art_in_Estrus_Synchronization_in_Pigs)

Koutsotheodoros, F., Hughes, P., Parr, R., Dunshea, F., Fry, R., y Tilton, J. (1998). The effects of post-weaning progestagen treatment (Regumate) of early-weaned primiparous sows on subsequent reproductive performance. *Animal Reproduction Science*, 52(1), 71-79. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00088-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00088-8)

Kraeling, R., y Webel, S. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *Pub Med Central* 1–14. doi: 10.1186/2049-1891-6-3

KUBUS. (2010). Manual de Inseminación artificial porcina. Disponible en: [https://www.academia.edu/19669684/KUBUS\\_Manual\\_de\\_Inseminacion](https://www.academia.edu/19669684/KUBUS_Manual_de_Inseminacion).

Larocca, C., Lago, I., Fernandez, A., Roses, G., Lanza, R., y Armand, P. (2005). Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas holstein uruguayo (HU). *Revista Científica*, diciembre, vol. XV, número 006. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. pp. 512-516.

Loaiza, G. (2015). Evaluación del efecto reproductivo de la GnRh y eCG, en cerdas multíparas York-Landrace sincronizadas mediante la utilización de altrenogest. *dspace*, 67. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7097/1/17T1467.pdf>

López, E. (2009). La hormona liberadora de las gonadotropinas GnRH y su acción en la reproducción. Monografía. Veracruz.

Madej, A., Lang, A., Brandt, Y., Kindahl, H., Madsen, M. T., y Einarsson, S. (2005). Factors regulating ovarian function in pigs. *Domestic Animal Endocrinology*, 29(2), 347-361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.030>

Martinat-Botte., Françoise., Bariteau, F., Forgerit, Y., Macar, C., Moreau, A., Terqui, M., y Signoret, J. P. (1990). Control of oestrus in gilts II. Synchronization of oestrus with a progestagen, altrenogest (Regumate): Effect on fertility and litter size. *Animal Reproduction Science*, 22(3), 227-233. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0378-4320\(90\)90063-L](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4320(90)90063-L)

Martinat-Botté., Venturi E., Guillouet P., Driancourt M., y Terqui M. (2010). Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal). *Theriogenology*. 73: 332-342.

Mesonero J., Casaus C., Sanmartin J., OPP (Optimal Pork Production S.L.). (2010). Uso práctico de progestágenos sintéticos para la puesta en marcha de granjas de más de 2.000 cerdas (Parte II). Disponible en: [http://evao.ecuphar.es/pdf/ESTEVE\\_51\\_REPROMASTER\\_2.pdf](http://evao.ecuphar.es/pdf/ESTEVE_51_REPROMASTER_2.pdf)

MIDA. (2020). Porcinocultores satisfechos con resultados de reunión. Disponible en: <https://mida.gob.pa/porcinocultores-satisfechos-con-resultados-de-reunion-sostenida-con-ministro-valderrama/>.

NRC. Nutrient Requirements of Swine. (2012). 11th Editi. National Academy Press, editor. Washington, DC, USA.

Pallás, R. (2016). Uso del Altrenogest en la sincronización de hembras nulíparas. Una alternativa para la gestión reproductiva. Academia Porcina. Madrid, España. Disponible en: <http://www.academiaporcina.com/usodel-altrenogest-en-la-sincronizacion-de-hembras-nuliparas/>).

Pereira, C., Vasconcelos, B., y Bourg, M. (2018). Induction of puberty and synchronization of estrus in gilts with eCG and GnRH. Scielo brasil. *Revista brasileira de Zootecnia*. 1-5 <https://doi.org/10.1590/rbz4720170342>

Prunier, A., y Quesnel, H. (2000). Influence of the nutritional status on ovarian development in female pigs. *Animal Reproduction Science*, 60–61, 185-197. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00093-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00093-2)

Puentes, R. (1983). Estudio comparativo de los principales indicadores de reproducción en cinco unidades de cría comercial en cerdo. La Habana. 83 pág.

Pujadas, J. (2020). Trabajo de Grado. Disponible en: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/72334/jpujadasm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quirino, M., Pinheiro, A., Santos, J., Ulguim, R., Mellagi, A., y Bortolozzo, F. (2019). Reproductive performance of fixed-time artificial insemination in swine and factors for the technology success. *Ciencia Rural*. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180712>

Raso, M. (2012). Ganadería. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmpinta\\_ganaderia46\\_inseminacion\\_ovina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmpinta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf)

Rivera, M. (2012). Tesis de grado. Disponible en: <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/2100/1/17T01123.pdf>

Rodríguez, R. (2016). Evaluación de tratamientos con altrenogest. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1253&context=zootecnia>

Rodríguez, M. (2021). La Estrella de Panamá. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/economia/210521/sacrificio-ganado-porcino-panama-crece-vacuno-pandemia>

Rueda, C. (2016). Evaluación de tratamientos con altrenogest. Universidad de la Salle, 50. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1253&context=zootecnia>

Safranski, T., y Cox, N. (2007). Clinical reproductive physiology and endocrinology of sows: mating management. In *Current Therapy in Large Animal Theriogenology* (pp. 738-749). WB Saunders.

Santa María, A. y Erices, J. (2010). Utilización de hormonas en la reproducción y parto de la cerda. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Chile. Disponible en: <http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl>.

Sequeira, L. (2013). En Compendio sobre reproducción Animal (pág. 108). Managua. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/textos/nl53t683c.pdf>

Soede, N., Langendijk, P., y Kemp, B. (2011). Reproductive cycles in pigs. *Animal Reproduction Science*, 124 (3–4), 251-258. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.025>

Soede, N. (2011). The effect of different postweaning altrenogest treatments of primiparous sows on follicular development, pregnancy rates, and litter sizes. *J. Anim. Sci.* 89: 397-403. Strauss Iii, Jerome F., & Steinkampf.

Thitachot, K., Sirinopwong, V., Seemuang, V., Ratchatasriprasert, A., Kirkwood, R., y Am-In, N. (2021). Influence of backfat thickness and the interval from altrenogest withdrawal to estrus on reproductive performance of gilts. *Animals*, 11(5), 10–15. doi.org/10.3390/ani11051348

Ulguim, R., Fontana, D., Bernardi, M., Wentz, I., y Bortolozzo, F. (2016). Single fixed-time artificial insemination in gilts and weaned sows using pLH at estrus onset administered through vulvar submucosal route. *Theriogenology*, 86(4), 1072–1080. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.039

Vidal, D. (2020). Sincronización y ovulación en la especie porcina. Repositorio UDL,45.

Vigne, J., Zazzo, A., Saliege, J., Poplin, F., Guilaine, J., y Simmons, A. (2009). Pre-Neolithic wild boar management and introduction to Cyprus more than 11,400 years ago. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(38): pp 16135-16138.

Wang, Z., Liu, B., Wang, X., Wei, Q., Tian, H., y Wang, L. (2018). Effects of altrenogest on reproductive performance of gilts and sows: A meta-analysis. *Animal Reproduction Science*, 197: 10–21. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.035

Wolfová M., Wolf J., Krupová Z., Krupa E., y Žáková E. (2017). Estimation of economic values for traits of pig breeds in different breeding systems: I. Model development. *Liv Sci.* 205: 79-87.

Wood, C., Kornegay, E., y Shipley, C. (1992). Efficacy of altrenogest in synchronizing estrus in two swine breeding programs and effects on subsequent reproductive performance of sows. *Journal of Animal Science*, 70(5), 1357-1364. doi: <http://www.journalofanimalscience.org/content/70/5/1357.full.pdf+html>

WordPress. (2012). Descripción del cerdo cómo especie. Disponible en: <https://cerdos1.wordpress.com/>

Zúñiga C. (2008). “Evaluación y Utilización de Diferentes Métodos de Conservación de Semen (Fresco, Refrigerado y Congelado)” en la Inseminación Artificial en Cerdas”. Tesis de Grado. ESPOCH p. 49. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7097/1/17T1467.pdf>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Actividades realizadas en la investigación



### Anexo 2. Cerdas ubicadas para inicio del tratamiento hormonal



**Anexo 3. Cerdas con esquema hormonal cubierto, en espera de inseminación**

