

**EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL INTRACERVICAL E INTRAUTERINA, SOBRE
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN
CERDAS PRIMÍPARAS Y MULTÍPARAS EN CONDICIONES
TROPICALES**

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



XENIA MARIELA QUIRÓS ROJAS

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2016

**EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL INTRACERVICAL E INTRAUTERINA, SOBRE
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN
CERDAS PRIMÍPARAS Y MULTÍPARAS EN CONDICIONES
TROPICALES**

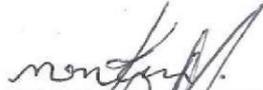
TEC | Tecnológico
de Costa Rica



XENIA MARIELA QUIRÓS ROJAS

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Mónica Madrigal Valverde, Lic.


Asesor interno

Ing. Agr. Wilfrido Paniagua Madrigal, MGA.


Jurado

Ing. Marlen Camacho, M.Sc.


Jurado

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.


Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.


Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

A mi familia y amigos, por todo su apoyo y cariño en esta etapa de mi vida.

A las mujeres de mi vida Rosa Tencio Ortiz, Roxana Quirós Tencio y Dunia Rojas Mejías, las cuales son mucho más que mi abuela, tía y madre, son mi ejemplo a seguir y fortaleza, ya que gracias a ellas soy lo que soy.

A mi padre Gonzalo Quirós Tencio, él no se encuentra conmigo sino con Dios, el cual es y seguirá siendo mi héroe, el mejor padre de todos y el amor de vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora asesora interna, la Ing. Agr. Mónica Madrigal Valverde por su gran apoyo y orientación en la elaboración de esta investigación, por ser un gran ejemplo a seguir y una excelente profesional. Por brindarme su amistad, su tiempo, al igual que todos los consejos dados. Por ser parte importante en esto que es la culminación de mi carrera, gracias por todo.

Al Ing. Agr. Wilfrido Paniagua, por ser un excelente profesional, gran persona, por brindarme su conocimiento y regalarme su amistad.

A la Ing. Fo. Marlene Camacho, por todo el tiempo invertido en la elaboración del análisis estadístico de esta investigación, por ser una excelente profesora y una gran persona, ya que con su amabilidad y carisma se hizo muy ameno este proceso.

Al Ing. Agr. Anthony Valverde Abarca, por su orientación en el inicio de este proyecto, por ser un excelente profesional y por haberme brindado su amistad.

A Heiner Mora Corrales, por ser mi gran apoyo, mi mejor amigo y sobre todo por brindarme su compañía en los buenos y malos momentos de mi vida, y regalarme su amor incondicional.

A el señor Juan Orozco el cual es el encargado de la porqueriza, por convertirse en mi mano derecha durante la fase de campo de la investigación, por brindarme su gran conocimiento que ha ido adquiriendo durante los años, por compartir grandes charlas y por haberse convertido en una persona muy importante para mí.

Al Ing. Agr. Gerardo Chávez, por ser más que un profesor y ser un amigo, por ser una de las personas más sinceras que conozco y un excelente profesional.

A mis amigas Gloriana Araya, Jessica Sandoval y Fernanda Rojas por brindarme su amistad y ser partícipes de excelentes recuerdos y experiencias compartidas.

A mi compañero Jacobo Solís Arias, por ser una de las personas que más estuvo presente en la parte práctica de mi tesis y convertirse en un gran amigo.

Al personal docente del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por haberme brindado las bases académicas para salir a desempeñarme en el campo laboral.

TABLA DE CONTENIDO

Título	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
CAPÍTULO 1. La Inseminación Artificial como herramienta para la optimización de los sistemas de producción porcina. Revisión.	1
1.2 ABSTRACT	2
1.2 RESUMEN	2
1.3 INTRODUCCIÓN	2
1.4 REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.4.1 Historia de la producción porcina en Costa Rica	4
1.4.2 Situación porcina a nivel nacional	4
1.4.3 Sistemas productivos porcinos	4
1.4.4 Reproducción porcina	5
1.4.5 Selección de reproductores	6
1.4.6 La Cerda reproductora y su ciclo estral	7
1.4.7 Condiciones que afectan el estado reproductivo de la hembra	9
1.4.8 El cerdo reproductor y la espermatogénesis	10
1.4.9 Parámetros de calidad andrológica a evaluar en semen de verraco	11
1.4.10 Factores que afectan la calidad espermática del verraco en fase reproductiva	12
1.4.10.1 Fotoperiodo	12
1.4.10.2 Temperatura	13

1.4.10.3	Nutrición	13
1.4.10.4	Ambiente social	13
1.4.10.5	Frecuencia de colección.....	14
1.4.10.6	Edad.....	14
1.4.11	Análisis Seminal en verracos reproductores	15
1.4.12	Características macroscópicas a evaluar en el análisis seminal	15
1.4.12.1	Volumen	15
1.4.12.2	Color.....	15
1.4.13	Características microscópicas a evaluar en el análisis seminal	16
1.4.13.1	Motilidad progresiva	16
1.4.13.2	Concentración	16
1.4.14	Preparación de dosis seminales	16
1.4.15	Funciones del diluyente porcino	17
1.4.15.1	Nutrientes.....	17
1.4.15.2	Regulación del pH	17
1.4.15.3	Presión osmótica.....	18
1.4.15.4	Utilización de antibióticos	18
1.4.16	Historia de la Inseminación Artificial porcina.	19
1.4.17	Inseminación artificial porcina	20
1.4.18	Métodos de inseminación artificial porcina.....	21
1.5	CONCLUSIÓN	24
1.6	RECOMENDACIÓN	24
1.7	LITERATURA CITADA.....	25
	CAPÍTULO 2. Evaluación de los métodos de inseminación artificial intracervical e intrauterina, sobre parámetros productivos y reproductivos en cerdas primíparas y multíparas en condiciones tropicales	33
2.1	ABSTRACT	34

2.2 RESUMEN	35
2.3 INTRODUCCIÓN	36
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.4.1 Ubicación del área de estudio	38
2.4.2 Descripción de la población	38
2.4.3 Descripción de la unidad experimental.....	38
2.4.4 Proceso de recolección de semen	39
2.4.5 Preparación del diluyente.....	40
2.4.6 Determinación de la concentración espermática.....	41
2.4.7 Determinación del número de dosis posibles.....	41
2.4.8 Sincronización.....	42
2.4.9 Proceso de inseminación artificial (IA)	42
2.4.10 Detección de preñez por medio de ecografía.....	43
2.4.11 Parto de cerdas	44
2.4.12 Destete de lechones.....	44
2.4.13 Análisis estadístico.....	45
2.5 RESULTADOS.....	46
2.5.1 Efecto de la sonda sobre las variables productivas	46
2.5.2 Efecto de la sonda sobre las variables reproductivas	50
2.6 DISCUSIÓN	51
2.7 CONCLUSIONES	59
2.8 RECOMENDACIONES	59
2.9 LITERATURA CITADA.....	60
2.10 ANEXOS	65

LISTA DE CUADROS

Título	Página
CAPÍTULO 2	33
Cuadro 1. Composición del diluyente BTS, según Pursel y Johnson (1975) ...	41
Cuadro 2. Datos promedio de las variables productivas analizadas por parto en las cerdas primíparas y múltiparas; inseminadas con las sondas intracervical (IC) e intrauterina (IU).	48

LISTA DE FIGURAS

Título	Página
CAPÍTULO 1	1
Figura 1. Inseminación artificial intracervical o convencional tomado de Roca <i>et al.</i> (2006).....	22
Figura 2. Inseminación Artificial Intrauterina tomado de Roca <i>et al.</i> (2006).	23
Figura 3. Inseminación Artificial Intrauterina profunda. Tomado de Roca <i>et al.</i> 2006.....	24
CAPÍTULO 2	33
Figura 4. Verraco mondado en maniquí y recolección del eyaculado.	40
Figura 5. Inseminación artificial de acuerdo a los lineamientos de la granja.	43
Figura 6. Vesículas observadas a los 21 días de gestación en cerdas.	44

LISTA DE ANEXOS

Título	Página
CAPÍTULO 2	33
Anexo 1. Valores de F y p para las variables productivas, respecto a número de parto, tipo de sonda y la tipo de sonda*número de parto	65

CAPÍTULO 1

La Inseminación Artificial como herramienta para la optimización de los sistemas de producción porcina. Revision.

1.2 ABSTRACT

The biology of porcine reproduction and current reproductive technologies are described in this literature review, focusing on the implementation, as well as advantages and disadvantages, of artificial insemination. The porcine industry is currently looking for alternatives, such as artificial insemination, to reduce production expenses. In turn, artificial insemination helps increase reproduction efficiency and improves production parameters, helping to secure greater profits in an ever growing market.

KEY WORDS: Artificial insemination (AI), semen, sows, boars.

1.2 RESUMEN

En la presente revisión de literatura se describe la biología de la reproducción porcina, así como tecnologías reproductivas empleadas actualmente, enfocadas en la implementación de la Inseminación Artificial, describiendo las ventajas y desventajas de su ejecución. Actualmente la industria porcina busca alternativas para disminuir costos de producción y bajo este concepto, una herramienta utilizada es la Inseminación Artificial, que consigue alta eficiencia reproductiva y mejoras en los parámetros productivos, lo que a su vez es una vía para lograr mayores ganancias en un mercado que cada día es más creciente.

PALABRAS CLAVES: Inseminación artificial (IA), semen, cerdas, verraco.

1.3 INTRODUCCIÓN

La productividad de una granja porcina está estrictamente relacionada con la eficiencia reproductiva (lechones detestados por cerda por año), esta puede mejorar mediante la utilización de tecnologías reproductivas de vanguardia como lo es la inseminación artificial (IA) (Williams, 2010), la cual es una técnica de implementación en todo el mundo, sin embargo, el uso de la misma varía según el lugar (Gadea, 2003). En la actualidad el uso de la Inseminación Artificial (IA) en

cerdos de cría, ha sido de gran impacto para mejorar la fertilidad, genética, el trabajo en las granjas y la salud del hato (Knox, 2016).

La IA es una herramienta que ha logrado un aumento en la eficiencia del trabajo y la producción en la granja, esto debido a que en la monta natural se requieren de 22 minutos por hembra desde la detección de celo hasta la monta (Flowers y Alhusen, 1992); mientras que con la IA en la detección de celo se dura entre 1 a 2 minutos y 4 minutos para el proceso de inseminación (Knox *et al.*, 2013), por otra parte la IA mejora la salud del hato reproductivo, disminuyendo la incidencia de enfermedades de transmisión sexual (Maes *et al.*, 2008)

El uso generalizado de la IA es una puerta de entrada para las nuevas tecnologías reproductivas como lo son el semen sexado (Gerrits *et al.*, 2005) y el semen conservado o criopreservado, en la actualidad el 99% de las inseminaciones son ejecutadas con semen en estado líquido, ya sea fresco o refrigerado y el 1% restante son inseminaciones realizadas con semen conservado, el cual se utiliza principalmente cuando se cuenta con semen de gran valor genético (Johnson *et al.*, 2000).

El fin de esta revisión de literatura es presentar información actualizada sobre la inseminación artificial porcina como herramienta para la optimización de la producción.

1.4 REVISIÓN DE LITERATURA

1.4.1 Historia de la producción porcina en Costa Rica

Los cerdos se introdujeron en el país en el segundo viaje de Cristóbal Colón y el tipo de cerdo que dio origen a la actividad porcícola fue el cerdo denominado criollo, el cual contaba con la característica de ser muy grasoso, con una baja conversión alimenticia y de lento crecimiento (Monge, 2005).

La producción porcícola en el país fue creciendo, por consiguiente los porcicultores buscaron como dedicarse a la producción de cerdos de mayor calidad y más intensivamente, lo que dio como resultado que hoy en día hay un gran número de empresas dedicadas a esta actividad, por lo que el estado para seguir incentivando este desarrollo en 1980 se aprueba la Ley de Fomento Porcino (Monge, 2005).

1.4.2 Situación porcina a nivel nacional

Durante el periodo del 2000 al 2004, la actividad pecuaria logró contribuir con un 5.4% al valor agregado agropecuario, logrando registrar una tasa media de crecimiento de un 5.7% (SEPSA *et al.*, 2006).

La actividad porcina se encuentra distribuida en todo el territorio nacional el mayor número de granjas porcinas se ubican en el Valle Central, Río Segundo de Alajuela, Pérez Zeledón y Guápiles. Esta concentración de granjas se atribuye a factores tales como el suministro de los alimentos e insumos, la cercanía a las plantas de cosecha y de mayor consumo del país (SEPSA *et al.*, 2006).

1.4.3 Sistemas productivos porcinos

En la cría de cerdos se destacan tres sistemas productivos, estos son muy diferentes en el manejo de los animales, estos son:

- Sistema Tradicional o Extensivo: Los cerdos criados bajo este sistema pastorean, debido a esto su crecimiento es lento, y es por los alimentos que consumen los cuales son poco nutritivos y no ayudan a su desarrollo, además debido al ejercicio constante que realizan pierden peso, este sistema es el más antiguo y el menos utilizado actualmente por las grandes granjas porcinas (Pérez, 2005).
- Sistema Semi-intensivo: Este es un sistema de producción intermedio, está enfocado desde el punto de vista de la alimentación y manejo de los cerdos, ya que los animales no son alimentados únicamente con concentrado, pero no se encuentran pastoreando si no en corrales. Los animales, son criados a base de una dieta en la que consumen una mínima porción de concentrado y son alimentados principalmente con productos y subproductos agropecuarios (Chinchilla *et al.*, 1998).
- Sistema Intensivo: Los animales criados bajo este sistema están en confinamiento absoluto, con altos costos de inversión y altamente tecnificados, en este sistema se obtienen los máximos rendimientos productivos de los animales en el menor tiempo posible, esto si se da un manejo adecuado tanto reproductivo, alimenticio y sanitario (Pérez, 2005).

1.4.4 Reproducción porcina

Uno de los aspectos más importantes en una explotación porcina es la reproducción, al mantener una adecuada reproducción se obtiene una alta eficiencia reproductiva, la cual repercute de manera directa en la producción porcina, esta eficiencia se evalúa por medio de la productividad de la cerda (porcentaje de gestación y prolificidad), en la reproducción participan una serie de factores: fisiológicos, nutricionales y de manejo, la interacción de estos dan como resultado ya sea la eficiencia o ineficiencia del proceso reproductivo (Hafez, 1996).

La estabilidad de altos niveles de eficiencia reproductiva es esencial en la producción moderna porcina, por lo que hay que tener presente los principales factores que la afectan:

- **Genética:** Esta juega un papel de gran importancia para mantener la eficiencia reproductiva, ya que varios rasgos reproductivos como la tasa de ovulación, la supervivencia embrionaria, el número lechones nacidos, número lechones destetados, pubertad, libido femenino y tamaño testicular son influenciados por la genética (Rothschild, 1996).
- **Nutrición:** Al someter a las reproductoras a un difícil nutricional, se logran afectar de manera directa los parámetros reproductivos de las mismas, ocasionando un retraso de la pubertad, atraso del celo después del destete, disminución de la tasa de ovulación y reducción de la tasa embrionaria (Cosgrove y Foxcroft 1996; Dourmad *et al.*, 1994)
- **Ambiente:** Los cerdos son muy sensibles a los cambios climáticos por lo que uno de los factores que más los afecta es la alta temperatura, generando una disminución en los parámetros productivos tales como disminución en el porcentaje de parición, días de retorno al celo después del destete aumentan, retraso de la pubertad y aumento de abortos (Barb *et al.*, 1991; Schoenherr *et al.*, 1989).

En la actualidad la reproducción porcina se ha visto beneficiada por nuevas tecnologías reproductivas entre estas la inseminación artificial, que trae como resultado una alta eficiencia reproductiva y aumento de los parámetros productivos de la granja y así la economía de la misma (Levis, 2000).

1.4.5 Selección de reproductores

La selección de los reproductores de una granja es de vital importancia, ya que estos tienen que reunir el mayor número de características productivas como reproductivas que deseamos, con la finalidad de evitar el fracaso tanto productivo como reproductivo (Engblom *et al.*, 2007); por consiguiente las empresas dedicadas a la cría de diferentes líneas y razas porcinas utilizan los recursos genéticos para elaborar animales genéticamente mejores, ejemplo de

este avance son las cerdas denominadas Topigs 40 las cuales se utilizan para cruzamiento terminal, estas son un cruce con la línea A (Large White) y línea B (Topigs 20 el cual es un cruce entre Large White y Landrace), entre las cualidades que destacan a esta cerda son aspecto fuerte y robusto, también tiene una capacidad de alto consumo de alimento, aún cuando las condiciones climáticas no sean las idóneas como altas temperaturas, el intervalo destete-servicio es muy corto así como un celo muy evidente (fácil de detectar), una excelente fertilidad y prolificidad (más de 13 cerdos destetados por camada y más de 28 destetados al año), por otra parte genera que se den menores costos de producción (por la baja demanda de requerimientos nutricionales, así como el bajo uso de medicinas y un porcentaje de mortalidad bajo), este híbrido cuenta con una eficiencia alimenticia de unos 80 a 100 kg menos de consumo de alimento al año, anatómicamente presenta una mayor profundidad del lomo, por último se acopla bien en climas cálidos (TOPIGS, 2010).

Otro claro ejemplo de este manejo genético por parte de las empresas dedicadas a la cría de cerdos es la línea de verraco Tempo, el cual se caracteriza por la vitalidad de su descendencia, ya que presentan un rápido crecimiento, son fuertes y robustos desde que nacen y son puestos al mercado. Este macho hereda varias cualidades a su descendencia como alta resistencia, robustez, baja mortalidad, elevado número de lechones nacidos vivos por camada, son fuertes, rápido crecimiento, ideal para la alimentación restringida, alto consumo de alimento y eficiencia alimenticia, incluso en condiciones extremas y por último poseen excelentes lomos y una gran calidad de carne (TOPIGS, 2010).

1.4.6 La Cerda reproductora y su ciclo estral

El tiempo en que dura un ciclo estral difiere entre las especies, por ejemplo, en las cerdas tiene una duración de 21 días si esta no ha sido preñada, contrario a aquellas que ya han sido madres cuyo celo se da entre 4-6 días después del destete (Yeste *et al.*, 2014). Hay factores que logran afectar la frecuencia con que se presenta el ciclo reproductivo en los animales, estos pueden estar relacionados directamente al individuo o a factores externos a él

como lo son las condiciones ambientales (luz, manejo, nutrición, patologías, temperatura entre otros). Asimismo se ha determinado que hay factores que influyen en la duración del ciclo estral entre estos el estrés, intervalo destete inicio del estro, clima y parición (Soede y Kemp, 1997).

En el momento que le cerda esta receptiva, es cuando se da el inicio del estro, el cual tiene una duración de 24 hrs a 96 hrs este no está estrictamente relacionada con la concentración sistémica de estrógenos; ya que cuando se inicia la ovulación después del comienzo del estro puede tener una variación de 10 a 85 hrs, por lo que el comienzo del estro no es un buen determinante de la ovulación, a pesar de esto el estro es la mejor herramienta para determinar cuando la cerda está ovulando (Soede y Kemp, 1997).

Durante el ciclo estral según Caravaca *et al.* (2005) se distinguen fácilmente dos fases, la folicular o estrogénica (proestro y estro) y la fase luteínica (metaestro y diestro).

Durante la fase folicular se da el desarrollo del proestro, el cual marca el inicio al ciclo estral con la iniciación del crecimiento y la maduración de uno o varios folículos ováricos, a medida que estos folículos se van desarrollando liberan hormonas y van generando que el aparato reproductor se vaya preparando para el estro. Además del proestro en esta fase se desarrolla el estro, lapso de tiempo en el que la hembra se encuentra receptiva, esto es evidente por la manifestación del celo; en esta etapa de la fase folicular ocurre la ruptura del folículo y se da la formación del cuerpo lúteo (Caravaca *et al.*, 2005).

En la fase luteínica que conforma la segunda fase del desarrollo del ciclo, se da el desarrollo del metaestro, que consiste en el periodo de tiempo en que se da el crecimiento del cuerpo lúteo, el cual se establece después de la ovocitación, mencionar que si se logra dar la fecundación esta fase se extiende a lo largo de toda la gestación. Seguido del metaestro si no hay fecundación se desarrolla el diestro, que es el periodo más largo del ciclo estral y se

caracteriza por la inactividad sexual; el diestro comprende el periodo de madurez del cuerpo lúteo hasta su desaparición, que se denomina regresión (Caravaca *et al.*, 2005).

Para controlar o reprogramar este ciclo estral en las cerdas, se realiza la sincronización del mismo, mediante la utilización de hormonas, entre estas el Altrenogest (análogo de la progesterona) se usa en tratamientos para sincronizar el estro en cerdas jóvenes y posponer celo después del destete en cerdas para aliviar las consecuencias negativas de la lactancia; el uso de tratamientos con altrenogest ha dado como resultado efectos positivos sobre la fertilidad, tanto en las cerdas primerizas, ayudando a la vez a mejorar el tamaño de las camadas (Martinat-Botte *et al.*, 1990) y en las cerdas multíparas elevando la tasa de ovulación por consiguiente una mejora en la fertilidad (Martinat-Botté *et al.*, 1995), también eleva la tasa de supervivencia de los embriones (Patterson *et al.*, 2008) y el tamaño de camada (Van Leeuwen *et al.*, 2011), este ingrediente activo funciona como un herramienta para ayudar a mejorar la condición corporal de las cerdas, con la finalidad de tener un mejor rendimiento reproductivo debido a la caída que se obtiene por el síndrome del segundo parto (Everaert *et al.*, 2007).

1.4.7 Condiciones que afectan el estado reproductivo de la hembra

Todo animal se puede ver afectado por diferentes factores que lo rodean, ocasionados por las condiciones de manejo, generando que el animal se vea sometido a condiciones de estrés y este va provocar que se afecte de manera directa la reproducción, por lo que en condiciones productivas, hay situaciones que pueden causar estrés a las cerdas, como lo son la densidad animal, la interacción entre el personal de trabajo con los animales, el sistema de alojamiento y el entorno social (Valery y Stedman, 1994 citado por Muça, 2011). Según los resultados obtenidos por Hemsworth *et al.* (1986b), cerdas expuestas a condiciones de alta densidad (3 cerdas/m²) se ven afectadas ya que expresan niveles más elevados de cortisol que las cerdas expuestas a una

baja densidad (1 cerda/m²), reflejándose en el número de cerdas en estro y número de cerdas inseminadas.

En otro experimento realizado por Hemsworth *et al.* (1986a), se evaluó la interacción de las cerdas con el personal, se expusieron a las cerdas a diferentes tratos uno eran caricias ligeras por parte del personal y el otro a movimiento de los animales de un lugar a otro, esto reflejo que los animales expuestos a caricias ligeras presentaron menos niveles de cortisol y un mayor porcentaje de preñez (88%), que el que implicaba movimiento de las mismas, este grupo también presento menos porcentaje de preñez (33%); por lo que el mal manejo de los animales trae como consecuencia efectos negativos en la reproducción.

Otro factor que afecta a las cerdas reproductoras es el sistema de alojamiento y su entorno social, por lo que un estudio realizado por Soede *et al.* (1997), el cual consistió en alojar a cerdas en jaulas individuales y en grupo, en el que las cerdas con tratamiento de estrés o en jaulas, presentaron mayores niveles de cortisol por lo que la tasa de gestación fue más baja (65.9%), que las cerdas que no tenían este tratamiento de estrés (tasa de gestación 85.7%).

Un factor que logra afectar a la cerda en su reproducción es la presencia de bacterias en la dosis utilizada para la inseminación ya que puede ocasionar la presencia de enfermedades infecciosas, pudiéndose ver afectada la tasa fecundante en la granja haciendo que esta disminuya (Sepúlveda *et al.*, 2014).

1.4.8 El cerdo reproductor y la espermatogénesis

A la formación de espermatozoides se le llama espermatogénesis, la cual tiene lugar a partir de las espermatogonias, los cuales se localizan en las paredes de los tubos seminíferos; este proceso inicia con una fase de crecimiento en la que se formará el espermatocito tipo I, este tras una primera fase de meiosis, seguido de esto se forma el espermatocito tipo II, tras la segunda fase de meiosis se formara una espermátida, que esta tras una

maduración morfológica se transformara en un espermatozoide; de una espermatogonia se llegaran a formar cuatro espermatozoides con un número haploide de cromosomas (Caravaca *et al.*, 2005).

Las espermatogonias tiene la vida normal de todos los tejidos, por lo que cada cierto lapso de tiempo se renueva, por lo que el ciclo espermatogénico o en si el tiempo que se requiere para la evolución completa de una espermatogonia y la formación de espermatozoides en el cerdo, tiene una duración de aproximadamente 38 días (Caravaca *et al.*, 2005).

1.4.9 Parámetros de calidad andrológica a evaluar en semen de verraco

Tener un control y realizar análisis de calidad y cantidad al semen porcino, es de vital importancia económica para los porcicultores, debido a que el impacto que tiene el verraco en el hato reproductivo es alto, un ejemplo claro de cómo se puede ver afectada la calidad espermática es el ambiente, al haber altas temperaturas se disminuye la calidad, este factor climático está directamente relacionado a condiciones generadoras de estrés para el animal (Smital, 2007).

Al ser la fertilización un proceso tan complejo, se requieren contemplar diferentes atributos para que esta sea exitosa, por ende se deben de evaluar características espermáticas como la capacidad que poseen los espermatozoides para someterse a la capacitación, la reacción que se genera en el acrosoma, la capacidad de unirse a la zona pelúcida, hiperactivación y la penetración en los ovocitos (Ruíz-Sánchez *et al.*, 2006).

La fertilidad de un verraco reproductor se puede evaluar por diferentes parámetros como lo son la tasa de preñez y el tamaño de camada, estas son mediciones que también están influenciadas por factores estrictamente relacionados con las hembras (Colenbrander *et al.*, 2003). Al ser estos parámetros también atribuibles a la cerda, se ha llegado a la conclusión que la elaboración de un examen físico completo al semental y evaluación del semen del mismo (concentración, morfología, movilidad) puede ser una alternativa a

los datos, más reales de la fertilidad del animal (Gibson, 1988 citado por Foxcroft *et al.*, 2008).

1.4.10 Factores que afectan la calidad espermática del verraco en fase reproductiva

En la actividad porcina un factor de gran importancia para el éxito de la misma son los verracos reproductores, estos representan aproximadamente el 5% del hato reproductor, pero llegan a tener un efecto directo en la productividad y progreso genético de un 50% en la granja porcina, por lo que el éxito de los programas de reproducción, tamaño de la camada al nacimiento y el porcentaje de concepción están influenciados de manera directa por el semental (Louis *et al.*, 1994a).

La selección de los sementales es un factor fundamental en el éxito de cualquier actividad piscícola, por lo que bríndales las condiciones idóneas para su desarrollo es de vital importancia, un gran número de estudios realizados muestran que la aptitud reproductiva de los verracos tiende a depender de diferentes factores entre estos: la nutrición (Yeste *et al.*, 2011), la edad del animal (Jankeviciute y Zilinskas, 2002), la severidad con que se llegue a explotar sexualmente el verraco (Frangez *et al.*, 2005), fotoperiodo (Knecht *et al.*, 2013; Andersson, 2000) y la temperatura ambiental y el entorno social (Kunavongkrit *et al.*, 2005).

1.4.10.1 Fotoperiodo

El fotoperíodo logra afectar la producción de esperma de los mamíferos, esto debido a que se genera una reacción en el mecanismo de la regulación de la melatonina. Esta hormona se logra sintetizar y secretar durante la oscuridad y la luz es capaz de inhibir o disminuir este proceso, por lo que la duración del día es un factor que afecta la síntesis de esta hormona (Tast *et al.*, 2001), se obtiene como resultado que los días cortos logran estimular lo que es la espermatogénesis y los días largos no generan este mismo resultado (Andersson, 2000).

1.4.10.2 Temperatura

Una de las principales preocupaciones de los criadores de cerdos son las fluctuaciones en el clima, por lo que estos cambios ocasionan estrés en los animales y esto hace que se vea afectada la producción de espermatozoides, además de poner en riesgo la calidad del eyaculado, ya que la motilidad espermática se ve afectada, la concentración y el número de espermatozoides disminuye. Las altas temperaturas pueden provocar que el consumo de alimento sea inferior y ocasionar tensiones que generan como consecuencia la inhibición de la espermatogénesis, al ser los días muy extensos se pueden presentar problemas no inmediatos sino a largo plazo, como es el efecto que puede causar en el tamaño de la camada y disminución en la fertilidad (Kunavongkrit *et al.*, 2005).

1.4.10.3 Nutrición

Estudios realizados por Louis *et al.* (1994a), lograron demostrar que al utilizar una dieta baja en proteína (7.3%) se da una disminución en el libido y del volumen seminal de los verracos. También pudo determinar que los verracos alimentados con menos proteína requerían de más tiempo para lograr servir a una cerda o producir un eyaculado para inseminación artificial, esto si se comparan con los verracos que si tenían un adecuado consumo de proteína. Por otra parte cuando se reduce el consumo de energía en los verracos ocasiona que se disminuya la ganancia de peso y el potencial reproductivo (Louis *et al.*, 1994b).

1.4.10.4 Ambiente social

Otro de los factores que interviene en el comportamiento sexual de los verracos es el ambiente social, esto se da tanto en la pubertad como en la etapa adulta; en los verracos de edad joven el poco contacto físico con hembras o machos, ocasiona una depresión en el desarrollo del comportamiento sexual (Trudeau y Sanford, 1990). Por otra parte cuando estos verracos llegan a la edad adulta, presentan menos comportamiento de cortejo

(Nelssen *et al.*, 1982). Además según Trudeau y Sanford (1990), el eyaculado en verracos socialmente restringidos es menor que en los que no lo fueron, pero esto no es sinónimo de que la producción espermática se vea afectada.

Lo que es el entorno donde se desenvuelve el verraco es de gran importancia como lo es la comodidad de la porqueriza, las condiciones de acoplamiento, la frecuencia de apareamiento o recolección de semen, son factores que ayudan a que el verraco pueda producir semen de buena calidad (Kunavongkrita *et al.*, 2005).

1.4.10.5 Frecuencia de colección

En la actualidad, es considerado que la intensidad sexual a la que se exponen los verracos es uno de los principales factores que influyen en la fertilidad de los mismos; por lo que la intensidad de recolecciones de eyaculado llega a deteriorar los rasgos seminales; ya que una eyaculación frecuente causa una acelerada disminución de la producción de esperma (Johnson *et al.*, 2000). Por esto es recomendable realizar una sola extracción por semana en verracos jóvenes, mientras que en verracos adultos se pueden realizar dos o tres extracciones por semana (Bonet *et al.*, 1993).

1.4.10.6 Edad

Un comienzo temprano de la actividad sexual en verracos jóvenes trae como consecuencia una disminución en la fertilidad durante su vida sexual, por lo que Falkenberg *et al.* (1992) citado por Smital (2007) reportaron que los verracos logran la producción óptima de espermatozoides cuando termina su crecimiento, a los 2.5-3 años de edad. Según Jankeviciute y Zilinskas (2002) el volumen de eyaculado, concentración de espermatozoides y la morfología de los espermatozoides se ve afectada por la edad de manera significativa, por lo que en un verraco de edad avanzada el volumen del eyaculado aumenta, pero la concentración de espermatozoides disminuye, en verracos con edades por debajo de 12 meses se reportaron espermatozoides con cabeza de pera,

mientras que en animales con edades superiores a los 30 meses, lo que se reportó fueron espermatozoides con colas dobladas simples.

1.4.11 Análisis Seminal en verracos reproductores

El análisis seminal es una forma de determinar la calidad del semen en las granjas porcinas (Maes *et al.*, 2011). Actualmente la introducción de la tecnología en el análisis seminal ha logrado revolucionar la forma de evaluar la calidad espermática (Didion, 2008; Feitsma *et al.*, 2011), esto debido a que las maquinas tienen la capacidad de realizar conteos rápidos de cientos de espermatozoides en pocos segundos, para determinar la motilidad, concentración y así calcular la tasa de dilución para preparar las dosis seminales (Knox, 2016).

1.4.12 Características macroscópicas a evaluar en el análisis seminal

1.4.12.1 Volumen

Este parámetro permite cuantificar la producción de semen de un verraco, este dato se llega a utilizar con la finalidad de calcular la concentración espermática en el eyaculado y para determinar la cantidad de dosis que se pueden preparar, por otra parte la cantidad de eyaculado de un verraco puede variar entre individuos, pero esto no es indicativo de infertilidad, que exponer al verraco a un gran número de eyaculaciones, ocasiona disminución del mismo y en el número de espermatozoides, en promedio se estima que un verraco puede eyacular 200 ml de semen, con un rango que va desde los 70 a 500 ml por eyaculado (Louis *et al.*, 1994a).

1.4.12.2 Color

Por lo general la tonalidad del eyaculado es de color blanco, aunque la tonalidad puede cambiar de acuoso opalescente a lechoso y cremoso, esto varía conforme la concentración espermática va en aumento. El eyaculado del semen en pocas ocasiones es acuoso y cristalino (Hacker *et al.*, 1994).

1.4.13 Características microscópicas a evaluar en el análisis seminal

1.4.13.1 Motilidad progresiva

Esta se define como la rapidez con que se mueven los espermatozoides hacia adelante y en línea recta, esta es la prueba más común realizada en los laboratorios, la cual tiene como finalidad lograr la evaluación del vigor del semen, este es un dato variable puede estar entre un 60-80%, pero para que el semen de verraco sea considerado de buena calidad, tiene que tener como mínimo un 70% de motilidad progresiva. (Martínez *et al.*, 1993; Rodríguez-Gil y Rigau, 1995).

1.4.13.2 Concentración

La concentración es el número total de espermatozoides por mililitro de eyaculado, en el verraco la concentración oscila entre 200 a 300x10⁶/ml (Martínez *et al.*, 1993; Rodríguez-Gil y Rigau, 1995).

1.4.14 Preparación de dosis seminales

En la preparación de dosis seminales se deben de considerar varios factores, debido a lo delicados que son los espermatozoides de verraco, por lo usar diluyente radica en que el semen porcino presenta una alta sensibilidad al shock por frío, generado una alteración en la viabilidad espermática, esto se debe a que la composición lipídica de sus membranas es la responsable de ello, por consiguiente cuando se baja la temperatura, los movimientos laterales de los fosfolípidos se reducen y ocasiona que se dé la separación de fases lipídicas, problema que se asocia con transformación irreversible de las proteínas de membranas; todo esto genera que se llegue a afectar la funcionalidad de la membrana espermática por ende la viabilidad celular se va a ver altamente comprometida (White, 1993).

Los diluyentes se clasifican en dos grandes grupos los de largo plazo (más de 4 días) y los de corto plazo (1 a 3 días) (Gadea, 2003).

1.4.15 Funciones del diluyente porcino

La función principal de un diluyente esta en tener que aportar los nutrientes que los espermatozoides necesitan para mantener su adecuado metabolismo, la protección contra el cambio de temperatura, controlar el pH del medio, la presión osmótica y evitar el desarrollo microbiano (antibióticos) (Gadea, 2003).

1.4.15.1 Nutrientes

El espermatozoide tienen la capacidad de obtener la energía de su entorno, para lograr mantener su metabolismo celular y así generar el movimiento del flagelo, principalmente por medio de las vías glogolíticas; para realizar este movimiento el espermatozoide del cerdo tiene la capacidad de usar un gran número de substratos de donde adquiere su energía, encontramos que los monosacáridos son la principal fuente de energía para los espermatozoides, pero no todos actúan así como el lactato, el piruvato, el glicerol o el glicerol 3-fosfato y el citrato (Rath, 2002).

Los espermatozoide de cerdo tiene la capacidad de metabolizar con gran eficiencia los azúcares que se localizan en el plasma seminal, como la glucosa (Marín *et al.*, 2003; Jones y Connor, 2000) o la fructosa, además Jones y Connor (2000) confirmaron que la fructosa es fosforilada por la hexoquinasa para producir fructosa 6-fosfato. Al poder los espermatozoides de cerdo metabolizar los sustratos no glucolíticos, trae consigo nuevos conocimientos para mejorar los análisis de calidad seminal y elaborar nuevos diluyentes que ayudaran al mantenimiento de los espermatozoides en condiciones no glogolíticas, probablemente subóptimas (Mukai y Okuno, 2004).

1.4.15.2 Regulación del pH

El pH del semen recién eyaculado se encuentra próximo 7.2-7.4, por ende cuando se disminuye el pH, se reduce el metabolismo energético del espermatozoide y su motilidad. El ácido láctico es el principal metabolito de

este proceso, por ende es el principal factor que interviene en los cambios de pH (Rigau *et al.*, 1996).

Para controlar el pH de un eyaculado espermático se requiere de un amortiguador (buffer), por lo que la adición del mismo ayuda a controlar el pH del medio, entre los más comunes se encuentran bicarbonato de sodio y el citrato sódico que cuentan con una capacidad de buffer limitada, mientras que el mercado se pueden encontrar productos capaces de regular el pH en un rango más amplio y no son dependientes de la temperatura (Kamp *et al.*, 2003). Los rangos de pH de los diluyentes más comunes oscilan entre 6.8 y 7.2 (Newth y Levis, 1999).

1.4.15.3 Presión osmótica

La presión osmótica del semen porcino oscila entre 290-300 mOsm/L y tiene la capacidad de tolerar presiones hasta 240-380 mOsm/L, estudios han señalado que la motilidad y la viabilidad espermática no se ve afectada en rangos de 250 y 290 mOsm/L, pero si esta disminuye por debajo de 200 mOsm/L se llega a ver alterada la motilidad de los espermatozoides (Gilmore *et al.*, 1996; Fraser *et al.*, 2001).

Para lo que es la conservación del semen, se ha demostrado que los diluyentes isotónicos con una presión de 300 mOsm/L son los que mejores resultados han brindado, por otra parte para regular esta presión se usan sales de iones inorgánicos como el cloruro sódico y potásico (Kamp *et al.*, 2003).

1.4.15.4 Utilización de antibióticos

Para evitar la proliferación de agentes microbianos se le añaden antibióticos a los diluyentes, a pesar de que el semen se almacena a una temperatura (15-17°C), la cual es la más idónea para la conservación de las dosis y al mismo diluyente también se le agregan nutrientes (glucosa) para la supervivencia de las células espermáticas, estos dos factores tienden a ayudar a que se dé el desarrollo de la mayoría de bacterias gram negativas entre las

que están *Escherichia coli*, *Salmonellae* y *Pseudomonae*; al darse el desarrollo bacteriano se afecta la motilidad, aglutinaciones espermáticas, aumento del porcentaje de acrosomas alterados, la vida útil del espermatozoide se ve altamente afectada y una disminución del pH hasta niveles ácidos, 5.7-6.4 (Althouse *et al.*, 2000; Althouse y Lu, 2005). Al haber una gran proliferación de bacterias en la dosis seminal a utilizar, genera un efecto directo en la capacidad fecundante del semental y la calidad espermática disminuye, ocasionando que el porcentaje de espermatozoides con motilidad total y progresiva disminuyan significativamente (Sepúlveda *et al.*, 2014).

1.4.16 Historia de la Inseminación Artificial porcina

Los primeros avances en la inseminación artificial en porcinos se realizaron en 1900 por Ivanov (Foote, 2002), por otra parte los primeros diluyentes (glucosa-sulfato y la glucosa-tartrato) de semen de verraco fueron expuestos por Milovanov (1962) citado por Johnson *et al.* (2000) en los años de 1931-1933. Desde los primeros estudios de conservación de semen de verraco, se sabe que solo una porción de los espermatozoides llega a sobrevivir a cualquier tipo de almacenamiento que se realice, esto debido a que conforme se tiende a bajar la temperatura, se da una inevitable reducción en la cantidad de células espermáticas que logran mantener la integridad de la membrana, estructura y componentes bioquímicos (Johnson *et al.*, 2000).

Por otra parte el semen congelado se ha encontrado en el mercado desde 1975, pero menos del 1% de todas las inseminaciones que se realizan es con semen congelado- descongelado, ya que esta forma de almacenamiento del semen de verraco, es usada principalmente cuando se desea exportar de un país a otro, con la finalidad de mejorar la genética de un país o un hato en especial. En los diferentes países del mundo hay diferencias en el porcentaje de cerdas que son inseminadas, estos van desde un 5% en países menos desarrollados, en los que no se cuentan con los suficientes recursos ni mano de obra capacitada para dichas labores, hasta un 90% tal es el caso de Europa (Johnson *et al.*, 2000).

El mayor aumento del crecimiento en el uso de semen de verraco almacenado en Europa, se dio entre 1975 hasta 1990, sin embargo a partir de 1990 el crecimiento se ha dado principalmente en América del Norte y del Sur. Este gran aumento en el uso de la inseminación, principalmente en el hemisferio occidental, esta atribuido a la tecnología implementada para el procesamiento del semen, una alza en la demanda de carne de cerdo de mayor calidad, el incremento de la rentabilidad de la canal de alta calidad, al igual que equipos mejorados para el transporte, dando como resultado que el semen en estado líquido esté disponible para el comprador el mismo día o al siguiente día a cualquier parte del mundo. Además, no hay que dejar de lado que en la actualidad una gran cantidad de porcicultores son innovadores y están anuentes a incursionarse en lo que son las nuevas tecnologías porcícolas (Johnson *et al.*, 2000).

1.4.17 Inseminación artificial porcina

La reproducción en la explotación porcina, es uno de los factores determinantes para el éxito de la misma, para lograr este objetivo se han implementado tecnologías que favorecen este proceso como lo es la inseminación artificial logrando mejoras en la fertilidad, genética y salud del hato (Knox, 2016); esta nueva tecnología radica en la colocación del semen, con el uso de instrumentos apropiados en el momento adecuado, en el lugar más apropiado del aparato genital femenino (Padilla, 2007). Y gracias a que en los años de 1949, Polge en Cambridge, citado por Elder *et al.* (2004), propuso el uso del glicerol como un crioprotectante de esperma, se empezó a desarrollar la criopreservación del semen, la cual fue utilizada para la producción de ganado y en la práctica veterinaria.

Para que se dé una inseminación artificial satisfactoria se deben de tener presente una serie de cuidados: saber detectar el celo ya que la mayoría lo expresan del 4 al 6 día después del destete (Yeste *et al.*, 2014), tener personal capacitado para realizar la IA y las diluciones adecuadamente (Knox, 2016), procurar que la muestra de semen que se va a utilizar sea lo más fresca

posible, esto debido a que si se deja mucho tiempo refrigerada disminuye su fertilidad (Padilla, 2007).

El uso de la inseminación artificial tiene como principales beneficios:

- Mejora la sanidad del hato reproductivo; esto debido a que se controlan mejor las enfermedades, en especial las de índole reproducción (Colenbrander *et al*, 1993).
- Se le llega a dar un mayor aprovechamiento a los machos que poseen un mejor material genético y que se dé un refrescamiento de genes más rápido y de manera fácil y económicamente rentable (Knox, 2016).
- Se da una reducción en los costos de producción (Knox, 2016).

La inseminación artificial también cuenta con una serie de limitaciones, la manera y forma en que se va a conservar el semen. Además el proceso en sí de realizar la inseminación artificial, esto porque puede que no se dé un resultado satisfactorio (preñez de la cerda) a como si los daría el proceso de monta natural (Padilla, 2007).

En la actualidad se desea mejorar la eficiencia de la inseminación artificial por consiguiente se han realizado estudios con el fin de mejorar los resultados de la misma pero con un disminución considerable de espermatozoides, la idea central de esta técnica está basada en depositar el semen más cerca del lugar de la fertilización usando una menor cantidad de espermatozoides y número de inseminaciones por cerda con el objetivo de ir disminuyendo los costos de preñar una cerda (Hernández *et al.*, 2012; Knox, 2016).

1.4.18 Métodos de inseminación artificial porcina

Este procedimiento se puede realizar con diferentes métodos entre los que están la inseminación artificial intracervical o tradicional la cual consiste en deposita la dosis de semen en el interior de la parte posterior del canal cervical, con una profundidad de 15 cm en el cuello uterino, con la ayuda de un catéter que logra acoplarse a los pliegues del cuello del útero (Levis *et al.*, 2001), esto se puede observar en la Figura 1.

En la actualidad se conoce que en la inseminación intracervical, el 90% del semen se llega a perder en el camino hacia el istmo del oviducto de la cerda. Esto debido a que en la primera barrera que es el cérvix se pierde el 40% del semen por el reflujo, la otra barrera es el ambiente uterino, en el cual se da una respuesta inmunitaria, que trae como consecuencia que se pierde el 50% de dosis seminal. Esta pérdida del 90% da como resultado que de los 3000 millones de espermatozoides que lleva la dosis, solo alrededor de 300 mil espermatozoides logran llegar al reservorio de semen en el istmo oviductual (Steверink *et al.*, 1998; Eriksson *et al.*, 2002).

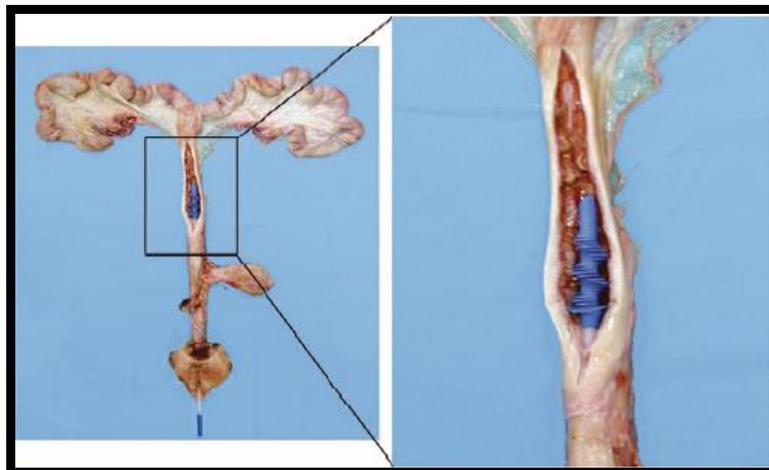


Figura 1. Inseminación artificial intracervical o convencional tomado de Roca *et al.* (2006).

Otro método de inseminación artificial es el intrauterino, este permite disminuir la cantidad de espermatozoides por dosis de inseminación, esto debido a que el semen es depositado en el útero y no en el cuello del útero como si la hace la inseminación convencional, esto se puede lograr sin que se vean afectados los parámetros reproductivos, dando como resultado que se logre aumentar la eficiencia del verraco. Este es un procedimiento que ocasiona que se rompa la barrera física que es el cérvix, por lo que el personal que realice el proceso debe de estar capacitado, el equipo y la inseminación en si deben de ser lo más asépticos posibles, para evitar que se agrave o se

genere una lesión cervical o uterina (Belstra, 2002), este proceso se puede observar en la Figura 2.

Algunos estudios hechos por Dallanora *et al.* (2004) logran comparar la inseminación artificial intrauterina (1.5×10^9 espermatozoides) con inseminación artificial convencional o intracervical (3×10^9 espermatozoides) en granjas comerciales localizadas al centro-Oeste de Brasil no se lograron encontrar diferencias ($p > 0.05$) en las variables de tasa de retorno al estro, preñez, parto, parto ajustada y en el número de lechones nacidos.

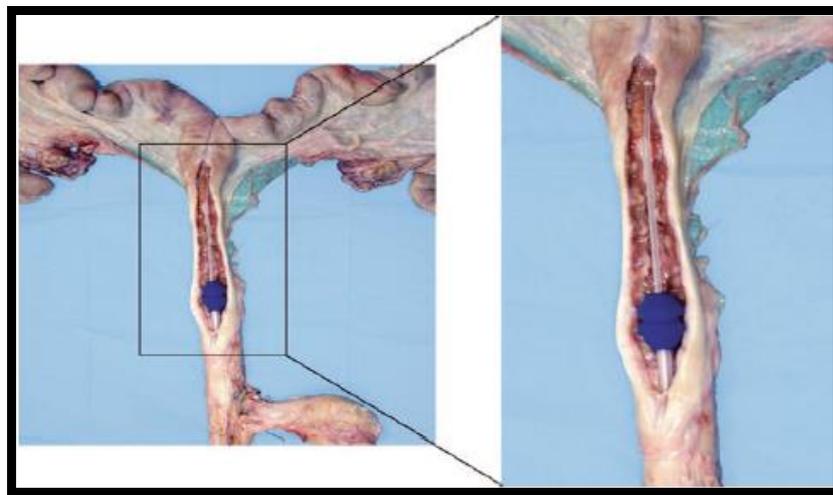


Figura 2. Inseminación Artificial Intrauterina tomado de Roca *et al.* (2006).

La inseminación artificial intrauterina profunda es un procedimiento que se realiza mediante la ayuda de un catéter el cual deposita la dosis espermática en la profundidad del cuerno uterino, de una forma rápida y sencilla (se puede observar en la Figura 3). Cabe mencionar que estudios realizados en los que se logra comparar este tipo de inseminación con la inseminación tradicional, señalan que con este método se pueden disminuir hasta 20 veces el número de espermatozoides/dosis y el volumen de la misma, eso sin que se llegue a afectar la fertilidad del parto y el tamaño de la camada (Martínez *et al.*, 2002).

El primer proceso realizado mediante la inseminación artificial intrauterina profunda en una cerda fue elaborado y planteado por los investigadores de la

Universidad de Murcia, para realizar el procedimiento tuvieron que pasar por los obstáculos del aparato reproductor de la cerda, estos son la rigidez de los pliegues cervicales y la longitud y la disposición en curva de los cuernos uterinos (Martínez *et al.*, 2001).

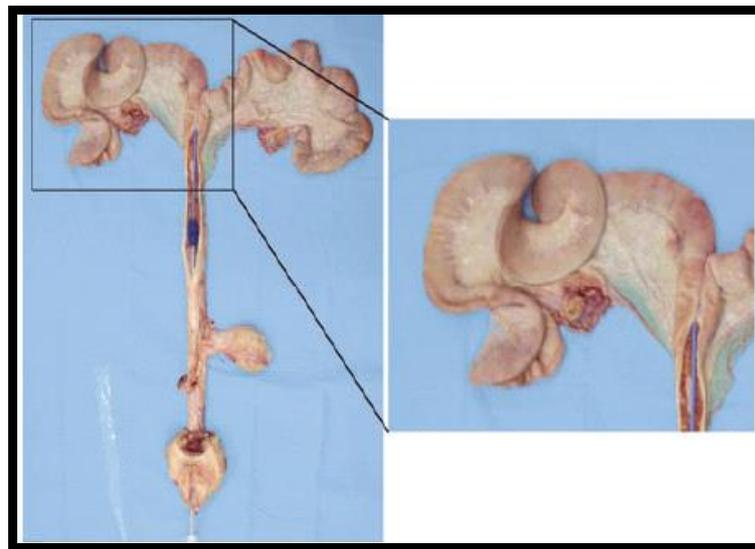


Figura 3. Inseminación Artificial Intrauterina profunda. Tomado de Roca *et al.* 2006.

1.5 CONCLUSIÓN

Con base a la revisión de literatura efectuada, la Inseminación Artificial porcina es una práctica que está siendo implementada en gran medida en la industria porcina. Esto se ve reflejado en el gran número de estudios realizados en este tema.

1.6 RECOMENDACIÓN

Realizar estudios que no solo contemplen la inseminación intracervical y la intrauterina sino la intrauterina profunda, con el fin de optimizar los recursos económicos en las granjas porcinas.

1.7 LITERATURA CITADA

- Althouse, G.C., Kuster, C.E., Clark, S.G., Weisiger, R.M. 2000. Field investigations of bacterial contaminants and their effects on extended porcine semen. *Theriogenology*. 53(5):1167-1176.
- Althouse, G.C., Lu, K.G. 2005. Bacteriospermia in extended porcine semen. *Theriogenology*. 51(2):573-584.
- Andersson, H. 2000. Photoperiodism in Pigs (en línea). Tesis Doc. Veterinaria. Uppsala-Suecia. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. 46 h. Consultado 25 jul. 2014. Disponible en <http://pub.epsilon.slu.se/22/1/veterinaria90.pdf>
- Barb, C.R., Estienne, M.J., Kraeling, R.R., Marple, D.N., Rampacek, G.B., Rahe, C.H., Sartin, J.L. 1991. Endocrine changes in sows exposed to elevated ambient temperature during lactation. *Domestic Animal Endocrinology*. 8(1):117-127.
- Belstra, B.A. 2002. Review: Intrauterine (transcervical) and fixed-time artificial insemination in swine (en línea). North Carolina State University. Consultado 28 sep. 2014. Disponible en http://www.ncsu.edu/project/swine_extension/swiner eports/2002/belstra3.htm
- Bonet, S., Briz, M., Fradera, A. 1993. Ultrastructural abnormalities of boar spermatozoa. *Theriogenology*. 40(2): 383-396.
- Caravaca, R.F.P., Castel, G.J.M., Guzmán, G.J.L., Delgado, P.M., Mena, G.Y., Alcalde, A.M.M., González, R.P. 2005. Bases de la producción animal. España: Universidad de Sevilla. 512 p.
- Chinchilla, M., Chi, H., Carrillo, W. 1998. Producción Semi-intensiva de cerdos y uso de desechos para generar energía. Son José, CR: IICA. 27 p.
- Colenbrander, B., Feitsma, H., Grooten, H.J. 1993. Optimizing semen production for artificial insemination in swine. *Journal of reproduction and fertility Supplement*. 48:207-215.
- Colenbrander, B., Gadella, B.M., Stout, T.A. 2003. The predictive value of semen analysis in the evaluation of stallion fertility. *Reproduction in Domestic Animals*. 38(4): 305-311.

- Cosgrove, J.R., Foxcroft, G.R- 1996 Nutrition and reproduction in the pig: Ovarian etiology. *Animal Reproduction Science*. 42(1-4): 131-141.
- Dallanora, D., Mezalira, A., Katzer, L.H., Bernardi, M.L., Bortolozzo, F.D., Wentz, I. 2004. Desempenho reprodutivo de fêmeas suínas inseminadas pela técnica intra-uterina ou tradicional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 39(8): 815-819.
- Didion, B.A. 2008. Computer-assisted semen analysis and its utility for profiling boar semen samples. *Theriogenology*. 70(8):1374–1376.
- Dourmad, J.Y., Etienne, M., Prunier, A., Noblet, J. 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review. *Livestock Production Science*. 40(2):87-97.
- Elder, K., Baker, D., Ribes, J. 2004. *Infections, Infertility, and Assisted Reproduction*. USA: Cambridge University Press. 392 p.
- Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A.M., Andersson, K. 2007. Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Science*. 106(1):76-86.
- Eriksson, B.M., Petersson, H., Rodríguez-Martínez, H. 2002. Field fertility with exported boar semen frozen in the new flat pack container. *Theriogenology* 58(6): 1065-1079.
- Everaert, N., Vanderhaeghe, C., Mateusen, B., Dewulf, J., Van Soom, A., de Kruijff, A., Maes, D. 2007. Effects of post-weaning altrenogest treatment in primiparous sows. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 76(4):293-299.
- Feitsma, H., Broekhuijse, M.L., Gadella, B.M. 2011. Do CASA systems satisfy consumers demands? A critical analysis. *Reproduction in Domestic Animals*. 46(2):49–51.
- Flowers, W.L., Alhusen, H.D. 1992. Reproductive performance and estimates of labor requirements associated with combinations of artificial insemination and natural service in swine. *Journal of Animal Science*. 70(3):615-621.
- Foote, R.H. 2002. The history of artificial insemination: selected notes and notables. *American Society of Animal Science*. 80(2): 1-10.
- Foxcroft, G.R., Dyck, M.K., Ruiz-Sanchez, A., Novak, S; Dixon, W.T. 2008. Identifying useable semen. *Theriogenology*. 70(8): 1324-1336.

- Frangez, R., Gider, T., Kosec, M., 2005. Frequency of boar ejaculate collection and its influence on semen quality, pregnancy rate and litter size. *Acta Veterinaria Brno*. 74: 265–273.
- Fraser, L., Gorszczaruk, K., Strzeżek, J. 2001. Relationship between motility and membrane integrity of boar spermatozoa in media varying in osmolality. *Reproduction in Domestic Animals*. 36(6): 325-329.
- Gadea, J. 2003. Los diluyentes de inseminación artificial porcina. Revisión (en línea). España. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Consultado 14 nov. 2013. Disponible en [http://www.agrodigital.com/upload/gadea%20s jar2003-espa%C3%B1ol.pdf](http://www.agrodigital.com/upload/gadea%20s%20jar2003-espa%C3%B1ol.pdf)
- Gerrits, R.J., Lunney, J.K., Johnson, L.A., Pursel, V.G., Kraeling, R.R., Rohrer, G.A., Dobrinsky, J.R. 2005. Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology*. 63(2):283–299.
- Gilmore, J.A., Du, J., Tao, J., Peter, A.T., Critser, J.K. 1996. Osmotic properties of boar spermatozoa and their relevance to cryopreservation. *Journal of Reproduction and Fertility*. 107:87- 95.
- Hacker, R.R., Du, Z., D'arcy, C.J. 1994. Influence of penning type and feeding level on sexual behavior and feet and leg soundness in boars. *Journal of Animal Science*. 72(10): 2531-2537.
- Hafez, E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. McGraw-Hill Interamericana. 6 ed. Trad. Roberto Palacios Martínez. México. D.F México. 542.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., Winfield, C.G. 1986b. Effects of social environment on welfare status and sexual behaviour of female pigs. II. Effects of space allowance. *Applied Animal Behaviour Science*. 16(3): 259-267.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C. 1986a. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Applied Animal Behaviour Science*. 15(4): 303-314.
- Hernández, C.I., Izquierdo, R.M.J., Matás, C., Carvajal, J.A., Vieira, L., Abril, D., Soriano, U.C., García, V.F.A. 2012. Reproductive performance and

- backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Animal Reproduction Science*. 136(1-2): 14–22.
- Jankeviciute, N., Zilinskas, H. 2002. Influence of some factors on semen quality of different breeds of boars. *Veterinarija ir Zootechnika* 19(41): 15-19.
- Johnson, L.A., Weitze, K.F., Fiser, P., Maxwell, W.M. 2000. Storage of boar semen. *Animal Reproduction Science*. 62(1-3): 143–172.
- Jones, A.R., Connor, D.E. 2000 Fructose metabolism by mature boar spermatozoa. *Reproduction and Fertility Development*. 12(7-8): 355-359.
- Kamp, G., Busselmann, G., Jones, N., Wiesnier, B., Lauterwein, J. 2003. Energy metabolism and intracellular pH in boar spermatozoa. *Reproduction*. 126(4): 517-525.
- Knecht, D., Środoń, S., Szulc, K., Duziński, K. 2013. The effect of photoperiod on selected parameters of boar semen. *Livestock Science*. 157(1): 364-371.
- Knox, R.V. 2016. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*. 85(1): 83-93.
- Knox, R.V., Rodriguez Zas, S.L., Slotter, N.L., McNamara, K.A., Gall, T.J., Levis, D.G., Safranski, T.J., Singleton, W.L. 2013. An analysis of survey data by size of the breeding herd for the reproductive management practices of North American sow farms. *Journal of Animal Science*. 91(1): 433-445.
- Kunavongkrit, A., Suriyasomboon, A., Lundeheim, N., Heard, T.W., Einarsson, S. 2005. Management and sperm production of boars under differing environmental conditions. *Theriogenology* 63(2): 657–667.
- Levis, D.G., 2000. Liquid boar semen production: current extender technology and where do we go from here. *International Conference on Boar Semen Preservation*. pp 121-128.
- Levis, D.G., Burroughs, S., Williams, S. 2001. Use of intra-uterine insemination of pigs: pros, cons and economics. *Proceedings of the American Association of Swine Veterinarians*. pp 39-62.
- Louis, G.F., Lewis, A.J, Weldon, W.C., Miller, P.S., Kittok, R.J., Stroup, W.W. 1994a. The effect of protein intake on boar libido, semen characteristics,

and plasma hormone concentrations. *Journal of Animal Science*. 72(8): 2038-2050.

Louis, G.F., Lewis, A.J., Weldon, W.C., Ermer, P.M., Miller, P.S., Kittok, R.J., Stroup, W.W. 1994b. The effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *Journal of Animal Science*. 72(8): 2051-2060.

Maes, D., López, R.A., Rijsselaere, T., Vyt, P., Van Soom, A. 2011. Artificial insemination in pigs. M. Manafi (Ed.), *Artificial insemination in farm animals*, Rijeka, Croatia: InTech. pp 79-94.

Maes, D., Nauwynck, H., Rijsselaere, T., Mateusen, B., Vyt, P., de Kruif, A., Van Soom, A. 2008. Diseases in swine transmitted by artificial insemination: an overview. *Theriogenology*. 70(8):1337–1345.

Marín, S., Chiang, K., Bassilian, S., Lee, Wai-Nang.P., Boros, L.G., Fernández, N.J.M., Centelles, J.J., Medrano, A., Rodríguez, G.J.E., Cascante, M. 2003. Metabolic strategy of boar spermatozoa revealed a metabolic characterization. *FEBS Letters*. 554(3): 342- 346.

Martinat-Botte, F., Bariteau, F., Forgerit, Y., Macar; C., Moreau, A., Terqui, M., 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.

Martinat-Botte, F., Bariteau, F., Forgerit, Y., Macar; C., Moreau, A., Terqui, M. 1995. Synchronization of oestrus in gilts with altrenogest: effects on ovulation rate and foetal survival. *Animal Reproduction Science*. 39(4):267-274.

Martinez, E., Vazquez, J.M., Matas, C., Roca, J., Coy, P., Gadea, J. 1993. Evaluation of boar spermatozoa penetrating capacity using pig oocytes at the germinal vesicle stage. *Theriogenology*. 40(3): 547-557.

Martínez, E.A., Vazquez, J, M., Roca, J., Lucas, X., Gil, M.A., Parrilla, I., Vazquez, J.L., Day, B.N. 2002. Minimum number of spermatozoa required for normal fertility after deep intrauterine insemination in non-sedated sows. *Reproduction*. 123(1): 163-170.

Martinez, E.A., Vazquez, J.M., Roca, J., Lucas, X., Gil, M.A., Parrilla, I., Vazquez, J.L., Day, B.N. 2001. Successful non-surgical Deep intrauterine

insemination with small numbers of spermatozoa in sows. *Reproduction*. 122(2): 289-296.

Monge, J.D. 2005. *Producción Porcina*. San José, CR: EUNED. 392 p.

Muça, G. 2011. Niveles de cortisol en saliva de cerdas reproductoras durante el destete, el estro y la inseminación y su relación con la fertilidad. Tesis Msc. Interuniversitario en Mejora Genética Animal y Biotecnología de la Reproducción. Murcia-España. Universidad de Murcia.

Mukai, C., Okuno, M. 2004. Glycolysis plays a major role for adenosine triphosphate supplementation in mouse sperm flagellar movement. *Biological Reproduction*. 71(2): 540-547.

Nelssen, J.L., Davis, D.L., Craig, J.V., Hines, R.H. 1982. Reproductive development in young boars exposed to sexually mature, nonpregnant sows and gilts. *Theriogenology*. 17(5): 545-550.

Newth, M.S., Levis, D.G. 1999. Change in pH boar semen extenders. *Nebraska Swine Report*. Lincoln. pp 3-6.

Padilla, P.M. 2007. *Manual de porcicultura*. Manual. MAG-San José, Costa Rica.

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. *Journal of Animal Science*. 86(8):1996-2004.

Pérez, M.V. 2005. *Ganado menor: Crianza de cerdos (en línea)*. La Paz, Bolivia. CIPC. 54 p. Consultado el 22 ene 2016. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=hGsLZShb-FsC&pg=PA11&dq=sistemas+reproductivos+porcinos+intensivos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=sistemas%20reproductivos%20porcinos%20intensivos&f=false

Rath, D. 2002. Low dose insemination in the sow - a review. *Reproduction of Domestic Animals*. 37(4):201-205.

Rigau, T., Piedrafita, J., Reverter, J., Canal, M., Rodríguez-Gil, J.E. 1996. The rate of L-lactate production: a feasible parameter for the fresh diluted boar semen quality analysis. *Animal Reproduction Science*. 43(2-3):161-172.

- Roca, J., Vázquez, J.M., Gil, M.A., Cuello, C., Parrilla, I., Martínez, E.A. 2006. Challenges in Pig Artificial Insemination. *Reproduction of Domestic Animals*. 41(2): 43-53.
- Rodríguez-Gil, J.E; Rigau, T. 1995. Effects of slight agitation on the quality of refrigerated boar sperm. *Animal Reproduction Science*. 39(2):141-146.
- Rothschild, F.M. 1996. Genetics and reproduction in the pig. *Animal Reproduction Science*. 42(1-4):143-151.
- Ruíz-Sánchez, A.L., O'Donoghue, R., Novak, S., Dyck, M.K., Cosgrove, J.R., Dixon, W.T., Foxcroft, G.R. 2006. The predictive value of routine semen evaluation and IVF technology for determining relative boar fertility. *Theriogenology*. 66(4): 736-748.
- Sánchez, A. K. W. 2007. Evaluación de la inseminación artificial intra cervical y pos cervical con semen fresco en cerdas de la empresa GRANPORSAS.A. Bucay, Ecuador. Tesis. Lic. Ingeniería en Agronomía. Honduras. Zamorano.
- Schoenherr, W.D., Stahly, T.S., Cromwell G.L. 1989. The effects of dietary fat or fiber addition on yield and composition of milk from sows housed in a warm or hot environment. *Journal of Animal Science*. 67(2):482-495.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria); Sector Agropecuario; FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006. Estudio de Competitividad de la Porcicultura en Costa Rica con la Metodología de la Matriz de Análisis De Política (MAP) (en línea). Consultado 27 sep. 2013. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/prog-nac-cerdos-map.pdf>
- Sepúlveda, L., Bussalleu, E., Yeste, M., Bonet, S. 2014. Effects of different concentrations of *Pseudomonas aeruginosa* on boar sperm quality. *Animal Reproduction Science*. 150(3-4): 96-106.
- Smital, J. 2007. Effects influencing boar semen. *Animal Reproduction Science* 110(3-4): 335-346.
- Soede, N.M., Helmond, F.A., Schouten, W.G., Kemp, B. 1997. Oestrus, ovulation and peri-ovulatory hormone profiles in tethered and loose-housed sows. *Animal Reproduction Science*. 46(1-2): 133-148.

- Soede, N.M., Kemp, B. 1997. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *Journal of reproduction and fertility Supplement* .52:91-103.
- Steverink, D.W., Soede, N.M., Bouwman, E.G., Kemp, B. 1998. Semen backflow after insemination and its effect on fertilisation results in sows. *Animal Reproduction Science*. 54(2): 109-119.
- Tast, A., Hälli, O., Ahlström, S., Andersson, H., Love, R.J., Peltoniemi, O.A. 2001. Seasonal alterations in circadian melatonin rhythms of the European wild boar and domestic gilt. *Journal of Pineal Research*. 30(1): 43-49.
- TOPIGS. 2010. TOPIGS 40 (en línea). Consultado 5 nov. 2013. Disponible en <http://www.topigs.com>
- Trudeau, V.L., Sanford, L.M. 1990. Influence of season and social environment on the reproductive-endocrine status of the adult landrace boar. *Journal of Animal Science*. 70: 121 - 128.
- Van Leeuwen, J.J., Williams, S.I., Martens, M.R., Jourquin, J., Driancourt, M.A., Kemp, B., Soede, N.M. 2011. The effect of different postweaning altrenogest treatments of primiparous sows on follicular development, pregnancy rates, and litter sizes. *Journal of Animal Science*. 89(2): 397-403.
- White, I.G. 1993. Lipids and calcium uptake of sperm in relation to cold shock and preservation: a review. *Reproductive and Fertility Development*. 5(6):639-658.
- Williams, S. 2010. Inseminación artificial post cervical (en línea). Consultado 13 nov. 2013. Disponible en: <http://66.147.240.151/~porcicul/articulos/?seccion=ver&categoria=ia&nda=iar020>
- Yeste, M., Barrera, X., Coll, D., Bonet, S. 2011. The effects on boar sperm quality of dietary supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids differ among porcine breeds. *Theriogenology*. 76(1): 184-196.
- Yeste, M., Estrada, E., Pinart, E., Bonet, S., Miró, J; Rodríguez-Gil, J.E. 2014. The improving effect of reduced glutathione on boar sperm cryotolerance is related with the intrinsic ejaculate freezability. *Cryobiology*. 68(2):251–261.

CAPÍTULO 2

Evaluación de los métodos de inseminación artificial intracervical e intrauterina, sobre parámetros productivos y reproductivos en cerdas primíparas y multíparas en condiciones tropicales

2.1 ABSTRACT

We have evaluated the effect of two types of probes (intracervical and intrauterine) on productive and reproductive variables in sows both primiparous and multiparous. We found that the probe does not have an effect on the number of piglets born alive, total number of piglets born, the weight of the litter at birth, the weights of piglets at birth, the number of piglets weaned, nor the weights of the piglets at the time of weaning. Regarding the variables of the number of piglets born mummified, the weight of the litter at the time of weaning, and the number of stillborn piglets, we found a tendency towards an increase of the number of mummified piglets born to sows inseminated with the intrauterine probe ($F=3.57$; $p=0.0815$). Additionally, inseminating the nulliparous sows with the intracervical probe increased the weight of the litter at the time of weaning ($f=4.25$; $p=0.0597$) and the use of the intrauterine probe increased the number of stillborn piglets ($F=3.44$; $p=0.0864$). The variables in which we observed significant differences were the number of stillborn piglets ($F=16.95$; $p=0.0013$), the total number of piglets born ($F=4.93$; $p=0.0449$), and the weight of the litter at the time of weaning ($F=18.94$; $p=0.0008$), producing a greater number of stillborn and total piglets in the multiparous sows, as well as heavier litters in primiparous sows. Regarding the reproductive variables, it was observed that a lower percentage of primiparous sows became pregnant from the intracervical probe (60% pregnant) in comparison to the multiparous sows inseminated with both probes and with primiparous sows inseminated with the intrauterine probe (100% pregnant). We also found a higher percentage of sows were impregnated when they were inseminated with the intrauterine probe in comparison to those inseminated with the intracervical probe (94.4% and 87.5% pregnant, respectively).

KEYWORDS: Sow, artificial insemination, intracervical, post cervical, intrauterine.

2.2 RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos diferentes tipos de sonda (intracervical e intrauterina), en cerdas primíparas y multíparas, tanto en variables productivas y reproductivas. Las variables evaluadas fueron: número de lechones nacidos vivos, nacidos totales, el peso de la camada al nacimiento, el peso del lechón al nacimiento, el número de lechones destetados y el peso del lechón al destete. Se obtuvo que el tipo de sonda no genera efecto en ninguna de estas variables. Para el número de lechones nacidos en condición de momias, el peso de la camada al destete y el número de lechones nacidos muertos se generaron tendencias en donde al inseminar las cerdas con la sonda intrauterina aumentó el número de momias al parto ($F=4.23$; $p=0.0587$). Por otra parte, al inseminar con la sonda intracervical a las cerdas primíparas se eleva el peso de la camada al destete ($F=3.57$; $p=0.0815$) y con el uso de la sonda intrauterina se eleva el número de lechones nacidos muertos ($F=3.44$; $p=0.0864$). En las variables que se presentaron diferencias significativas fueron el número de lechones nacidos muertos ($F=16.95$; $p=0.0013$), el número de lechones nacidos totales ($F=4.93$; $p=0.0449$) y el peso de la camada al destete ($F=18.94$; $p=0.0008$), generando un mayor número de lechones nacidos muertos y totales en la cerdas multíparas, así como camadas más pesadas en cerdas de primer parto. En cuanto a las variables reproductivas se observó que las cerdas primíparas presentaron el menor porcentaje de preñez al inseminarse con la sonda intracervical (60% de preñez), en comparación con las multíparas inseminadas con ambas sondas y primíparas inseminadas con la sonda intrauterina (100% de preñez), así mismo se encontró un porcentaje de preñez superior en las hembras que fueron inseminadas con la sonda intrauterina en comparación a las inseminadas por el método intracervical (94.4 y 87.5 de preñez respectivamente).

PALABRAS CLAVES: Cerda, inseminación artificial, intracervical, postcervical, intrauterina.

2.3 INTRODUCCIÓN

La inseminación artificial se ha convertido en una de las prácticas de manejo de ganado porcino más valiosas en los últimos años, logrando un crecimiento exponencial de esta tecnología a nivel mundial; ocasionando la disminución de la práctica de monta natural, el empleo de la monta artificial presenta ventajas tales como, la reducción del número de verracos en la granja, mayor avance en el mejoramiento genético en la piara, porcentajes de fertilidad iguales o superiores a los obtenidos por la monta natural, un mejor control de la calidad de semen y control sanitario (Hafez, 1996). La inseminación artificial es un proceso que ocasiona muy pocas desventajas si se realiza de una manera adecuada, para evitar esto se debe de contar con un personal e instalaciones adecuadas, para facilitar la detección del estro y la realización de la inseminación en sí (Knox, 2016).

El procedimiento de inseminación artificial se puede implementar por medio de diferentes técnicas entre estas la inseminación artificial intracervical, intrauterina, intrauterina profunda y laparoscópica (procedimiento quirúrgico); en la inseminación artificial intracervical se utiliza un catéter que logra acoplarse a los pliegues del cuello del útero y por gravedad se logra depositar el líquido seminal (Levis *et al.*, 2001). Por otra parte la inseminación intrauterina es una técnica que se basa en la deposición de líquido seminal en el cuello uterino craneal o en el extremo proximal de los cuernos uterinos, esto a través del catéter trans-cervical, este tipo de inseminación trae como consecuencia la introducción del catéter a través de los pliegues de la mucosa del cuello uterino, ocasionando que se pueda lastimar a la cerda mientras se realiza la inseminación (Watson y Behan, 2002). Al utilizar este tipo de inseminación logramos reducir el número de espermatozoides por dosis, sin llegar a afectar la tasa de parición o el tamaño de las camadas, pero debido a que este procedimiento es más invasivo para la cerda, puede traer como consecuencia un aumento en la posibilidad de producir o agravar una lesión cervical o uterina existente, se puede presentar un infección uterina, por lo que es complicado el uso de la sonda intrauterina en cerdas de primer parto (Belstra, 2002).

En la actualidad en las granjas porcinas se busca maximizar la productividad de la cerda, esto mediante el aumento del número de lechones nacidos vivos por cerda (Quesnel *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2008). Al aumentar el tamaño de la camada por cerda, se ve afectada supervivencia de los lechones hasta el destete y la ganancia de peso diaria por lechón hasta el mismo (Damgaard *et al.*, 2003; Milligan *et al.*, 2002). Al existir una gran variación tanto en el tamaño como en el peso entre los lechones, los más pequeños son excluidos de los pezones de mayor producción, estos contienen una mayor fracción de hormonas y nutrientes, por lo que los animales se ven afectados en su desarrollo (Grandinson *et al.*, 2005).

Se ha determinado que la producción de la cerda en etapa reproductiva, es afectada por el año o época de parto y por el número de parto, ocasionando un efecto en la producción, fertilidad, tamaño y peso de la camada al nacer y al destete. El número de parto, en el que se encuentre la cerda, afecta el tamaño de la camada al nacer, número de lechones nacidos vivos y peso promedio de los lechones al destete; las cerdas que se encuentran en primero y segundo parto tienden a tener camadas con pesos menores que las que están en tercer y cuarto parto (Gómez *et al.*, 1999).

La presente investigación tiene como objetivos fundamentales evaluar el efecto del protocolo de inseminación artificial sobre los parámetros reproductivos en cerdas y evaluar el efecto del protocolo de inseminación artificial sobre parámetros productivos en cerdas primíparas y multíparas.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la finca la Esmeralda, localizada en el distrito de Florencia, cantón San Carlos, provincia Alajuela; localizada a 10°22' 42" latitud norte, 84°30' 36" latitud oeste la cual es propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica, está a una altitud de 160 msmm. La región se caracteriza por presentar un clima de trópico húmedo con una precipitación promedio de 3200 mm anuales, con temperaturas mínimas de 22°C y máximas de 31°C. Con una humedad relativa promedio de 87% que va desde un 95% máxima y 78% mínima (Estación Meteorológica 069476 Santa Clara, 2015). La investigación se elaboró dentro del proyecto de investigación "Evaluación de dos métodos de Inseminación Artificial en condiciones Tropicales", el cual es ejecutado por la Lic. Mónica Madrigal Valverde.

2.4.2 Descripción de la población

La porqueriza donde se realizó el proyecto de investigación está dedicada a la venta de lechones al destete, en el momento del estudio contaba con 18 cerdas de la línea genética Topigs 40, tres cerdas de razas puras (dos cerdas Yorkshire y una Landrace), dos cerdas híbridas (cruzamiento de hembras Topigs 40 con cerdo línea genética Tybor) y cinco cerdas de remplazo (cruce de Yorkshire y Landrace), para un total de 27 cerdas, también cuenta con dos verracos: uno de la línea genética Tempo de la casa comercial Topigs, y un Duroc.

2.4.3 Descripción de la unidad experimental

Se utilizaron 10 cerdas de la línea Topigs 40 nulíparas y 8 cerdas Topigs 40 múltíparas, las cuales se usan para cruzamiento terminal, así como un verraco de la línea genética Tempo el cual estaba previamente entrenado para realizar las extracciones seminales.

Las cerdas nulíparas empleadas fueron sincronizadas con la aplicación del sincronizador REGUMATE®, y mediante aleatorización del método correspondiente se seleccionó el tipo de inseminación ya fuera intracervical o intrauterina. Después del destete se sometieron a una nueva sincronización para ser inseminadas nuevamente, el tipo de sonda a emplear fue seleccionado al azar para cada cerda. Por otra parte las cerdas multíparas fueron inseminadas al primer celo post destete, la selección del tipo de IA se realizó mediante la aleatorización del método correspondiente. El semen que se empleó para todas las inseminaciones procedió del verraco Tempo, perteneciente a la granja. En todos los casos se utilizó una técnica estandarizada para la colección e inseminación de las hembras. El inicio de la recolección de datos fue desde el 20 de marzo del 2015, finalizando el 2 de enero del 2016.

2.4.4 Proceso de recolección de semen

Con una detección de celo positiva en las cerdas incluidas en el proyecto, se procedió a realizar la extracción seminal, en el corral de la granja debidamente equipado para este fin.

Cada eyaculado se recolectó mediante el método manual utilizando la técnica del doble guante, que consiste en la colocación de dos guantes, primeramente se colocó el guante espermático o de vinil seguido del guante higienizador. El verraco monta el maniquí y el pene del animal se sujeta con fuerza simulando la presión que ejerce el cérvix de la cerda. Se recolectaron las tres fracciones del eyaculado (pre, rica y post-espermática), y para la recolección del mismo se utilizó un termo colector de semen, el cual contenía una bolsa especial para la recolección con filtro (US BAG Minitube) (Figura 4).



Figura 4. Verraco mondado en maniquí y recolección del eyaculado.

Al concluir con la recolección del eyaculado se le realizó un análisis macroscópico el cual consistió en determinar el volumen, aspecto y la potencial presencia de algún contaminante como orina, pus o sangre. Posterior a esto se realizó la determinación de la concentración espermática, calidad de movimiento de los espermatozoides, mediante el uso de diferentes equipos.

2.4.5 Preparación del diluyente

Para la preparación de un litro de diluyente se colocó en un baño maría el cual se encontraba a una temperatura de 37°C, un Erlenmeyer debidamente lavado, con 1000 ml de agua destilada, posteriormente el diluyente BTS se añadió al agua destilada que se encontraba a 37°C, procurando homogenizar la mezcla y manteniéndola a la misma temperatura. Cabe mencionar que cuando se debió preparar las dosis para los dos bloques de cerdas nulíparas (cinco cerdas por bloque), se utilizó un Erlenmeyer de 2000 ml con agua destilada y dos sobres de BTS, en el Cuadro 1 se observa la composición del mismo.

Cuadro 1. Composición del diluyente BTS, según Pursel y Johnson (1975).

Ingredientes	BTS
Sustrato energético	
Glucosa (anhidra), g/l	37
Glucosa (monohidrato). g/l	-
Sistema tampón	
Citrato sódico, g/l	6
Bicarbonato sódico, g/l	1.25
EDTA (disodio), g/l	1.25
Cloruro de potasio, g/l	0.75
Ácido cítrico	-
Tris buffer (base), g/l	-
HEPES, G/L	-
pH	7.2

2.4.6 Determinación de la concentración espermática

La concentración espermática de las muestras fue determinada por tres equipos, dos de ellos localizados en el laboratorio de la granja porcícola, donde se realizó una medición en el Spectrophotometer (fotómetro) con semen sin diluir y con el Spermiodencimetro Karras con una disolución 1+9. Se tomó una parte del eyaculado y se realizó una dilución 1+1 (vol/vol), la cual se llevó al laboratorio de Biotecnología en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede San Carlos para analizarlo con el equipo ISAS y determinar que tuviera una motilidad por encima del 90% y un porcentaje de morfoanomalías no superior al 6%, la restante dilución se usó para elaborar las ampollas que fueron utilizadas para inseminar a las cerdas.

2.4.7 Determinación del número de dosis posibles

El número de dosis por eyaculado se determinó de acuerdo al tipo de sonda a emplear, para realizar IA con la sonda intracervical se requirieron 7000

millones de espermatozoides por ampolla y para la sonda intrauterina se necesitaron 4000 millones de espermatozoides por ampolla.

Mediante la siguiente formula se determinó cuántas ampollas se obtienen por eyaculado:

$$N = \frac{(V) * (E) * 0.9}{7000 \text{ ó } 4000}$$

Dónde:

- N= Número de dosis.
- V= Volumen del eyaculado.
- Espermatozoides (concentración espermática).
- 0.9: Motilidad.
- 7000 ó 4000: Dependiendo del tipo de inseminación a utilizar

Realizado el cálculo de la determinación del número de dosis, se procedió a mezclar el diluyente con el semen. Una vez obtenida la dilución requerida se colocó en ampollas de 100 ml y se guardó en la refrigeradora a 17°C.

2.4.8 Sincronización

La sincronización de las cerdas se realizó con el producto REGUMATE®, el cual tiene como base el ingrediente activo Altrenogest, este es un progestágeno sintético, programador y sincronizador del ciclo estral para el ganado porcino. El REGUMATE® se aplicó durante 18 días a la misma hora (1:20pm) en el alimento de la cerdas nulíparas aproximadamente 5 ml de tratamiento. Posterior al primer parto, se proporcionó una nueva dosis de sincronizador, posdesdete, durante 5 días.

2.4.9 Proceso de inseminación artificial (IA)

Tanto las cerdas nulíparas como multíparas fueron inseminadas después de presentar una confirmación de celo (reflejo de lordosis, secreciones de flujo notorias procedentes de la vulva, inflamación y enrojecimiento de la misma)

con semen fresco. El proceso de IA se realizó de acuerdo a los lineamientos establecidos en la granja (Figura 5).

Se realizaron tres inseminaciones artificiales por cerda, la primera a las 0 horas, la segunda a las 12 horas de la primera inseminación y la tercera a las 24 horas después de haber presentado señales de celo, estas inseminaciones fueron efectuadas durante el periodo de ovulación, el cual se da en el último tercio del celo con la liberación de los óvulos, estos tienen una supervivencia de 6-8 horas para que logren ser fecundados, al no lograr que la cerda quede preñada se generara la aparición de repeticiones cíclicas o repetición de celo a los 21 días después.



Figura 5. Inseminación artificial de acuerdo a los lineamientos de la granja.

2.4.10 Detección de preñez por medio de ecografía

Según los registros de reproducción, en el día 21 posterior a la inseminación artificial, se realizó la detección de la preñez con el ecógrafo (Minitube). Para la detección de preñez, se procedió a encender el equipo, se le colocó gel en la sonda la cual tiene un sensor que es capaz de transmitir la imagen en la pantalla del ecógrafo. Esta sonda se colocó a la altura de la región abdominal lateral y se inclinó dorsal-caudalmente, con el fin de encontrar la matriz. Una vez localizada la misma, se realizó un barrido general para encontrar las vesículas embrionarias, estas son detectadas en el día 21 se determina que la cerda está preñada, estas vesículas a este tiempo de

gestación son escasas y pequeñas, por lo que podemos encontrar entre 2 o 3 (Figura 6).



Figura 6. Vesículas observadas a los 21 días de gestación en cerdas.

2.4.11 Parto de cerdas

Cuando las cerdas se encontraban en labor de parto se atendió el mismo, realizando las labores de corta de rabo y descolmillada de los lechones. Posterior a esto se tomaron los datos de peso de los lechones, estos se colocaron todos juntos en un saco y se determinó el peso colectivo de la camada con el uso de una romana, también se contabilizó el número de lechones nacidos vivos, muertos, lechones en condición de momias y nacidos totales (suma de los lechones nacidos vivos y muertos).

2.4.12 Destete de lechones

En el momento que los lechones cumplieron 30 días de edad estaban listos para el destete, por lo que se evaluó el peso de la camada con una romana, para así determinar el promedio de peso por animal, también se determinó la cantidad de lechones destetados.

2.4.13 Análisis estadístico

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos generalizados, con arreglo factorial 2 x 2, que correspondió a dos tipos de sonda (intracervical e intrauterina) y dos efectos del factor parto (primípara y múltipara), para un total de cuatro tratamientos con cinco repeticiones por tratamiento en cerdas nulíparas y cuatro repeticiones en cerdas múltiparas, según el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_i \times B_j + e_{ijk}$$

Dónde:

y_{ij} = Observaciones correspondiente a la j-ésima factor parto que recibió el i-ésimo tipo de sonda.

μ = Media general.

A_i = Efecto del tipo de inseminación artificial (intracervical e intrauterina).

B_j = Efecto del factor parto (primípara y múltipara)

$A_i \times B_j$ = Interacción del tipo de inseminación artificial por efecto del factor parto.

e_{ij} = Error experimental.

Los datos se analizaron mediante la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos y de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, estas se determinaron con la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni. Todas las pruebas se realizaron con un nivel de confiabilidad del 95%, utilizando el software estadístico InfoStat/P versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014).

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Efecto de la sonda sobre las variables productivas

No se encontraron diferencias significativas en la combinación de los factores tipo de sonda*número de partos ($F=1.27$, $p=0.2797$) para la variable lechones nacidos vivos. De igual manera, los efectos fijos no presentaron diferencias significativas ($F=5.0E04$, $p=0.9824$, para tipo de sonda y $F=0.82$, $p=0.3817$, número de partos) (Anexo 1). Al determinar los promedios por camada de los lechones nacidos vivos se determinó que las hembras multíparas inseminadas con la sonda intrauterina, fueron las que presentaron camadas con un mayor número de lechones nacidos vivos, en comparación con las cerdas primíparas o de primer parto inseminadas con el mismo tipo de sonda, por otra parte caso contrario se dio en las hembras inseminadas con la sonda intracervical debido a que las cerdas primíparas presentaron un mayor número de lechones nacidos vivos en comparación con las multíparas (Cuadro 2).

Para la variable lechones nacidos muertos se determinó que no hay diferencias significativas en la combinación de los efectos fijos tipo de sonda*número de partos ($F= 0.75$, $p= 0.4022$), no obstante en el factor tipo de sonda se observa una tendencia ($F= 3.44$; $p=0.0864$), en la que al 90% de confiabilidad si habrían diferencias estadísticas (Anexo 1), sugiriendo que las hembras inseminadas con la sonda intrauterina tienden a tener más lechones nacidos muertos al nacimiento (Cuadro 2). No obstante, el efecto fijo número de parto sí influyó significativamente en la variable de respuesta lechones nacidos muertos ($F=16.59$; $p=0.0013$) (Anexo 1), determinando que mueren más lechones al nacimiento en la cerdas multíparas, ya que esta presenta valores estadísticos más altos (Cuadro 2). Por lo que hembras multíparas presentaron un mayor número de lechones nacidos muertos tanto para hembras inseminadas con la sonda intracervical como intrauterina, mientras que las cerdas de primer parto inseminadas con la sonda intracervical e intrauterina reportaron menos de un lechón nacido muerto por parto (Cuadro 2).

En la variable número de lechones nacidos en condición de momia por parto, los resultados indicaron que no hay diferencias significativas en la combinación de los factores tipo de sonda*número de partos ($F=0.68$, $p=0.4231$), ni en el factor número de partos ($F=0.59$, $p=0.4561$) (Anexo 1). No obstante para el efecto fijo tipo de sonda se observó una tendencia ($F=3.57$; $p=0.0815$), que sugiere que las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina presentaron un mayor número de momias por parto que aquellas inseminadas con la sonda intracervical (Cuadro 2). En el Cuadro 2 se observa además que las cerdas inseminadas con la sonda intracervical (primíparas y multíparas) no presentaron lechones en condición de momia al momento del parto, caso contrario a las cerdas de primer parto y multíparas inseminadas con la sonda intrauterina que reportaron 0.2 y 0.5 momias por parto, respectivamente.

Respecto al número de nacidos totales no se encontraron diferencias estadísticas en la combinación de los efectos fijos tipo de sonda*número de partos ($F=0.24$, $p=0.6346$), ni en el factor tipo de sonda ($F=1.00$, $p=0.3366$), mientras que en el factor número de parto sí se presentaron diferencias significativas ($F=4.93$; $p=0.0449$) (Anexo 1), determinando que las cerdas multíparas presentaron un mayor número de lechones nacidos totales que las hembras de primer parto (Cuadro 2). Por lo que las hembras multíparas presentaron un mayor número de lechones nacidos totales por parto, tanto en cerdas inseminadas con la sonda intracervical e intrauterina, por otra parte las cerdas de primer parto obtuvieron un menor número de lechones nacidos totales tanto para las inseminadas con la sonda intracervical como intrauterina (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos promedio de las variables productivas analizadas por parto en las cerdas primíparas y multíparas; inseminadas con las sondas intracervical (IC) e intrauterina (IU), así como los promedios globales por número de parto y tipo de sonda.

Variables productivas								
Factores		Lechones nacidos vivos	Lechones nacidos muertos	Lechones en condición de momia	Lechones nacidos totales	Peso camada al nacimiento (kg)	Lechones destetados	Peso camada al destete (kg)
Primíparas	IC	11.00±0.14 a	0.50±0.29 a	0.00±0.19 a	11.50±0.65 a	14.13±0.43 a	11.00±0.41 a	77.06±1.32 a
	IU	10.20±1.11 a	2.00±0.71 a	0.20±0.20 a	12.20±1.74 a	13.40±0.80 a	10.20±1.11 a	63.27±5.59 a
Multíparas	IC	10.50±1.11 a	2.50±0.65 a	0.00±0.19 a	13.00±1.41 a	14.38±1.64 a	10.50±1.44 a	63.45±6.14 a
	IU	12.00±0.82 a	3.00±0.58 a	0.50±0.19 a	15.00±1.29 a	16.25±1.45 a	11.00±0.41 a	67.38±1.76 a
Primíparas		10.60±0.59 a	1.25±0.38 a	0.10±0.12 a	11.85±0.93 a	13.76±0.45 a	10.60±0.59 a	70.17±2.87 b
Multíparas		11.25±0.83 a	2.75±0.43 b	0.25±0.13 a	14.00±0.96 b	15.31±1.09 a	10.75±0.75 a	65.41±3.19 a
Sonda IC		10.75±0.75 a	1.50±0.35 a	0.00±0.13 a	12.25±1.08 a	14.25±0.85 a	10.60±0.59 a	70.26±3.14 a
Sonda IU		11.10±0.69 a	2.50±0.46 a	0.35±0.12 a	13.60±0.78 a	14.83±0.83 a	10.75±0.75 a	65.32±2.93 a

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$), según la prueba de Bonferroni. Las letras se leen en sentido vertical, únicamente datos de cada grupo de análisis.

Las camadas de las cerdas multíparas inseminadas con sonda intrauterina presentaron un peso promedio al nacimiento más alto que aquellas inseminadas con la sonda intracervical y en conjunto son más altos que las hembras de primer parto en ambos tipos de sonda (Cuadro 2) de igual forma las cerdas multíparas tuvieron lechones más pesados al nacimiento en comparación con las de primer parto, no obstante la diferencia es poca (1.36 kg y 1.29 kg respectivamente), es importante anotar que no se obtuvieron diferencias significativas en la combinación de los factores tipo de sonda*número de partos ($F=1.21$, $p=0.2920$). De igual forma los efectos fijos no presentaron diferencias significativas ($F=0.17$, $p=0.6857$ para el factor tipo de sonda y $F=1.62$, $p=0.2255$ para el factor número de parto) (Anexo 1).

Los resultados para el número de lechones destetados sugieren que no hay diferencias estadísticas en la combinación de los efectos tipo de sonda*número de partos ($F=0.46$, $p=0.5085$), ni en los factores individuales ($F=0.10$, $p=0.7523$ para el factor tipo de sonda) ($F=0.01$, $p=0.9178$ para el factor número de parto) (Anexo 1). Por otra parte en el Cuadro 2 se pueden observar que las cerdas primíparas inseminadas con la sonda intracervical destetaron camadas con el mismo número de lechones que las multíparas inseminadas con la sonda intrauterina, mientras que las hembras primíparas inseminadas con la sonda intrauterina fueron las que presentaron el promedio más bajo, seguidas de las cerdas multíparas inseminadas con la sonda intracervical.

Las camadas de las cerdas primíparas inseminadas con sonda intracervical y las multíparas inseminadas con la sonda intrauterina presentaron pesos promedio de camadas al destete más altos, en comparación con las hembras primíparas y multíparas inseminadas con la sonda intrauterina e intracervical (Cuadro 2), en las cerdas de primer parto al momento del destete sus lechones eran más pesados en comparación con los de las hembras multíparas (6.60 kg y 6.08 kg). Con estos datos, se observó que en la combinación de los factores tipo de sonda*número de parto hay una tendencia ($F=4.25$; $p=0.0597$) (Anexo 1), que sugiere que las camadas de las cerdas

primíparas inseminadas con la sonda intracervical presentaron mayores pesos al destete (Cuadro 2); por otra parte en la en el efecto fijo número de parto se determinó que hay diferencias altamente significativas ($F=18.94$; $p=0.0008$) (Anexo 1), estas establecen que las hembras de primer parto, presentan mayores pesos de camada que las multíparas al destete (Cuadro 2). Por otra parte en el factor tipo de sonda, no se indicó que existieran diferencias significativas ($F= 1.89$; $p= 0.1921$) (Anexo 1).

2.5.2 Efecto de la sonda sobre las variables reproductivas

Para la variable reproductiva porcentaje de preñez en la primera IA, se determinó que las cerdas nulíparas inseminadas con la sonda intracervical presentaron un 60% de preñez y las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina se reportó un 100% de preñez, así mismo, las cerdas multíparas presentaron un 100% de preñez para ambas sondas. Por otra parte los resultado obtenidos por ambas inseminaciones, fue de un 87.5% de preñez para las cerdas inseminadas con la sonda intracervical y un 94.4% para las hembras inseminadas con la sonda intrauterina. Al realizar la inseminación con la sonda intrauterina en hembras nulíparas presentaron sangrado, esto se volvió a presentar en la segunda inseminación con ciertas hembras que pasaron de ser nulíparas a primerizas inseminadas con la sonda intrauterina.

2.6 DISCUSIÓN

En la presente investigación se buscó dar respuesta al efecto que genera el uso de dos diferentes tipos de sonda (intracervical e intrauterina), sobre variables productivas y reproductivas en cerdas nulíparas, primíparas y multíparas. Los resultados sugieren que el uso de uno u otro tipo de sonda no generan efecto sobre las variables productivas nacidos vivos, peso de la camada al nacimiento, nacidos totales y número de lechones destetados. Por otra parte, para las variables número de lechones en condición de momia por parto y nacidos muertos tienden a aumentar cuando se inseminan las cerdas con la sonda intrauterina, además de que las cerdas de primer parto inseminadas con la sonda intracervical destetaron camadas más pesadas en comparación con las cerdas multíparas inseminadas con la misma sonda, estos resultados se obtiene sin diferencias significativas a un nivel del 0.05 de confiabilidad.

El análisis estadístico determinó que en las variables donde se presentaron diferencias significativas fueron, número de lechones nacidos muertos, nacidos totales en las cuales las cerdas multíparas presentaron promedios mayores en comparación con las hembras de primer parto, mientras que en el peso de la camada al destete donde las cerdas primerizas fueron las que destetaron camadas más pesadas.

Para la variable lechones nacidos vivos, los resultados obtenidos por García *et al.* (2011), alcanzaron promedios de 8.3 lechones vivos para las cerdas de primer parto y 9.43 para las multíparas, valores inferiores a los obtenidos en este ensayo, aunque siguen la misma tendencia observada en otros estudios (Knol *et al.*, 2002; Le *et al.*, 2002; Gattford *et al.*, 2011), es decir, las cerdas de primer parto presentan un menor número de lechones nacidos vivos en comparación con las cerdas multíparas. Se puede suponer que en este estudio no se encontraron diferencias significativas para esta variables debido al uso del sincronizador utilizado en las cerdas nulíparas, ya que este ayuda a aumentar el tamaño de las camadas (Martinat-Botte *et al.*, 1990; Van

Leeuwen *et al.*, 2011) y mejorar la tasa embrionaria (Patterson *et al.*, 2008a). Por otra parte, el efecto que genera la sonda para esta variable coincide con lo obtenido por Llanes *et al.* (2007) y Sánchez (2007), concluyendo que el tipo de sonda no genera diferencias estadísticas en el número de lechones nacidos vivos.

Miranda (2012) evaluó los dos tipos de sonda, tanto en cerdas de primer parto como multíparas, y concluye que el tipo de sonda no influye en el número de lechones nacidos vivos independientemente de su condición de cerda primeriza o multípara, lo cual confirma los resultados obtenidos en este estudio.

Sin embargo, Rozeboom *et al.* (2003) obtiene que en cerdas multíparas inseminadas con estos dos tipos de sonda reportando promedios más bajos en hembras inseminadas con la sonda intrauterina (10.5 lechones nacidos vivos) que en aquellas donde se utilizó la sonda intracervical (10.7 lechones nacidos vivos), estos resultados no coinciden con los obtenidos en este estudio, puesto que el mayor número de lechones alcanzado fue en las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina.

Respecto al número de lechones nacidos muertos, se determinó la existencia de diferencias significativas, dando como resultado que las cerdas multíparas tienen un mayor número de lechones nacidos muertos, esto no coincide con lo reportado por García *et al.* (2011) y Llanes *et al.* (2007), en el cual las cerdas de primer parto, son las que presentan un mayor promedio de lechones nacidos muertos. Según Mota *et al.* (2008), a mayor duración del parto y edad en las hembras viejas, se facilita la mortalidad durante el mismo, esto puede explicar porque las cerdas multíparas de este estudio presentaron un mayor número de lechones nacido muertos, debido a que la mitad de la hembras evaluadas se encontraban en el sexto y octavo parto, García *et al.* (2011), en su investigación reporta que las hembras al estar en su sexto parto, son las que mayor número de lechones muertos tienen al nacimiento; Llanes *et al.* (2007) logra llegar a esta misma conclusión, al determinar que después del sexto parto el número de lechones nacidos muertos se incrementa.

El efecto de la sonda sobre los nacidos muertos, generó una tendencia en la cual el uso de la sonda intrauterina ocasionó un mayor promedio de lechones nacidos muertos, sin embargo Llanes *et al.* (2007) reporta que durante su estudio no se dieron diferencias estadísticas independientemente del tipo de sonda implementado. El promedio de lechones nacidos muertos en este estudio, fue superior en las cerdas múltiparas que en las de primer parto para ambas sondas, esto no concuerda con lo reportado por Miranda (2012), este obtuvo que para la sonda intracervical un mayor número de lechones nacidos muertos en las hembras múltiparas y en la sonda intrauterina son las hembras de primer parto, por otra parte en el factor sonda se presentó un mayor número de lechones nacidos muertos con la sonda intrauterina, esto no concuerda con Miranda (2012) ya que el obtuvo más lechones muertos para la sonda intracervical.

Al evaluar el número de lechones en condición de momia por parto, se determinó que no hay diferencias estadísticas, al 95% de confiabilidad, no obstante se observó que hay una tendencia en la que el factor sonda influye, esto debido a que con el uso de la sonda intrauterina aumentó el número de momias por parto, lo que concuerda con lo reportado por Sánchez (2007) y Llanes *et al.* (2007); aunque no con lo reportado por Miranda (2012), el cual obtiene un mayor número de momias al parto con el uso de la sonda intracervical. A su vez, las cerdas de primer parto inseminadas con la sonda intracervical presentan un mayor número promedio de momias en comparación con las múltiparas (0.38 y 0.33 respectivamente), lo cual es opuesto a los resultados obtenidos, por otra parte con el uso de la sonda intrauterina, los resultados si concuerdan con los de la presente investigación, ya que las cerdas múltiparas presentan mayor número de momias al parto que las primíparas (0.37 y 0.06 respectivamente). Llanes *et al.* (2007), determina que las cerdas de primer parto son las que presentan un mayor número de momias al parto, no concordando con los resultados es este estudio, no obstante en un estudio realizado por Gatford *et al.* (2011), el promedio de momias para cerdas de primer parto y múltiparas es el mismo de 0.1 momias por parto, Van der

Peet-Schwering *et al.* (2002), obtiene este mismo resultado para las cerdas de primer parto.

Al determinar que para la variable productiva lechones nacidos totales, se presentan diferencias significativas en la cual las cerdas multíparas son las que presentan una mayor cantidad de nacidos totales (Llanes *et al.*, 2007; Gattford *et al.*, 2011), esto coincide con lo reportado por García *et al.* (2011) ya que las cerdas de primer parto tienen aproximadamente 9.22 lechones nacidos totales, mientras que las multíparas 10.07, estos datos siguen con la misma tendencia de los obtenidos en esta investigación; no obstante en este estudio se reportaron más lechones nacidos totales para ambas cerdas, por otra parte los resultados encontrados por Wientjes *et al.* (2012b) son muy similares a los obtenidos, ya que este realiza un estudio con hembras Toppig 20 y Toppig 40 en el cual las cerdas de primer parto tienen 12.5 lechones nacidos totales y las multíparas 13.73, cabe mencionar que en las cerdas multíparas los promedios obtenidos son superiores; un estudio realizado por Miranda (2012), las cerdas multíparas por parto presentan camadas más grandes (11.99 para cerdas multíparas y 10.86 cerdas primíparas), no obstante la diferencia es mínima entre cerdas, la cual es de aproximadamente un lechón por animal, mientras que es este estudio son dos lechones por hembra. Según Mellor *et al.* (2004) y Miller *et al.* (2007), determinan que las cerdas de primer y segundo parto tienden a tener menos lechones nacidos totales, aumentando a partir del tercer parto, para alcanzar su pico de producción en el quinto parto, para descender del sexto en adelante, en este estudio la mitad de las cerdas multíparas se encontraban en el tercer parto y la otra mitad en sexto y octavo parto, he aquí el hecho de que no se observara una diferencia tan marcada en las hembras de primer parto y de más partos; por otra parte según Hafez (1996), los lechones nacidos aumentan entre la primera y cuarta camada, no obstante el tamaño de la camada alcanza valores máximos entre el cuarto y quinto parto, pero al llegar a la octava camada estos valores disminuyen y aumenta el número de nacidos muertos.

Al evaluar el efecto de la sonda sobre los nacidos totales se determinó que este no genera diferencias estadísticas, reportando que la sonda no afecta o interfiere en la cantidad de lechones nacidos esto concuerda con lo reportado por Sánchez (2007), Llanes *et al.* (2007) y Dallanora *et al.* (2004).

El peso de la camada y de los lechones al nacimiento está asociado con el tamaño de la misma y del número de parto de la cerda (Milligan *et al.*, 2002; Wientjes *et al.*, 2012a.), debido a esto camadas con un mayor número de lechones son camadas más pesadas, en este estudio se obtuvo que las cerdas multíparas son las que presentaron mayores pesos de camada al nacimiento, no obstante se determina que no hay diferencias estadísticas tanto para el factor cerda como el de tipo de sonda. Según Wientjes *et al.* (2012b) en su investigación obtiene que las cerdas multíparas son las que presentan un mayor peso de camada al nacimiento en comparación con las cerdas de primer parto (19.5 kg y 16.3 kg respectivamente), esto coincide con lo reportado en este estudio, no obstante este obtiene mayores pesos de camada, con prácticamente la misma cantidad de lechones nacidos totales, para las cerdas de primer parto y una menor cantidad de lechones en las cerdas multíparas (12.50 y 13.73 respectivamente); este mismo autor determina que las cerdas de primer parto tienen lechones menos pesados al nacimiento en comparación con las multíparas (1.27 kg y 1.44 kg respectivamente), estos siguen la misma tendencia de los resultados alcanzados. Gatford *et al.* (2011), genera resultados que coincide con los resultados obtenidos, con pesos de camada superiores en las cerdas multíparas así como en el peso del lechón al nacimiento (19.15 kg por camada y 1.57 kg por lechón), los pesos de camada son muy superiores a los obtenidos, a pesar de que el número de lechones nacidos vivos es inferior al reportado en esta investigación, los resultados siguen la misma tendencia, esto puede ser debido al grupo racial utilizado en esta investigación, por otra parte Van der Peet-Schwering *et al.* (2002) determina que las cerdas de primer parto presentan camadas de 14.89 kg con 10.22 lechones nacidos vivos y un peso por lechón de 1.38 kg, estos resultados no coinciden con los reportados, esto ya que se obtuvieron camadas menos pesadas, con prácticamente el mismo número de lechones nacidos vivos.

Miranda (2012), evaluó el peso de la camada al nacimiento tanto en hembras de primer parto como multíparas, inseminadas con las sondas intracervical e intrauterina, generando que las cerdas multíparas presentan mayores pesos de camada al nacimiento para ambas sondas, no obstante las diferencias entre cerdas no es marcada por lo que el peso del lechón al nacimiento es muy similar entre las cerdas de primer parto y multíparas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos.

García *et al.* (2011) evaluaron lechones destetados en hembras de primer parto y multíparas, estos resultados concuerdan con los obtenidos reportando el mismo comportamiento en ambos casos, ya que los lechones destetados para las cerdas de primer parto fue de 7.55 y para multíparas fue de 7.95, aunque inferiores. Esto puede ir asociado a que las cerdas de primer parto tienden a tener menos lechones nacidos vivos que las multíparas, algunos autores establecen que el número de lechones destetados se mantiene muy similar entre cerdas de primer parto y multíparas (González *et al.*, 2002). Wientjes *et al.* (2012b), realizaron un estudio en el que se evaluó a las cerdas multíparas de la línea genética Toppig 40, estas por lo general destetan 10.3 lechones por parto, este resultado es prácticamente el mismo alcanzado en esta investigación, por otra parte Van der Peet-Schwering *et al.* (2002), establecen que las cerdas de primer parto tienden a destetar 9.6 lechones, este resultado es menor al obtenido debido a que se destetaron 10.6 lechones por hembra. En este ensayo las cerdas multíparas presentaron un mayor número de muertes pre-destete, esto se encuentra asociado a que a mayor paridad, se presentan un mayor número de lechones nacidos vivos, por lo que la camada tiende a ser menos homogénea en peso y tamaño de lechones, lo que ocasiona un aumento en la mortalidad antes del destete (Wientjes *et al.*, 2012a), por lo que los lechones al destete es una variable asociada al número de lechones nacidos vivos y la habilidad materna de la hembra (Chang *et al.*, 1999).

El peso de la camada al destete fue una de las variables productivas donde se presentaron diferencias significativas, concluyendo que las hembras de primer parto son las que lograron destetar camadas más pesadas en comparación con las multíparas, esto se puede deber al efecto del producto utilizado para sincronizar a las cerdas nulíparas, ya que este ayuda a mejorar la condición corporal de las cerdas para así obtener un mejor desempeño tanto reproductivo como productivo (Everaert *et al.*, 2007). Van der Peet-Schwering *et al.* (2002), reportaron que las hembras de primer parto tienden a destetar camadas de 72.48 kg y con lechones de 7.55 kg, estos son datos superiores a los obtenidos, por otra parte Wientjes *et al.* (2012b) reporta promedios de peso de camada de 81.6 kg y 8 kg por lechón, en hembras cerdas multíparas de la línea Toppig 40, estos son valores superiores a generados, lo que no puede ser atribuido a el número de lechones destetados ya que este es muy similar al obtenido, ni al grupo racial debido a que es el mismo, por lo que puede deberse a condiciones de manejo de las hembras.

Se observó una tendencia para la variable peso de camada al destete, en la que las cerdas primer parto inseminadas con la sonda intracervical destetan camadas con promedios de peso mayor, en comparación con las hembras de primer parto inseminadas con la sonda intrauterina y cerdas multíparas inseminadas con los tipos de sonda, esta variable está relacionada directamente a la habilidad materna y no al tipo de sonda utilizada, ya que el crecimiento de los lechones va a depender de la habilidad de la madre, para la producción de leche y de la habilidad de los lechones para alimentarse y utilizar los nutrimentos contenidos en el fluido lácteo (Chang *et al.*, 1999).

En la variable reproductiva porcentaje de preñez las cerdas nulíparas inseminadas con las sonda intracervical fueron las que presentando un mayor número de repeticiones, por lo que su porcentaje de preñez fue el que se vio más afectado alcanzando un 60%, este resultado no concuerda con lo reportado por Van Wettere *et al.* (2008), Soede *et al.* (2007) y Patterson *et al.* (2008b) ya que estos reportaron porcentajes de preñez muy superiores con 94.5%, 93% y 94.6% respectivamente, esto pudo ser debido a que el número

de repeticiones para tratamiento de hembras nulíparas era muy bajo, por lo que si más de una hembra repetía celo la variable iba a tener un gran cambio; caso contrario a lo generado en las nulíparas inseminadas con la sonda intrauterina que mostraron un 100% de preñez al igual que las cerdas multíparas inseminadas con ambas sondas. En un estudio realizado por Dallanora *et al.* (2004), en cerdas multíparas obtuvieron porcentajes de preñez de un 99.5% para las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina y un 97.2% para las inseminadas con la sonda intracervical, estos son elevados, no obstante inferiores a los obtenidos. La sonda intrauterina no es recomendada para utilizarse en cerdas de cero partos y primerizas debido a que esta es más invasiva, ya que el semen es depositado en el útero y no en el cuello del mismo, al usar este tipo de sonda en hembras de cero partos se pueden presentar más posibilidades de sangrado durante el proceso, es por ello que durante la inseminación de las cerdas nulíparas se detectó sangrado en algunas de ellas (Belstra, 2002; Dallanora *et al.*, 2004).

Por otra parte, al determinar el porcentaje de preñez por sonda se observó que las hembras inseminadas con la sonda intrauterina fueron las que presentaron un porcentaje menor de cerdas repetidoras, esto concuerda con lo reportado por Sánchez (2007) que obtuvo resultados de un 93% de preñez en hembras inseminadas con la sonda intrauterina y un 85% para las inseminadas con la sonda intracervical, determinando que se obtuvo un comportamiento prácticamente igual al reportado por este autor, caso contrario con lo reportado por Rivera (2012), el cual obtuvo que las hembras inseminadas con la sonda intracervical presentaron un mayor porcentaje de concepción con un 87% y un 68.2% para las inseminadas con la sonda intrauterina. Miranda (2012), obtiene la misma tendencia de los resultados obtenidos en este estudio, con la diferencia que él alcanza porcentajes de preñez mayores para la sonda intrauterina con 98.2% y para la sonda intracervical un 90%. El mismo patrón se presentó en el estudio realizado por Llanes *et al.* (2007), salvo con la diferencia que los porcentajes de preñez reportados, son menores que los alcanzados en este estudio, con un 78% para las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina y un 73% para las inseminadas con la sonda intracervical.

2.7 CONCLUSIONES

- El tipo de sonda, no fue un factor que influyera en las variables productivas, ya que no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables.
- Para las variables productivas número de lechones nacidos totales y lechones nacidos muertos, fueron las cerdas multíparas las que presentaron mayores promedios en comparación con las hembras primíparas.
- El sincronizador empleado en las cerdas nulíparas generó un efecto positivo, ya que no se presentaron diferencias significativas en los lechones nacidos vivos y pocos lechones muertos al nacimiento, mejorando la condición corporal de las cerdas, ocasionando que destetaran camadas más pesadas que las cerdas multíparas.
- El uso de la sonda intrauterina en cerdas nulíparas, puede ocasionar sangrado en el momento de la inseminación, pudiendo ocasionar lesiones en el aparato reproductor de la hembra.
- El mayor número de cerdas repetidoras se presentó en las cerdas nulíparas inseminadas con la sonda intracervical, así como el mayor porcentaje de concepción se obtuvo en las cerdas inseminadas con la sonda intrauterina.
- En las variables en donde no existieron diferencias significativas, se debe evaluar el costo del tratamiento, esto debido a que la sonda intrauterina tiene un costo más elevado en comparación con la intracervical, no obstante permite un mayor número de dosis por eyaculado, por lo que en sistemas porcinos en donde se requiera maximizar el número de dosis, se debe de evaluar el empleo de la sonda intrauterina.

2.8 RECOMENDACIONES

- La elaboración de trabajos similares en los cuales se evalúe variables económicas, con el fin de determinar el efecto económico de uso de sonda intracervical e intrauterina.
- Realizar trabajos similares con un mayor número de unidades experimentales, para obtener resultados con un mayor nivel de confiabilidad.

- Evaluar en futuros estudios el efecto de la práctica de sincronización de celo, sobre condición corporal, desempeño productivo y reproductivo, tanto en cerdas nulíparas como multíparas.

2.9 LITERATURA CITADA

- Belstra B.A. 2002. Intrauterine (transcervical) and fixed-time artificial insemination in swine (en línea). North Carolina State University .Consultado 28 sep. 2014. Disponible en http://www.ncsu.edu/project/swine_extension/swiner_eports/2002/belstra3.htm
- Chang, A., Verde, O., Soler, L. 1999. Efectos genéticos y ambientales sobre los pesos de camadas a diferentes edades predestete en cerdos. *Zootecnia Tropical*. 17(2): 155-174.
- Dallanora, D., Mezalira, A; Katzer, L. H., Bernardi, M. L., Bortolozzo, F. P., Wentz, I. 2004. Desempenho reproductivo de fêmeas suínas inseminadas pela técnica intra-uterina ou tradicional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 39(8): 815-819.
- Damgaard, L.H., Rydhmer, L., Lovendahl, P., Grandinson, K. 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *Journal of Animal Science*. 81(3): 604-610.
- Di Rienzo., J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G Gonzales, L; Tablada, M; Robledo, C.W. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Estación meteorológica 069579 Santa Clara. 2015. Datos meteorológicos del año 2011 al año 2015 proporcionado por Alvarado.
- Everaert, N., Vanderhaeghe, C., Mateusen, B., Dewulf, A., Van Soom, A., Kruif, A., Maes, D. 2007. Effects of post-weaning altrenogest treatment in primiparous sows. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 76(4):293-299.
- García, G.J.S., Herradora, L.M.A., Martínez, M.R.G. 2011. Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(4): 403-414.

- Gatford, K.L., Smits, R.J., Collins, C.L., De Blasio, M.J., Roberts, C.T., Nottle, M., van Wettere, W.H. E. J., Kind, K. I., Owens, J. A. 2011. Maternal low-dose porcine somatotropin treatment in late gestation increases progeny weight at birth and weaning in sows, but not in gilts. *Journal of Animal Science*. 90(5): 1428-1435.
- Gómez, G.M., Segura, C.J.C., Rodríguez, B.J.C. 1999. Efecto de año, bimestre y número de parto de la cerda en el tamaño y peso de la camada al nacer y al destete en una granja comercial. *Revista Biomédica*. 10: 23-28.
- González, H. C., De Armas, R. I., Paz, S. C., Guevara, V. G., Tamayo, E. Y. 2002. Influencia de número de parto y la época del año sobre indicadores reproductivos en una unidad porcina. *Revista Producción Animal*. 14(2): 69-72.
- Grandinson, K., Rydhmer, L., Strandberg, E., Solanes, F.X. 2005. Genetic analysis of body condition in the sow during lactation, and its relation to piglet survival and growth. *Animal Science*. 80(1): 33-40.
- Hafez, E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6 ed. Trad. Roberto Palacios Martines. D.F México, Mexico: McGraw-Hill. McGraw-Hill Interamericana. 542 p.
- Knol, E. F., Ducro, B. J., Van Arendonk, J. A. M., Van der Lande, T. 2002. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing, pre-weaning and total piglet survival. *Livestock Science*. 73(2-3): 153-164.
- Knox, R.V. 2016. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*. 85(1): 83-93.
- Le, Y. C., Guyomarch, H. C., Pichodo, X., Quinio, P. Y., Pellois, H. 2002. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows. *Animal Research*. 51(3): 261-268.
- Levis, D.C., Burroughs, S., Williams, S. 2001. Use of intra-uterine insemination of pigs: pros, cons and economics. *Proceedings of the American Association of Swine Veterinarians*. 39-62.
- Llanes, Ch.J.E., Alzina, L.A., Segura, C.J.C., Álvarez, F.M.J., Góngora, C.G. 2007. Porcentaje de gestación y prolificidad de cerdas en el trópico utilizando las técnicas de inseminación artificial convencional e intrauterina. *Livestock Research for Rural Development*. 19 (10).

- Martinat-Botte, F., Bariteau, F., Forgerit, Y., Macar, C., Moreau, A., Terqui, M., 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.
- Mellor, D.J., Stafford, K. J. 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *The Veterinary Journal*. 168(2): 118-133.
- Miller, H. M., Carroll, S. M., Reynolds, F. H., Slade, R. D. 2007. Effect of rearing environment and age on gut development of piglets at weaning. *Livestock Science*. 108(1-3): 124-127.
- Milligan, B.N., Fraser, D., Kramer, D.L. 2002. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livestock Production Science*. 76(1-2): 181-191.
- Miranda, C.A.F. 2012. Inseminación artificial con sonda postcervical en cerdos” implementación, evaluación e incidencias. *Industrial Pecuaria*. Antioquia-Colombia. Corporación Universitaria Lasallista.
- Mota, R.D., Orozco, G.H., Alonso, S.M., Villanueva, G.D., Martínez, B.J.; López, M. A., González, L.M. & Ramírez, N.R. (2008). Asfixia perinatal en el bebé y neonato porcino. En: *Perinatología animal. Enfoques clínicos y experimentales*. Mota, R.D, Nava, O.A., Villanueva, G.D., Alonso, S.M. *Perinatología y Ginecoobstetricia Animal*. B. M. Editores S. A. de C. V., México. p 287-304.
- Patterson, J., Wellen, A., Hahn, M., Pasternak, A., Lowe, J., DeHaas, S., Kraus, D., Williams, N., Foxcroft, G. 2008a. Responses to delayed estrus after weaning in sows using oral progestagen treatment. *Journal of Animal Science*. 86(8): 1996-2004.
- Patterson, J.L., Beltranena, E., Foxcroft, G.R. 2008b. The effect of gilt age at first estrus and breeding on third estrus on sow body weight changes and long-term reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 88(7): 2500-2513.
- Pursel, V; Johnson, L. 1975. Freezing of boar spermatozoa: fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawing procedure. *Journal of Animal Science* 40(1): 99-102.

- Quesnel, H., Brossard, L., Valancogne, A., Quiniou, N. 2008. Influence of some sow characteristics in within-litter variation of piglet birth weight. *Animal* 2(12): 1842- 1849.
- Rivera, M. 2012. Inseminación Artificial en Cerdas. Ingeniero Zootecnista. Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 55 p.
- Rozeboom, K.J., Reicks, D.L., Wilson, M.E. 2003. The reproductive performance and factors affecting on-farm application of low-dose intrauterine deposit of semen in sows. *Journal of Animal Science*. 82(7): 2164-2168.
- Sánchez, A. K. W. 2007. Evaluación de la inseminación artificial intra cervical y pos cervical con semen fresco en cerdas de la empresa GRANPORSA S.A. Bucay, Ecuador. Tesis. Lic. Ingeniería en Agronomía. Honduras. Zamorano.
- Soede, N.M., Roelofs, J.B., Verheijen, R.J.E., Schouten, W.P.G., Hazeleger, W., Kemp, B. 2007. Effect of repeated stress treatments during the follicular phase and early pregnancy on reproductive performance of gilts. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(2): 135-142.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., Kemp, B., Binnendijk, G.P., den Hartog, L.A., Spoolder, H.A.M., Verstegen, M.W.A. 2002. Performance of sows fed high levels of nonstarch polysaccharides during gestation and lactation over three parities. *Journal of Animal Science*. 81(9): 2247-2258.
- Van Leeuwen, J. J., Williams, S. I., Martens, M. R., Jourquin, J., Driancourt, M. A., Kemp, B., Soede, N. M. 2011. The effect of different postweaning altrenogest treatments of primiparous sows on follicular development, pregnancy rates, and litter sizes. *Journal of Animal Science*. 89(2): 397-403.
- Van Wettere, W.H.E.J., Pain, S.J., Stott, P.G., Hughes, P.E. 2008. Mixing gilts in early pregnancy does not affect embryo survival. *Animal Reproduction Science*. 104(2-3): 382-388.
- Watson, P.F., Behan, J.R. 2002. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: Results of a commercially based field trial. *Theriogenology* 57(6): 1683-1693.

- Wientjes, J. G. M., Soede, N. M., van der Peet-Schwering, C. M. C., van den Brand, H., Kemp, B. 2012a. Piglet uniformity and mortality in large organic litters: Effects of parity and pre-mating diet composition. *Livestock Science*. 144(3): 218-229.
- Wientjes, J.G., Soede, N.M., Knol, E.F., van den Brand, H., Kemp, B. 2012b. Piglet birth weight and litter uniformity: Effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines. *Journal of Animal Science*. 91:2099-2107.
- Zhu, M.J., Ding, J.T., Liu, B., Yu, M., Fan; B; Li, C.C., Zhao, S.H. 2008. Estimation of genetic parameters for four reproduction component traits in two Chinese indigenous pig breeds. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21(8): 1109-1115.

2.10 ANEXOS

Anexo 1. Valores de F y p para las variables productivas, respecto a número de parto, tipo de sonda y la tipo de sonda*número de parto.

Factores	F	P
Lechones nacidos vivos		
Número de parto	0.82	0.3817
Tipo de sonda	5.0E-04	0.9824
Tipo de sonda*número de parto	1.27	0.2797
Lechones nacidos muertos		
Número de parto	16.59	0.0013
Tipo de sonda	3.44	0.0864
Tipo de sonda*número de parto	0.75	0.4022
Lechones nacidos totales		
Número de parto	4.93	0.0449
Tipo de sonda	1.00	0.3366
Tipo de sonda*número de parto	0.24	0.6343
Lechones nacidos en condición de momia		
Número de parto	0.59	0.4561
Tipo de sonda	3.57	0.0815
Tipo de sonda*número de parto	0.68	0.4231
Peso de camada al nacimiento		
Número de parto	1.62	0.2255
Tipo de sonda	0.17	0.6857
Tipo de sonda*número de parto	1.21	0.2920
Lechones destetados		
Número de parto	0.01	0.9178
Tipo de sonda	0.10	0.7523
Tipo de sonda*número de parto	0.46	0.5085
Peso de camada al destete		
Número de parto	18.94	0.0008
Tipo de sonda	1.89	0.1921
Tipo de sonda*número de parto	4.25	0.0597

No hay diferencias significativas si $p > 0.05$.