UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

"TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN EN PORCINOS COMO MEJORADORAS DEL POTENCIAL PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO: UNA REVISIÓN DOCUMENTAL"

AUTORES:

Karen Dayana Cáceres Gallo

Bryan Fernando Delgado Azogue

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

PUYO – ECUADOR

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Cáceres Gallo Karen Dayana con C.I. 1805157565 y Delgado Azogue Bryan Fernando con C.I. 1600871733, declaramos que las actividades realizadas para la elaboración y culminación del presente trabajo Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN EN PORCINOS COMO MEJORADORAS DEL POTENCIAL PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO: UNA REVISIÓN DOCUMENTAL**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 16 días del mes de enero de 2021.

Cáceres Gallo Karen Dayana	Delgado Azogue Bryan Fernando
Nombre del Estudiante	Nombre del Estudiante
CI: 1805157565	CI: 1600871733

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Firmado electrónicamente por:
MARIA ISABEL VIAMONTE GARCES

Dra. María Viamonte, PhD.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
JUAN CARLOS MOYANO TAPIA

MSc. Juan Carlos Moyano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MARIA AUGUSTA GUADALUPE ALCOSER

Firmado digitalmente por MARIA AUGUSTA GUADALUPE ALCOSER
Fecha: 2021.02.24 12:36:36 -05'00'

MSc. Guadalupe Alcoser María Augusta

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 05-SAU-UEA-2021

Puyo, 26 de enero de 202

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los egresados: CÁCARES GALLO KAREN DAYANA con C.I. 1805157565 y; DELGADO AZOGUE BRYAN FERNANDO con C.I. 1600871733, con el Tema: **"Técnicas de reproducción en porcinos como mejoradoras del potencial productivo y reproductivo: Una revisión documental",** de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 21 de enero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DEDICATORIA

Nuestro trabajo de integración curricular está dedicado con todo el amor y cariño a nuestros amados padres por el sacrificio, esfuerzo y paciencia, por ser nuestro apoyo en nuestros logros y tropiezos en esta vida llena de desafíos, desatino, virtudes y aciertos. Con su ejemplo de trabajo nos brindaron la oportunidad de estudiar una carrera universitaria que forjara las riendas de nuestro futuro.

Gracias por motivarnos alcanzar nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

Queremos darles las gracias a nuestros padres, por no dejarnos derrumbar, por enseñarnos a ser valientes. Por darnos la vida, y también valores. Por ser nuestros maestros, nuestros guías y nuestro motor. Gracias a ustedes hemos aprendido a no rendirnos y confiar en lo que somos capaz, son nuestro ejemplo y queremos que nos alcance la vida para enorgullecerles. Esto va por ustedes y por todo lo que nos han enseñado.

Dejamos en constancia nuestra gratitud al Director de Trabajo de Titulación Dr. Willan Caicedo PhD. Quien nos brindó su apoyo y consejos para salir adelante en esta última etapa como estudiantes. De igual forma, un Dios les pague a todos nuestros docentes de la prestigiosa Universidad Estatal Amazónica que nos instruyeron por el camino del saber durante toda la trayectoria de nuestra carrera.

Resumen Ejecutivo y Palabras Claves

La ciencia y técnica especializada en la reproducción porcina han logrado grandes cambios en esta industria para la producción de animales fértiles y prolíficos con excelente rendimiento productivo y habilidad materna. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la información existente acerca de las técnicas de reproducción porcina (monta natural, inseminación artificial y transferencia de embriones) como mejoradores del potencial productivo y reproductivo de la granja. La presente investigación fue de tipo no experimental exploratoria y documental, la cual se realizó mediante una revisión bibliográfica consultado las principales bases de datos Scopus, Science Direct, Scielo, Redalyc, Latindex y Google Académico, al igual que en tesis de posgrado y pregrado. La monta natural es una técnica que se encuentra en una etapa de transición por diversos problemas de enfermedades y consanguinidad de los animales. Por otra parte, la inseminación artificial resulta ser la técnica más eficiente y aplicada por los productores en un 90% de las granjas porcinas a nivel mundial, dentro de esta, la inseminación intrauterina en comparación con la inseminación cervical y post cervical es el método más eficaz y viable, se han obtenido tasas de fertilidad superiores al 90% y un promedio de 14-16 lechones nacidos vivos por camada. Por otra parte, la transferencia de embriones es una técnica de gran importancia en el ámbito investigativo para la reproducción y producción porcina, constituyendo una tecnología prometedora para el mejoramiento genético, actualmente se pueden obtener un 63,7% de eficacia y obtener un tamaño de camada de 7,5 lechones. La inseminación artificial constituye la técnica más eficiente para ser aplicada en los programas reproductivos de la industria porcina, debido a que se utiliza un menor volumen seminal, menor concentración espermática, se evita el contagio de enfermedades por transmisión sexual y no requiere de personal altamente capacitado para su aplicación.

Palabras claves: Inseminación artificial intrauterina, crio conservación, cerdos reproductores, mejoramiento genético, transferencia de embriones

Abstract and keywords

The science and technique specialized in swine reproduction have achieved great changes in this industry for the production of fertile and prolific animals with excellent productive performance and maternal ability. The objective of this work was to analyze the existing information about pig reproduction techniques (natural mounting, artificial insemination and embryo transfer) as enhancers of the productive and reproductive potential of the farm. The present investigation was of a non-experimental exploratory and documentary type, which was carried out through a bibliographic review consulting the main databases Scopus, Science Direct, Scielo, Redalyc, Latindex and Google Academic, as well as in graduate and undergraduate theses. Natural riding is a technique that is in a transition stage due to various problems of diseases and consanguinity of animals. On the other hand, artificial insemination turns out to be the most efficient technique and applied by producers in 90% of pig farms worldwide, within this, intrauterine insemination compared to cervical and post cervical insemination is the most effective and viable, fertility rates of over 90% and an average of 14-16 live-born piglets per litter have been obtained. On the other hand, embryo transfer is a technique of great importance in the research field for pig reproduction and production, constituting a promising technology for genetic improvement, currently it is possible to obtain a 63.7% efficiency and obtain a size of litter of 7.5 piglets. Artificial insemination is the most efficient technique to be applied in the reproductive programs of the swine industry, due to the fact that a lower seminal volume is used, a lower sperm concentration is used, the spread of sexually transmitted diseases is avoided and it does not require highly trained personnel for your application

Keywords: Intrauterine artificial insemination, cryoconservation, breeding pigs, genetic improvement, embryo transfer

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Planteamiento del problema 2
1.2. Objetivos 2
1.2.1. Objetivo General 2
1.2.2. Objetivos Específicos 2
1.3. Justificación 3
CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4
2.1. Perspectivas de la porcicultura en América Latina y Ecuador 4
2.2. Reproducción y mejoramiento genético porcino en América Latina y Ecuador 5
2.3. Ciclo sexual de la cerda 5
2.3.1. Pubertad de cerdos machos y hembras 6
2.3.2. Manejo de detección de celo en las cerdas 7
2.4. Técnicas reproductivas 8
2.4.1. Monta natural en porcinos 8
2.4.1.1. Selección de reproductores hembras y machos 9
2.4.1.2. Comportamiento sexual del verraco 10
2.4.1.3. Eficiencia reproductiva 10
2.4.2. Inseminación artificial 11
2.4.2.1. Inseminación artificial en porcinos 11
2.4.2.2. Inseminación artificial cervical 11
2.4.2.3. Inseminación artificial post cervical 12
2.4.2.4. Inseminación artificial intra uterina 12
2.4.2.5. Calidad seminal 13
2.4.2.6. Morfología espermática 14
2.4.2.7. Motilidad espermática 15
2.4.2.8. Diluyentes… 16
2.4.3. Transferencia de embriones en porcinos 17
2.4.3.1. Aplicación de la transferencia de embriones a nivel mundial 17
2.4.3.2. Edad de las donadoras… 19
2.4.3.3. Recolección de embriones 20
2.4.3.4. Manejo de embriones 20

2.4.3.5. Crio preservación de embriones… 21
2.4.3.6. Tipos de crio protectores 22
2.4.3.7. Transferencia de embriones no quirúrgica 22
2.4.3.8. Transferencia de embriones quirúrgica 22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....25
3.1. Ubicación 25
3.2. Tipo de investigación 25
3.3. Método de la investigación 25
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... 26
Conclusiones..... 36
Recomendaciones 36
Anexos 33
Referencias 37

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación microscópica seminal en cerdos.....26
Tabla 2. Evaluación macroscópica seminal en cerdos.....27
Tabla 3. Anormalidades en calidad seminal de cerdos.....28
Tabla 4. Anomalías espermáticas.....29
Tabla 5. Técnica de monta natural en comparación a los métodos de inseminación artificial 30
Tabla 6. Fertilidad y prolificidad con respecto a los métodos de inseminación convencional, post-cervical e intrauterina.....31
Tabla 7. Inseminación artificial post-cervical e intrauterina con diferentes volúmenes seminales.....32
Tabla 8. Resumen de estudios con semen líquido de jabalí en inseminación artificial post-cervical (PCAI).....33
Tabla 9. Técnica de transferencia de embriones quirúrgica y no quirúrgica en relación con la tasa de preñez y tamaño de camada.....34

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del momento de la ovulación con cambios hormonales y de comportamiento asociados 6
Figura 2.Signos físicos y de comportamiento de la aproximación del estro 8
Figura 3. Anormalidades comunes en la cabeza, la pieza media, la cola y los acrosomas de los espermatozoides 15
Figura 4. Proceso de recolección de embriones 19
Figura 5. Proceso de la transferencia de embriones 19
Figura 6. Insertado en el lumen del útero 23
Figura 7. Ubicación del sitio de inicio del agrandamiento infundibular agrandamiento fundibular 23
Figura 8. Orificio abdominal de la trompa uterina agrandamiento fundibular 23
Figura 9. Insertado en el oviducto 24
Figura 10. Oviducto inflamado después de la inyección 24

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Tsairidou, Anacleto ,Woolliams & Doeschl (2019) señalan que la ciencia en reproducción y su tecnología han logrado grandes cambios en la industria porcina, con la finalidad de incrementar la eficiencia reproductiva y el avance genético, estas tecnologías han producido cerdas fértiles y proliferas, de las cuales se obtiene un incremento en las tasas de parto y en el número de lechones nacido vivos, así mismo el verraco moderno, presenta mejoras en la fertilidad y en la producción de esperma viable para la fecundación. Además, según Kemp, Da Silva & Soede (2018) mencionan que el progreso de la reproducción también depende de los equipos modernos que son utilizados; ultrasonido, microscopio, crio preservación, endoscopio y citómetro de flujo, microinyector, micromanipulador y centrifugación

Knox (2014) manifiesta que las tecnologías reproductivas asistidas permiten el avance genético con mayor rapidez en las granjas porcinas, la inseminación artificial es una de las primeras técnicas reproductivas que llegó a reemplazar a la monta natural, desde entonces dicha técnica es la más utilizada en la industria porcina, debido a que permite el ahorro en el volumen y concentración espermática por ciclo estral o inseminación. Además, con la implementación de esta técnica se evita la propagación de enfermedades por transmisión sexuales.

Youngs (2018) menciona que posterior a la técnica de inseminación artificial, surge la biotecnología de transferencia de embriones que consiste en la recolección de embriones, clasificación y conservación, así mismo permite la producción de animales clonados y transgénicos. Coronel (2012) señala que desafío que se plantea el porcicultor para su producción, consiste en aprovechar el potencial del 80 y 90% de la cerda como productora de lechones, además de reducir los tiempos de parto y concepción empleando a reproductores de genética superior, logrando obtener una mayor cantidad de cerdos nacidos por año.

1.1. Planteamiento del problema

Soede & Kemp (2019) explican que la biotecnología de la reproducción se ha desarrollado notablemente en los últimos años, tomando en consideración diferentes aspectos como: el bienestar animal, ciclo sexual de la cerda, aplicación de hormonas para sincronización del celo, diluyentes espermáticos, la genética, entre otros, han permitido incrementar la eficiencia reproductiva y las tasas de mejoramiento genético en la especie porcina, además del uso de nuevas técnicas como la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

Por ende, el desafío que se plantea para la producción porcina consiste en aprovechar el potencial de la cerda como productora de lechones, además de reducir los tiempos de parto y concepción empleando a reproductores de genética superior, logrando obtener una mayor cantidad de cerdos nacidos por año. Por esta razón se ha visto la necesidad de recopilar y analizar documentalmente las diferentes técnicas de reproducción empleadas en la explotación porcina para incrementar el potencial productivo y reproductivo de la granja.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Analizar la información existente acerca de las técnicas de reproducción porcina (monta natural, inseminación artificial y transferencia de embriones) como mejoradores del potencial productivo y reproductivo de la granja.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las técnicas reproductivas empleadas a nivel nacional e internacional en porcino, a través de una búsqueda metodológica de artículos científicos, revistas, libros, tesis de posgrado y pregrado.

- Sistematizar la información diferenciando las técnicas de reproducción para determinar cuál es la más eficiente a ser aplicada en los programas reproductivos de la industria porcina.

1.3. Justificación

La globalización de la industria porcícola ha provocado cambios importantes en la producción de esta especie a nivel nacional e internacional durante la última década. La intensificación de la producción de esta especie ha impulsado a los porcicultores a mantener altos niveles de eficiencia reproductiva, la genética se ha enfocado en el estudio de rasgos reproductivos como: la tasa de ovulación, la supervivencia del embrión, el número de cerdos nacidos, el número de destetados y la edad de la pubertad en la hembra y el macho. Así también, se deja a un lado técnicas convencionales como la monta natural, debido a que su empleo de una forma inadecuada ha provocado incrementos significativos de enfermedades reproductivas y baja renovación de genes para mejorar el potencial genético de los animales (Coronel, 2012).

La producción porcina moderna consiste en la implementación de nuevas técnicas reproductivas y métodos de preservación de espermatozoides y embriones. Entre estas técnicas se encuentra la inseminación artificial como la más utilizada por los principales países productores de cerdos, sustituyendo a la monta natural con niveles aproximados al 90% en Europa y EEUU, 98% en Chile y 66% en Brasil. Es una práctica de manejo reproductivo que previene riesgos sanitarios, ya que reduce el contacto entre hembra y macho (Perez, Petrinelli, Rodríguez, Satorre, y Breininger, 2019). Otra técnica reproductiva de reciente aparición es la trasferencia de embriones, en esta se obtienen los embriones mediante lavado y su posterior conservación *in vitro*, en lo posterior pueden ser transferidos a cerdas receptoras mediante dos métodos: quirúrgica y no quirúrgica (Marinone, Kaiser, Hozbor, y Mucci, 2018).

Por lo expuesto anteriormente, se ha visto la necesidad de recopilar y analizar documentalmente fuentes primarias y secundarias sobre la situación actual de las diferentes técnicas de reproducción en porcinos que permitan dar a conocer su eficiencia, calidad y rentabilidad.

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Perspectivas de la porcicultura en América Latina y Ecuador

El cerdo se considera como una de las especies con mayor potencial carnicero, rinde hasta el 70% de carne en canal, siendo la más consumida en el mundo. En la actualidad la explotación porcina se lleva a cabo en todos los continentes, esto se debe al fácil manejo que este implica, poca inversión y la capacidad de adaptación del cerdo a los diferentes pisos climáticos (Benítez y Sanchez, 2001).

En el Ecuador los cerdos son originarios de las razas ibéricas importadas durante el período de la conquista (Guanochanga, 2013). A partir de los tiempos medievales en las zonas rurales del Ecuador se criaba cerdos únicamente para consumo familiar basados en una crianza de traspatio alimentados con los residuos de la cocina. Por esta razón, los animales de este tipo de producción eran portadores de varias enfermedades, entre ellas la triquinosis y la gripe porcina (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2019).

ESPAC (2018) menciona que en el Ecuador la explotación porcina hasta la actualidad ha logrado grandes avances en el área de la producción y comercialización. Esta actividad es ejercida por pequeños (traspatio,) medianos y grandes productores divididos en tres estratos: a nivel casero con un 85% del total, a nivel semi industrial que corresponde al 4.8% y un nivel industrial con el 10.2% distribuidos en todas las regiones del país (Sierra 653. 578, Costa 577. 645, Amazonia 47. 892, Zonas no delimitadas 4. 214) con una población de 1. 283. 338 cabezas de ganado porcino, según los resultados obtenidos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Así también, el 78% de los productores porcinos utiliza monta natural (MN) mientras que el 15% ha implementado la inseminación artificial (IA) como alternativas de preproducción porcina en el país.

FAO (2019) menciona que a lo largo del 2017 la producción porcina ecuatoriana cayó un 15 %, a pesar de estos datos estadísticos el país ha demostrado ser un gran productor de carne de cerdo.

2.2. Reproducción y mejoramiento genético porcino en América Latina y Ecuador

En América Latina la comercialización de carne de cerdo presenta aproximadamente un 4.5% de toda la producción, sin embargo cada año está en constante crecimiento que gira en torno a un 2,8 % anualmente. La carne de cerdo ocupa el primer lugar a nivel mundial, debido a que es la carne más consumida por la población, donde Asia es el continente que más consume carne de cerdo y ocupa el primer lugar con el 60%, Europa está alrededor del 21 % y América Latina cerca del 15 % (PIC, 2010).

La producción porcina en el país ha estado sujeta a constantes cambios debido a los centros de investigaciones internacionales quienes trabajan en el área de mejoramiento genético con el cruzamiento de razas puras: Yorkshire, Duroc, Pietran entre otras, obteniendo híbridos mejorados con potenciales productivos, en este contexto Ecuador se ha visto obligado a optar por mecanismos de mejoramiento de cerdos. Es así que la importación de individuos de razas puras a Brasil, Argentina, Chile, y la adquisición de paquetes genéticos mejorados (Pic Ropigs y Hypor) a empresas ubicadas en Canadá y Europa son las alternativas que Ecuador lleva en práctica hasta la actualidad como estrategia de mejoramiento genético y de competitividad (Espinoza, 2012).

2.3. Ciclo sexual de la cerda.

En las cerdas el ciclo estral se presenta cada 18 a 21 días durante todo el año, desapareciendo únicamente cuando el animal está en estado de gestación y por vejez, el primer celo aparece entre los 5 y 6 meses de edad, luego posterior al destete sucede de 4 a 7 días. El celo en las cerdas se dividen en dos fases, folicular (pro estro y estro) y lútea (metestro y diestro) Soede, Langendijk & Kemp (2011) y Mcglone et al. (2020).

Pro estro: En esta etapa secretan estrógeno y hormona estimulante del folículo (FSH) previa preparación para el estro, el comportamiento de las cerdas ante la presencia del macho es esquivo. Además manifiestan un enrojecimiento leve de la vulva y secreciones en pequeñas cantidades, tiene una duración de 2 días.

Estro: Para esta etapa el ovocito ha alcanzado la madurez y el incremento de la secreción de estrógenos, FSH y LH, lo que hace que el folículo se rompa y se efectúa la ovulación, se produce dentro de las 24 a 48 horas posterior a la liberación de estrógenos. Las características más evidentes son la coloración muy rojiza y la inflamación de la vulva, secreciones vaginales, pérdida de apetito, produce sonidos

extraños y muestra reflejo de inmovilidad, que es un indicador en el cual la cerda acepta al macho para el servicio o inseminación artificial, dura de 2 a 3 días.

Metestro: En esta etapa existe una disminución del estrógeno, LH y FSH y la cerda ya no acepta al verraco. Comienza el proceso luteinización, desarrollo del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona. Este proceso tiene una duración de aproximadamente 6 a 7 días.

Diestro: Empieza cuando el cuerpo lúteo se forma y secreta progesterona para acondicionar al útero para la implantación y se mantenga en estado de preñez, dura alrededor de 9 días. En la figura 1 se muestra el esquema del momento de la ovulación con cambios hormonales y de comportamientos asociados.

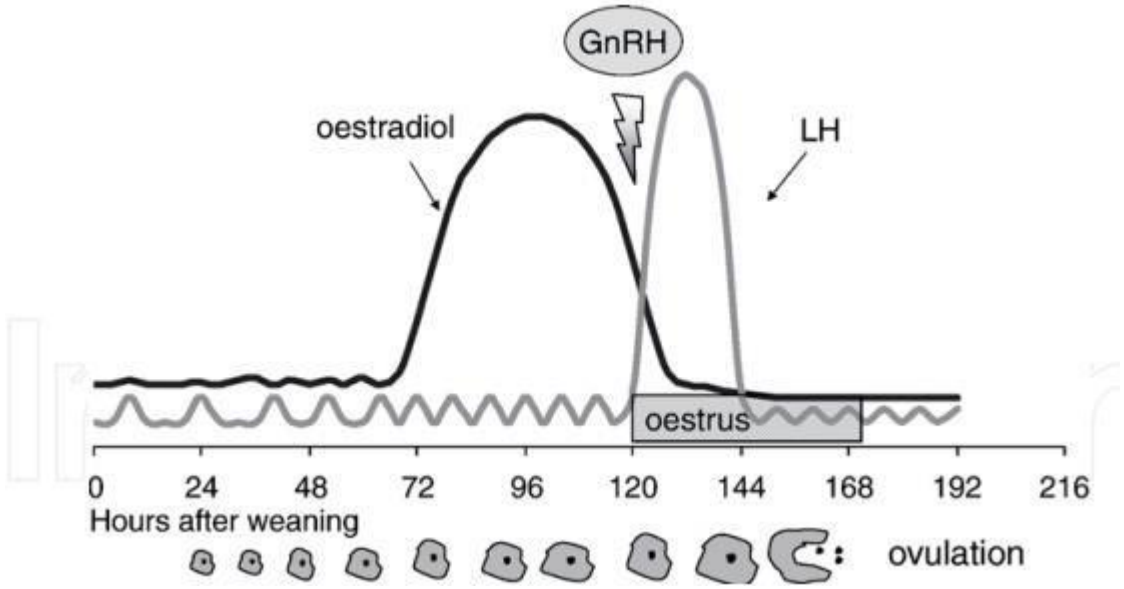

Figura 1. Esquema del momento de la ovulación con cambios hormonales y de comportamientos asociados.

Fuente: Mcglone et al. (2020)

2.3.1. Pubertad de cerdos machos y hembras.

La pubertad es la etapa donde los factores metabólicos (niveles de hormonales y crecimiento corporal) y la edad se encuentran asociados con la sexualidad. Sin embargo, según Ribeiro y Magnabosco (2012) explica que aún no están aptos para una reproducción eficiente en virtud de que no están maduros sexualmente y no han alcanzado un desarrollo tanto fisiológico como anatómico óptimo para efectuar una vida

reproductiva debido a que la madurez sexual ocurre a los tres meses después de haberse manifestado la pubertad (Graves, 2015).

La edad en que se presenta la pubertad puede variar a causa de: genotipo, nutrición, precocidad, ambiente social; además en cerdas primerizas se puede estimular con el verraco para inducir a la madurez sexual, aplicando este protocolo las primerizas alcanzan la pubertad entre 150 a 220 días, la anticipación de la edad de la pubertad trae beneficios económicos, ya que los días no productivos en una granja se pueden reducir por el apareamiento de primerizas a una edad más temprana (Filha, Bernardi, Wentz, Bortolozzo, & Pereira, 2014).

El tiempo entre el nacimiento y el uso efectivo de un verraco como animal reproductor varía de 7 a 10 meses con un peso promedio de 120 kg aproximadamente y las hembras a los 6 o 7 meses con un peso promedio de 90 kg, en este estado la cerda es capaz de concebir y producir una camada. El primer servicio del verraco se debe realizar con una cerda adulta o con cerdas de descarte para posteriormente introducirlo al hato porcino como semental, el cual estará en servicio durante 4 años, mientras el manejo y la nutrición sean las adecuadas. Es recomendable que la cerda reproductora sea descartada después de efectuarse seis partos, debido a que el número de lechones por parto se reduce al sobrepasar el tiempo estimado (Andersson et al., 2010).

2.3.2. Manejo de detección de celo en las cerdas

La época de celo es el periodo de constantes cambios que sufre la cerda y su diagnóstico debe efectuarse con plena exactitud para determinar el momento idóneo del servicio, o monta, esto implica el conocimiento del intervalo de destete-celo y duración del celo. Sin embargo, una mala detección de celo o que la misma se realice fuera del tiempo adecuado, aduce a la reducción de número de lechones nacidos en la camada o incrementa los días no productivos (Quiles y Hevia, 2009).

El celo es la fase del ciclo sexual de la cerda donde ocurre el desprendimiento natural del óvulo maduro del ovario, que se da al principio del último tercio de la manifestación del celo, instante donde los espermatozoides factibles y viables fecundan los ovocitos. En esta etapa del ciclo reproductivo de las cerdas se manifiesta múltiples síntomas muy característicos (comportamiento nervioso e inquieto, pérdida de apetito, excesiva secreción de saliva, gruñido característico, orejas erectas, se deja montar por otras cerdas,

secreción de moco transparente en la vulva, lomo arqueado, cola erguida, reflejo de lordosis o reflejo de inversión) (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2016).

De todos los síntomas que se presentan durante el celo, el más representativo es el reflejo de inmovilidad, asociado con la posición erguida muy característica al momento de hacer presión sobre la región de la grupa, esta conducta se atribuye de forma natural en la cerda para facilitar la monta. Se trata de un comportamiento que se evidencia en un 50% de las cerdas en celo, al tratarse con un operario, no obstante, existe un 100% de las cerdas en celo que es perceptible determinado reflejo, cuando el verraco es el responsable del estímulo (Quiles et al., 2009). En la figura 2 se muestran los signos físicos y de comportamiento de la aproximación del estro en cerdas.



Figura 2. Signos físicos y de comportamiento de la aproximación del estro.

Fuente: Belstra,Flores,Ver & Singleton. (2007)

2.4. Técnicas reproductivas

2.4.1. Monta natural en porcinos

Servicio, monta o cubrición es un proceso fisiológico que dura aproximadamente de 3 a 25 minutos, se lo lleva acabo sin intervención tecnológica alguna. El macho reproductor o comúnmente conocido como verraco, expulsa de un fluido (semen) cuyo volumen aproximadamente es de 150 a 250 ml, la fecundación ocurre cuando el verraco monta a la hembra (Ávila, 2019).

El comportamiento de verraco en este proceso se caracteriza por la erección del pene, acompañado de gruñidos y espuma en el hocico, nerviosismo y olfateo de la vulva de la hembra para posteriormente postrarse con las patas delanteras sobre la grupa de la

hembra y realizar protrusiones de pene hasta efectuarse la penetración. La eyaculación es un estilo que se origina debido a la presión del cérvix sobre el glande. Por lo general, durante este proceso el verraco tiende a estar calmado. Este proceso implica un lugar adecuado para llevarse a cabo, cabe recalcar que en las cerdas primerizas es recomendable realizar la monta en el tercer celo en el primer día de calor, es decir, en el momento que manifiesta los primeros signos de celo y en cerdas adultas en el segundo día de celo dos veces al día con un lapso de 12 a 24 horas después de haberse efectuado la primera monta.

El número de servicios depende de la edad del cerdo destinado a la reproducción o semental, en el caso de los machos un verraco joven de 8 a 15 meses de edad puede realizar dos montas en la semana, mientras que los verracos adultos con más de 15 meses realizan 3 montas en la semana con dos repeticiones en el día cada verraco si es necesario. Para hembras de tamaño mediano lo recomendable es utilizar verracos jóvenes y para cerdas adultas de gran tamaño utilizar verracos adultos, ya que se debe tomar en cuenta características como el peso y el tamaño de los cerdos para una correcta penetración del pene y posterior fertilización (Coronel, 2012).

2.4.1.1. Selección de reproductores hembras y machos

Los cerdos domesticados están siendo sometidos a diferentes cambios para la mejora de la producción, han alterado muchos rasgos en la mayoría de las razas de cerdos, como la tasa de crecimiento, el peso corporal, la fertilidad, la inmunidad y entre ellos se destaca las modificaciones genotípicas, es así que a largo plazo los cerdos cuentan con rasgos funcionales y se encuentran aptos para la reproducción. La productividad de una granja depende de una correcta selección genética de reproductores, los mismos que aportaran mayores posibilidades de éxito en la reproducción y crianza de lechones (Gurgul, Jasielczuk, Ropka, Semik, Pawlina, Szmatoła, Szyndle, Bugno, Blicharski, Szulc, Skrzypczak & Krupiński, 2018).

Elegir la raza adecuada es fundamental para lograr los resultados deseados en la granja, en el caso de las hembras los productores se basan en razas de buena aptitud materna, alta prolificidad, fácil detección de celo, alta producción láctea, gran número de lechones por camada, bajas características para producción de carne y temperamento dócil, como las razas Landrace, Yorkshire y Large White. Para la selección de verracos reproductores es fundamental la capacidad de copulación, el volumen de eyaculado y la calidad de

semen, entre las razas principales razas se encuentran Duroc, Pietrain, Blanco Belga y Hampshire (Gurgul et al., 2018).

La futura explotación porcina estará constituida por las cerdas nulíparas y verracos jóvenes previamente seleccionados y escogidos individualmente, estos serán la base genética (líneas paternas y maternas) del sistema de explotación (Santos et al., 2012).

2.4.1.2. Comportamiento sexual del verraco

El comportamiento sexual del verraco es fundamental para el correcto desempeño reproductivo, caso contrario el verraco tiene que ser sacrificado. Los verracos mientras la hembra permanece inmóvil comienzan a gruñir, empujar los flancos, oler la región ano-genital o la cabeza y montarla (Savić & Petrović, 2015).

Levis y Reicks (2005) explica que aún no se puede evaluar el comportamiento sexual de los verracos, pero si se puede tomar en cuenta el mecanismo fisiológico de la producción de esperma, la valoración de la libido (dependiendo la raza), duración de la erección, duración de la eyaculación, volumen de semen, duración de la cópula, número de montajes, entre otros.

2.4.1.3. Eficiencia reproductiva

En estos últimos años la biotecnología reproductiva ha cambiado totalmente la producción porcina, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: la conversión alimenticia (IC), la ganancia media de peso (GMD), la edad de entrada en la reproducción (EER), tasa de fecundidad (TF) y productividad numérica (Pn) (Santos, Tirapicos, Garcia, Loera y Garciay, 2012).

Según Koketsu, Tani & Iida (2017), la eficiencia reproductiva busca elevar las tasas de rendimiento en una explotación porcícola. Para las líneas maternas tiene un enfoque en la cantidad de lechones nacidos por camada, tasa de partos y las camadas por cerdas/año, estos cambios reproductivos antes mencionados ahora son una realidad, debido a que podemos obtener cerdas muy prolíficas que alcanzan a concebir de 14 a 16 lechones. Otro factor de alta relevancia que se debe tener en cuenta son los días improductivos de la cerda, la mejor opción para mejorar el rendimiento y minimizar los días no productivos es disminuir el intervalo desde el destete hasta la inseminación o monta, las áreas en las que se debe enfocar al reducir los días no productivos son: programas de alimentación de cerdas, condición corporal, técnicas de inseminación, detección de celos, detección de preñez, manejo del grupo de primerizas, edad de destete, distribución de paridad y

mortalidad y en último caso el sacrificio de las cerdas. En el verraco se centraron en, la fertilidad al 90%, la producción de esperma y su viabilidad, las cerdas servidas, dando como resultado al cerdo moderno y más eficiente (Cordova y Reyes, 2016).

2.4.2. Inseminación artificial

2.4.2.1. Inseminación artificial en porcinos

Esta técnica consiste en la deposición del semen con material genético superior mediante un catéter, el semen tiene que cruzar el cérvix y llegar al cuerpo uterino (Canea, Pereyra, Cane, Marinib, y Teijeirob, 2019). Las primeras aportaciones para el desarrollo de la IA en cerdos fueron en los años 1926 a 1940 en Rusia, Estados Unidos, Japón y Europa. La porcicultura de Reino Unido en 1960 fue una de las primeras en dar un gran cambio al reemplazar la monta natural a la IA, en el mismo año establecieron centros de inseminación artificial para la producción de semen con verracos de alto valor genético, dando como resultados tasas de reproducción que alcanzaban del 80 al 90% y el tamaño de camada de 11 y 13 cerdos (Knox, 2015).

En la actualidad esta técnica reproductiva es la más eficaz y aplicada aproximadamente en el 90% de las explotaciones a nivel mundial, con los avances de la biotecnología en este campo se ha logrado obtener el 93% de tasa de partos y 16 lechones nacidos por camada (Waberski, Riesenbeck, Schulze, Weitze & Johnson, 2019). La IA se centra en extender la vida del esperma (conservación de los espermatozoides), disminución del número de espermatozoides utilizados por inseminación o por ciclo de celo, impulso al progreso genético, limitar la propagación de enfermedades venéreas, y el diseño de nuevos dispositivos de inseminación con el objetivo de mejorar la eficiencia e incrementar la economía del productor. Es importante que las inseminaciones se realicen aleatoriamente de dos o tres veces, para nulíparas en intervalos de 12, 24 y 36 horas y en multíparas 24 y 36 horas (García, Mellagi, Ulguim, Llamas, & Bortolozzo, 2019).

2.4.2.2. Inseminación artificial cervical (IAC)

La inseminación artificial cervical o tradicional en sus inicios fue una de las técnicas más novedosas en la porcicultura, consiste en el depósito de la dosis seminal con el catéter a centímetros del cérvix de la cerda, el semen debe llegar al cuerpo lúteo para lograr fecundar (Quirós, Madrigal, Camacho, & Valverde, 2018). Se debe tener en cuenta la higiene del aparato reproductor de la hembra por lo que se debe limpiar la vulva para evitar infecciones (García, 2009).

Según Bortolozzo, Gonçalves, Boscato & Bernardi (2015) la dosis seminal para IAC se suelen emplear entre 2.5 y 4 mil millones de espermatozoides por cada inseminación en un volumen entre 80 y 100 ml de diluyente, el mismo que es depositado dos o tres veces durante el estro.

2.4.2.3. Inseminación artificial post cervical (IAPC)

La industria porcina es muy importante a nivel mundial, ha tenido avances tecnológicos significativos en el área de reproducción, entre estas nuevas innovaciones aparece la inseminación post cervical (IAPC), la misma que está reemplazando a la IAC o tradicional (Cane, Pereyra, Cane & Teijeiro, 2019).

En la inseminación artificial post cervical, por medio de un catéter, el volumen seminal es depositado pasando el tercer anillo del cérvix, con un volumen seminal (80-100 ml) se obtienen altas tasa de fertilidad con un promedio de 12 lechones nacidos por camada. Cabe destacar que las cerdas pueden ser inseminadas en intervalos de 12 y 24 horas, dos o tres veces durante el período estral (García et al., 2019).

2.4.2.4. Inseminación artificial Intrauterina (IUI)

La Inseminación artificial Intrauterina surge a partir de los requerimientos de una técnica en la que se aprovecha de mejor manera el volumen seminal, que no implique costos elevados y sobre todo que sea una técnica de fácil manipulación para satisfacer la constante y creciente demanda de carne de cerdo de toda la población (Caravacaa et al., 2012).

Actualmente en la mayoría de las granjas porcícolas utilizan la IUI, debido a su sencillez y múltiples ventajas que implica el uso de menos de la mitad de volumen seminal que se utilizará en la inseminación artificial post- cervical y menor concentración de espermatozoides debido a que el semen es depositado en la división de los cuernos del útero a través de un catéter-anula, además no existe reflujo seminal y el mejoramiento genético es más rápido (Caravacaa et al., 2012).

En cuanto al rendimiento reproductivo de este método asegura altas tasas de preñez y parto con aproximadamente 14 a 16 de lechones nacidos vivos demostrando así un aproximado del 90 al 95% de efectividad en el rendimiento reproductivo en comparación a técnicas convencionales (Suarez et al., 2019), Así mismo, la IUI implica también otras biotecnologías reproductivas como el uso del esperma congelado y descongelado (Compagnoni, Tittarelli y Williams, 2019).

2.4.2.5. Calidad seminal

La industria porcina requiere la evaluación de las características del semen del cerdo con la finalidad de garantizar la efectividad antes del servicio, debido a esto es necesarios métodos de detección eficaces para los eyaculados antes del proceso y el buen desempeño de la inseminación artificial, el eyaculado utilizado para los diferentes métodos de IA deben ser analizados, caso contario se produce un aumento de la tasa de retorno del estro o disminución de la tasa de parto, por lo tanto la reducción del tamaño de la camada, generando un menor retorno económico para el productor (Oberlender, Murgas, Silva, Pereira & Muzzi, 2012).

Se puede señalar que hay cuatro parámetros para evaluar la calidad del semen del verraco: morfología e integridad del acromosoma, concentración y motilidad, el semen se recolecta de uno a dos veces por semana para cerdos de 10 meses (Tsakmakidis, Tarek, Boscos, 2012).

Según Knox (2012) las medidas normales de eyaculación son las siguientes:

- ✓ Volumen total de eyaculado: 200-400 ml
- ✓ Volumen rico en esperma: 100-200 ml
- ✓ Células de esperma / eyaculación: 60-130 mil millones
- ✓ Esperma normal: 80-90%
- ✓ Esperma móvil: 80%
- ✓ Semen vivo: 90%

El análisis de semen es una prueba básica para evaluar la función reproductiva, las valoraciones diarias de la motilidad y la morfología de la muestra de semen almacenada contribuirán a garantizar que no se utilicen dosis de semen deterioradas en la granja. Es fundamental, la edad del verraco, ya que influye directamente sobre el volumen de la eyaculación, la concentración de esperma, la motilidad y las anomalías (Wolf y Smital, 2009).

La morfología de los espermatozoides se ha empleado en la evaluación de la fertilidad del cerdo para comprobar su viabilidad, además añaden que el volumen máximo de semen y la concentración de esperma se pueden obtener de verracos de 24 a 29 meses de edad y la producción de esperma tendía a aumentar hasta la edad del verraco de 3,5 años (Wolf y Smital, 2009).

También, Midzak, Chen, Papadopoulos y Zirkin (2009) señalan que los niveles séricos de testosterona disminuyen con la edad, debido a que las células de leydig se envejecen.

2.4.2.6. Morfología espermática

El espermatozoide del cerdo es similar al de otras especies domésticas. Según Valdés (2015) describe al espermatozoide con una cabeza aproximadamente de 8.5 μm, la pieza intermedia mide aproximadamente 10 μm de largo y su cola de 30 μm, además está cubierta por una estructura procedente del aparato de Golgi que se encuentra en forma de una capa denominada acrosoma conformada por una membrana acrosomal interna y una externa, juntas forman la membrana plasmática del espermatozoide, cabe recalcar que dichas membranas en su interior tienen el contenido acromasal, el mismo que es propenso a sufrir variaciones y deteriorar la viabilidad espermática.

Por otra parte, la inseminación artificial desde 1930 se ha utilizado en la industria porcina, entre sus ventajas se destaca la difusión de la genética, por esta razón en los últimos años la biotecnología reproductiva se ha enfocado en el estudio para identificar genes que puedan ser los causantes de las anomalías en la morfología del esperma (gota proximal, gota distal, cola doblada, cola enrollada y reflejo de la pieza intermedia distal) y de los procesos moleculares que pueden afectar los rasgos del semen de cerdo (Chakurkar et al.,2016).

Con la rapidez de los avances tecnológicos se han desarrollado varios métodos que permiten evaluar las características del semen del verraco, entre ellas está el sistema CASA (Computer Assisted Semen Analysis, o ISAS, Integrated Semen Analisis System), el mismo que ayuda a distinguir anomalías morfológicas (Lipenský, Lustyková, Ceřovsk, 2010). Así también, se encuentran los exámenes morfológicos que se realizan con microscopía permitiendo una mayor distinción de las membranas y las partes del esperma. Otro método conocido es la tinción de eosina-nigrosina que permite evaluar la viabilidad espermática; el estado del acromosoma e integridad (Kondracki, Wysokińska, Kania & Górski, 2017).

Una vez realizado dichos métodos para evaluar la calidad seminal, según los estudios realizados por Kondracki, Wysokińska, Kania & Górski (2017) consideran que el rango normal de la frecuencia de anomalías no supera el 10%, en acrosomas, piezas medias, colas o gotitas citoplásmicas proximales se permite del 5% hasta el 15%. En la figura 3

se muestran las anormalidades comunes en la cabeza, la pieza media, la cola y los acrosomas de los espermatozoides.

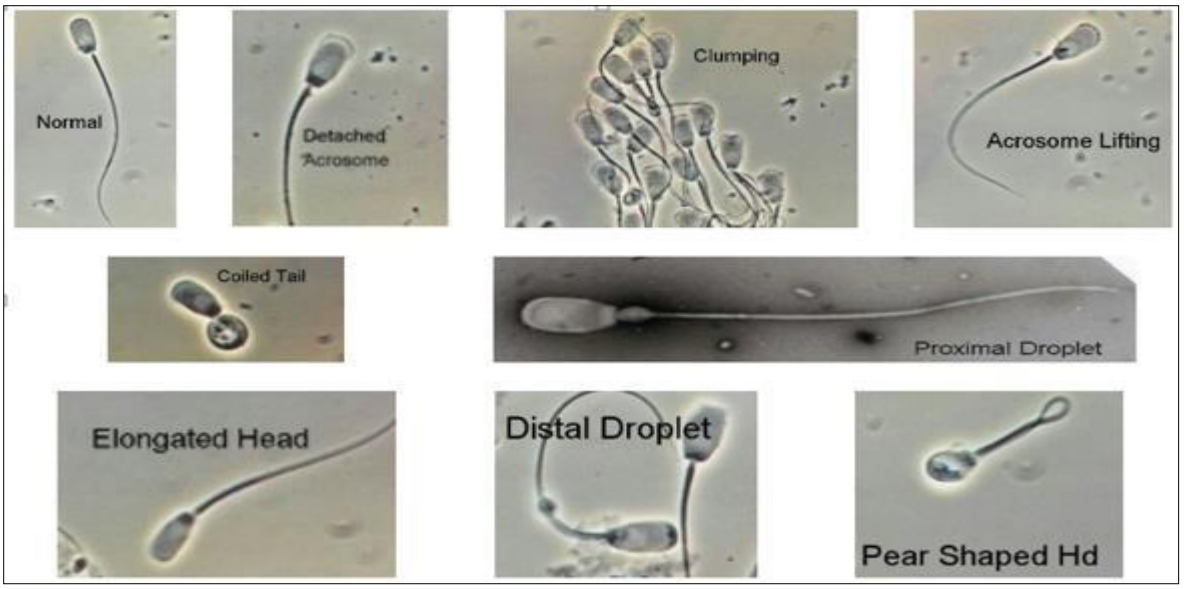

Figura 3. Anormalidades comunes en la cabeza, la pieza media, la cola y los acrosomas de los espermatozoides

Fuente: Rozeboom. (2000)

2.4.2.7. Motilidad espermática

La selección adecuada de los sementales juega un papel fundamental para la eficiencia reproductiva, los cerdos de genética superior y con buena producción de semen son necesarios conservarlos. Para seleccionar verracos óptimos para el sistema de producción, se debe tener en cuenta la calidad del esperma de los verracos; un factor importante a considerar es la manipulación de los eyaculados que se debe realizar de una forma controlada para evitar daños en los espermatozoides (Rodríguez, Soom, Arsenakis & Maes, 2017).

La concentración, motilidad y morfología espermáticas se determinan mediante una Cámara de Makler, un microscopio óptico dotado de contraste de fases, una cámara digital y un programa informático de análisis seminal (CASA, Computer Assisted Semen Analysis, o ISAS, Integrated Semen Analisis System)(Broekhuijse,Zandee & Feitsma, 2012).

En cuanto a la motilidad sus valores se expresan en porcentaje dependiendo del tipo de movimiento que presenten las células espermáticas, valoran como mínimo 70%, si presenta un movimiento rectilíneo sin oleaje representa entre el 60 a 65%, en el caso sin

oleaje toma valores entre 70 a 75 % y si se manifiesta en forma de remolino con movimientos rápidos significa una motilidad de > a 75% (Rodríguez, 2017).

2.4.2.8. Diluyentes

El diluyente es una solución que permitirá aumentar el volumen del producto seminal hasta la dosis requerida y generar un ambiente que proteja a los espermatozoides a lo largo de las etapas de enfriamiento, descongelación y congelación, además de ayudar a conservar las características funcionales de las células espermáticas, así mismo ayudana tener el nivel de fertilidad apropiado, facilitan los nutrientes necesarios de la célula espermática, brindan protección frente al shock térmico causado por el frio (BSA), controlar el pH (bicarbonato, TRIS, HEPES), la presión osmótica (NaCl, KCl) y los antibióticos para la inhibición del desarrollo microbiano (Vinansius, Nurul, y Trinil, 2019).

Los diluyentes se han clasificado en dos grupos: los de corto plazo con propiedades de conservación de uno a tres días, mientras que los de largo plazo tienen propiedades de conservación de más de cuatro días (Vega, 2020). Los diluyentes de corto plazo utilizan a corto plazo y en bajas concentraciones espermáticas lo cual permite mayor número de inseminaciones en una sola recolección distancia y conservan el semen a 15 a 20 ºC, caso contario afectara a su viabilidad. La preparación de este tipo de diluyente es de bajo costo y presenta baja tasa de motilidad (Gadea, 2003).

Los diluyentes a largo plazo se utilizan para su distribución a larga distancia con una refrigeración entre 15 y 17 ºC, permite realizar pruebas diagnósticas de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para detectar la presencia de virus o un análisis de la calidad de semen. Este tipo de diluyentes han sido ampliamente estudiados con el fin de poder ampliar el tiempo de conservación sin disminuir la calidad espermática (Codoy y Avellana, 2017).

Según Vega (2020) los componentes de los diluyentes son:

- ✓ **Antibióticos:** Kanamicina, neomicina y gentamicina aunque la unión europea, está encargada de regular las combinaciones contra leptospira y micoplasma.
- ✓ **Sales de iones orgánicos:** Para la regulación osmótica, se emplea el uso de cloruro potásico y sódico.

- ✓ **Glucosa:** Monosacárido más utilizado en los diluyentes porcinos, este componente proporciona energía
- ✓ **MOPS, HEPES:** Tamponadores con capacidades para regular el potencial de hidrógeno seminal evitando la reducción del metabolismo energético y la motilidad. El citrato sódico y el bicarbonato poseen capacidad tampón limitada.

Condoy et al., (2017) señalan que los primeros diluyentes rusos fueron elaborados a base de glucosa y soluciones que contienen tartrato de sodio, potasio o sulfato de sodio y peptonas. En la década de 1950, los diluyentes destinados para inseminación artificial fueron elaborados a partir de la yema de huevo más fosfato o citrato y para reducir la actividad metabólica gasearon con CO_2. Para el año 1960 presentó una gran innovación al añadir un agente quelante (EDTA) para diluir el semen, a partir de esta innovación aparece un nuevo diluyente denominado Kiev, se modificó bajo varios nombres (EDTA, Merck I, Plisko, Guelph) (Figueiredo, Fernandes y Dahl, 2013).

Actualmente, el diluyente BTS es utilizado en condiciones comerciales para la conservación del semen a corto plazo. Vinansius, Nurul & Trinil (2019) revelaron que utilizaron dicho diluyente durante 6 horas de almacenamiento entre 16 a18 ° C y mostró una motilidad del 79,8% los espermatozoides, también analizaron el diluyente TRIS elaborado a base de tris aminometano + yema de huevo al 30%, así mismo revelo una tasa de concepción (CR) de 86,67% y 83,33%.Por otra parte Ausejo (2016) señala que los diluyentes de MAGAPOR, Duragen® y Vitasem® actúan a largo plazo, pueden potenciar la capacidad de fertilización y tamaño de la camada, además están aptos para mejorar la conservación y el almacenamiento de esperma, un factor esencial es la aplicación de los correctos tipos de diluyentes donde se va a conservar el material seminal.

2.4.3. Transferencia de embriones en porcinos (TE)

2.4.3.1. Aplicación de la transferencia de embriones a nivel mundial

La transferencia de embriones se utiliza para reproducir cerdos de genética superior y minimizar los riesgos de enfermedades, promueve la utilización de tecnologías reproductivas, tales como la transferencia de embriones, es una biotecnología reproductiva que colecta embriones de una hembra (donadora); los embriones se recolectan por dos (método quirúrgico y no quirúrgico) y transfiere uno o más de estos embriones a una madre sustituta (receptora), por lo general se transfieren después de pocas horas de la recolección,

por otra parte, los embriones pueden ser almacenados durante 30 meses con el método de crío preservación - vitrificación (Groke, Pereira & Pandolfi, 2019). La transferencia de embriones da como resultado camadas numerosas, alcanzan la pubertad con relativa rapidez y tienen el período de gestación relativamente corto. Esta técnica novedosa contribuye a la realización de una correcta planificación de cruzamientos y acelera el mejoramiento genético en las granjas porcinas (Martínez et at., 2019).

En el año 1950, la industria porcina produjo los primeros cerdos por trasferencia de embriones, desde la fecha grandes empresas e institutos privados se dedican a la investigación Biomédica, es por ello que actualmente se producen embriones *in vitro* llegando a reemplazar a embriones *in vivo*, además de permitir dar origen a cerdos genéticamente modificados a través de alteración nuclear de células somáticas o las tecnologías de edición del genoma (Youngs, 2018).

San Martín (2016) señala los factores que se debe tener en cuenta en la transferencia de embriones.

Control de ciclos estrales: Para efectuar con éxito la TE frescos, no congelados, deben sincronizarse los ciclos, de modo que donadora y receptora se encuentre al mismo tiempo en celo.

Súper-Ovulación: A pesar que una cerda en forma natural ovula alrededor de 10 a 25 ovocitos por ciclo, la donadora puede estimularse hormonalmente para una producción mayor, lo que la hace más eficiente para la TE.

Reconocimiento del celo: Debe aplicarse un método único y fiable de manejo y detección del celo, tanto para donadora como receptora, de modo que la receptora se encuentre en la misma fase del ciclo que la donadora.

Colección y transferencia de embriones: Actualmente se evalúan diversos métodos quirúrgicos, semi-quirúrgicos y no quirúrgicos, a fin de definir el método más efectivo y viable para la especie porcina.

En las figuras 4 y 5 se muestran el proceso de recolección y transferencia de embriones.

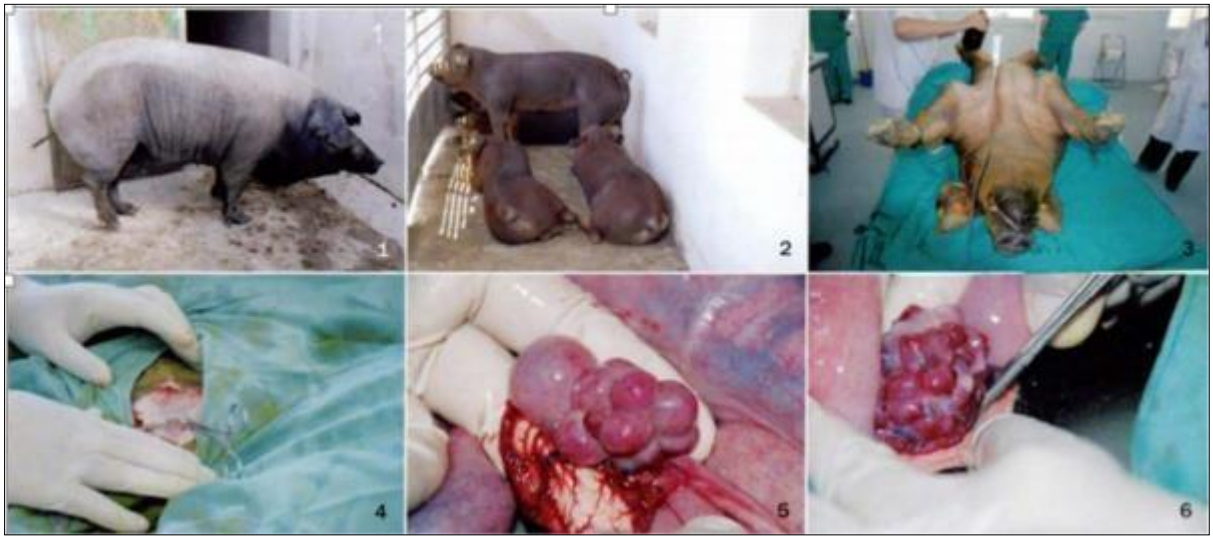

Figura 4. Proceso de recolección de embriones.

Fuente: Wheeler, Clark, S., & Beebe. (2004)

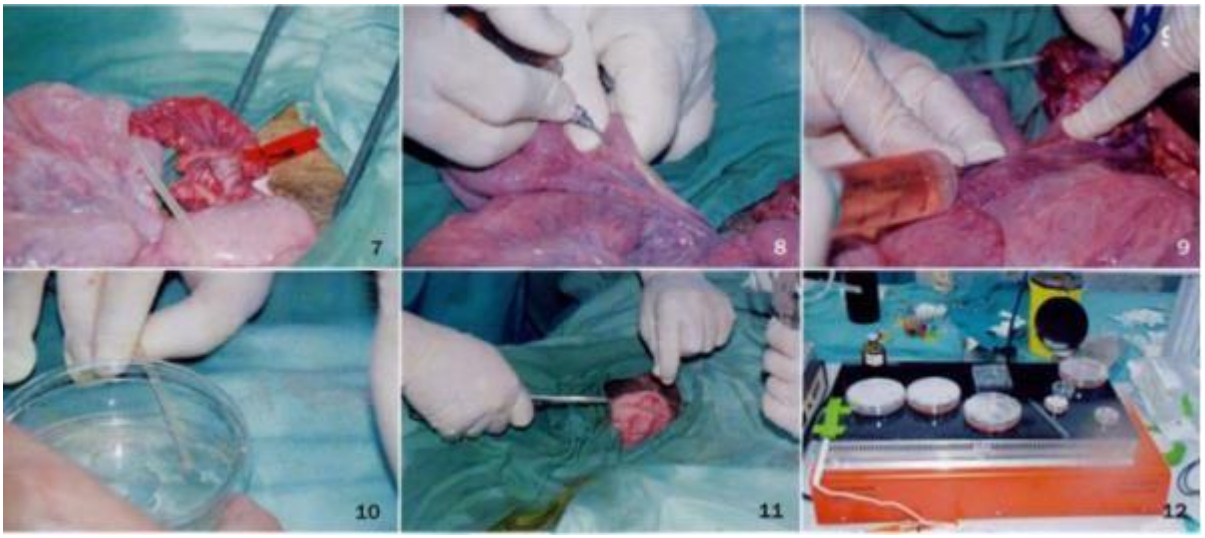

Figura 5. Proceso de la transferencia de embriones

Fuente: Wheeler, Clark, S., & Beebe (2004)

2.4.3.2. Edad de las donadoras

La edad de la donante puede desempeñar un papel importante cuando se utilizan cerdas jóvenes como hembras donantes, puesto que las primerizas deben poseer un nivel más alto de mérito genético que las cerdas del mismo rebaño si los programas de selección genética son eficaces. Este es un fuerte incentivo para utilizar a las primerizas como hembras donantes, sin embargo, la supervivencia de los embriones de las primerizas en celo es aproximadamente un 20% menor comparado con el de las primerizas mayores cuando las gestaciones se establecieron por apareamiento o transferencia de embriones.

Por lo tanto, es importante evitar el uso de primerizas como donantes de primer ciclo (Vajta et al., 2006).

La detección y sincronía del estro entre hembras donantes y receptoras es crucial para el éxito de la. Transferencia de embriones. Varios estudios han indicado claramente que el grado de sincronía del estro entre donantes y los receptores tienen una profunda influencia en el éxito del procedimiento. Otro factor clave para el éxito es la transferencia de embriones "mayores" en un útero más "joven" que da como resultado una mayor supervivencia embrionaria (58%) hasta el día 30 de gestación, mientras que los embriones más jóvenes transferidos a un útero más viejo resultan una menor supervivencia (38%). Las cerdas ovulan de 10 a 20 ovocitos maduros, de modo que solo unos 200 ovocitos se utilizan para la fertilización durante la vida útil (Youngs, 2001).

2.4.3.3. Recolección de embriones

Los embriones se pueden recuperar en diferentes fases de desarrollo embrionario, que van desde la etapa 3 que se encuentra en un estadio de mórula y la etapa 4 en la que el embrión está en la fase de blastocito, esta fase alcanza aproximadamente a los 6 días después de la fecundación del óvulo. El lavado o recolección de embriones se realiza en el cuerno uterino de la cerda donadora (Brüssow, Rátky, Antosik, Kempisty & Jaśkowski, 2018).

2.4.3.4. Manejo de Embriones

Posterior a la recolección o lavado, los embriones son colocados en un medio de cultivo con condiciones adecuadas para garantizar la supervivencia hasta ser transferidos a una hembra receptora. Los embriones obtenidos son examinados *in vitro* a través de un microscopio estereoscópico, se evalúan características morfológicas, sexado de embriones y se evalúa la viabilidad de estos (si son aptos o no para transferirlos) (Brüssow et al., 2018).

Después de la evaluación morfológica los embriones se almacenan por un tiempo corto (<4 h) en un medio de cultivo hasta que sean transferidos a las cerdas receptoras, por lo que un medio de almacenamiento (medios tamponados con fosfato solución salina (PBS) con 3% de BSA o HEPES solución de Tyrode modificada tamponada) debe asegurar la viabilidad de los embriones durante ese tiempo (Fowler, Mandawala, Darren, Grant, & Harvey, 2018).

2.4.3.5. Crio preservación de embriones porcinos

En los últimos años la industria porcina exige métodos seguros, simples y estandarizados que aseguren la supervivencia y calidad del embrión al llevarlas a campo. Nohalez et al (2018) mencionan que se han desarrollado nuevas tecnologías de crío preservación de embriones, es así como la vitrificación es el método más eficaz y exclusivo para la conservación de estos en las etapas de mórula y blastocitos.

La vitrificación es una técnica sofisticada de crío preservación de embriones mamíferos, que consiste en la conservación de los embriones obtenidos de las hembras donantes y que son sumergidos en una solución temperaturas bajas evitando la formación de cristales de hielo para posteriormente ser usados en el futuro. El procedimiento implica un incremento de la viscosidad que se logra a través de altos índices de enfriamiento y calentamiento (Vajta & Kuwayama, 2006).

Durante este procedimiento existe el riesgo de que formen cristales de hielo que provoquen daños en las diferentes estructuras del citoplasma, por lo que es necesario la deshidratación de los embriones mediante soluciones crío protectoras que son incorporadas en el medio de congelación (Liu, Du, Lin, Li, Kragh, Kuwaya, Bolund, Yang, & Vajta, 2008).

Existen tres presentaciones: pajuela abierta, pajuela súperfino abierto y pajuela estirada con un volumen de 0,25mL, la rapidez de enfriamiento se puede medir con tres sistemas: OPS, SOPS y Vit-MasterSOPS. La extracción de embriones para dicha técnica se realiza de manera quirúrgica al sexto día del ciclo estral de la cerda (Nguyen et al., 2020).

Celestino (2002) menciona que los embriones al ser sometidos a bajas temperaturas (-196 °C en nitrógeno líquido) reducen sus actividades fisiológicas (crecimiento, respiración, metabolismo, etc.), por lo que su conservación se puede prolongar por largos periodos sin verse afectado tanto en su viabilidad como en su genética.

2.4.3.6. Tipos de crioprotectores

Permeables o intracelulares: se utilizan alcoholes como, Dimetilsulfóxido (DMSO), 1-2 propanodiol, Glicerol (G), propilenglicol (PG), etilenglicol (EG), entre otros. Estos creioprotectores se caracterizan por su bajo peso molecular (Miyake, Kasai, Zhu, Sakurai, & Machida, 2006).

Impermeables o extracelulares: se utilizan azúcares como, fructosa, glucosa, ficol, polivinilpirrolidona (PVP), trealosa, lactosa, entre otros. Estos crioprotectores se caracterizan por ser compuestos con un alto peso molecular (Kuleshova, Farlene, Trounson, & Shaw, 2005).

2.4.3.7. Transferencia embrionaria no quirúrgica

La transferencia de embriones no quirúrgica es una técnica que no afecta al bienestar animal, el procedimiento se debe realizar en condiciones de asepsia para evitar infecciones uterinas después de la transferencia de embriones, se transfiere aproximadamente de 16 a 20 embriones *in vivo* o *in vitro* en etapa de blastocitos. Se realiza con un catéter NsDU - ET, insertado a través del cuello uterino hasta llegar al cuerno, con esta técnica reproductiva se puede obtener una buena fertilidad y prolificidad

La transferencia de embriones frescos refleja mejor desempeño productivo que alcanzan tasas de partos del 80% a 90 % y 9,0 a 9,5 lechones nacidos, en el caso de embriones crio preservados con vitrificación las tasas disminuyen al 71,4% y 6,9 lechones nacidos por camada (Martínez et al., 2015).

2.4.3.8 Transferencia embrionaria quirúrgica

Los investigadores Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin (2016) señalan que la Transferencia de embriones quirúrgica es riesgosa, puede causar infertilidad y es costosa. Es importante que la cerda no reciba agua ni alimento un día antes de la cirugía, esto permite que la cánula ingrese con facilidad sin causar daño en las vísceras, las cerdas son anestesiadas con tiletamina / zolazepam (3,0 mg • kg-1), xilazina (1,2 mg • kg-1) y tramadol (1,6 mg.kg-1), administradas por vía intramuscular, cabe recalcar que el procedimiento se debe realizar en condiciones de asepsia, se debe realizar en la punta del cuerpo uterino (embrión de 8 células a blastocisto), para garantizar la supervivencia del embrión. Para este método la tasa de concepción es aproximadamente entre 70 y 56 % (Brüssow et al., 2018).

En las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran el insertado en el lumen del útero, ubicación del sitio de inicio del agrandamiento infundibular, orificio abdominal de la trompa uterina agrandamiento fundibular, insertado en el oviducto y oviducto inflamado después de la inyección.

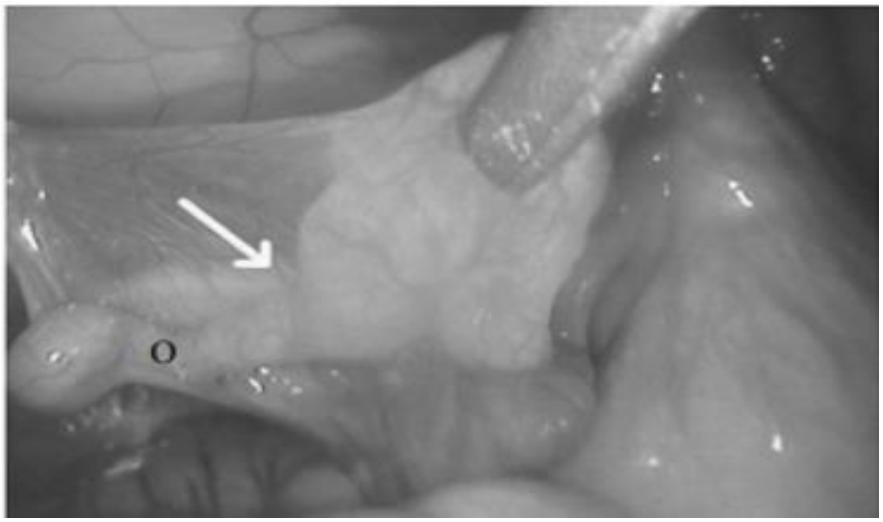

Figura 6. Insertado en el lumen del útero

Fuente: Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin. (2016)

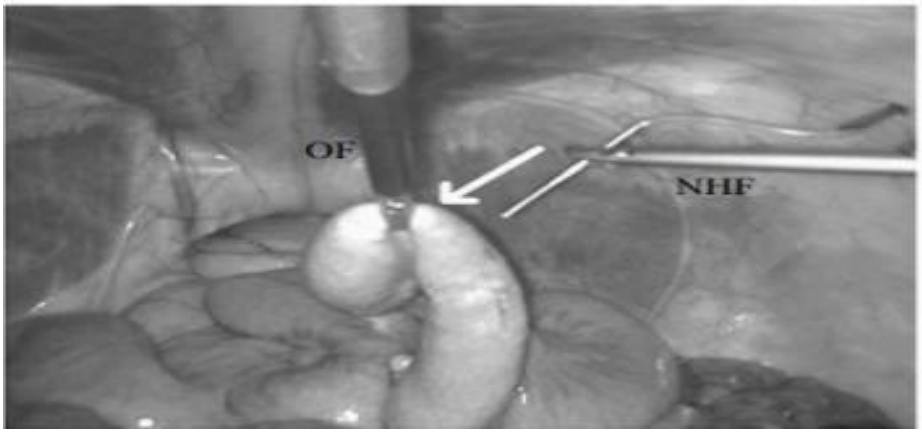

Figura 7. Ubicación del sitio de inicio del agrandamiento infundibular - agrandamiento fundibular

Fuente: Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin. (2016)

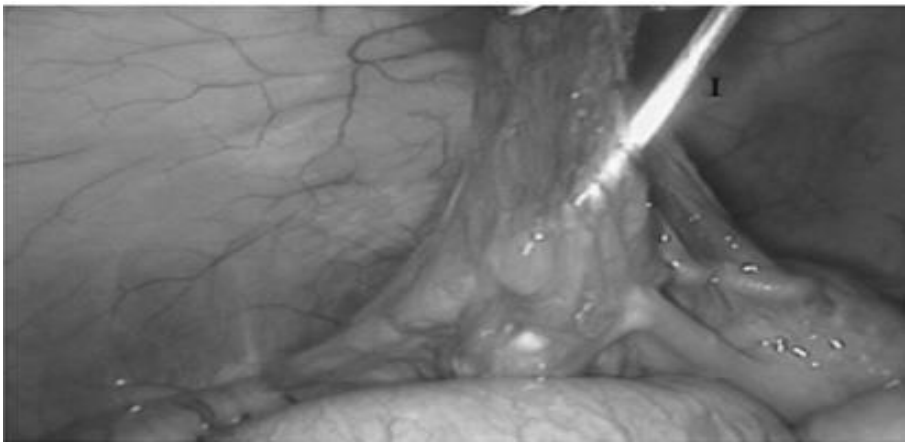

Figura 8. Orificio abdominal de la trompa uterina agrandamiento fundibular

Fuente: Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin (2016)



Figura 9. Insertado en el oviducto

Fuente: Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin (2016)

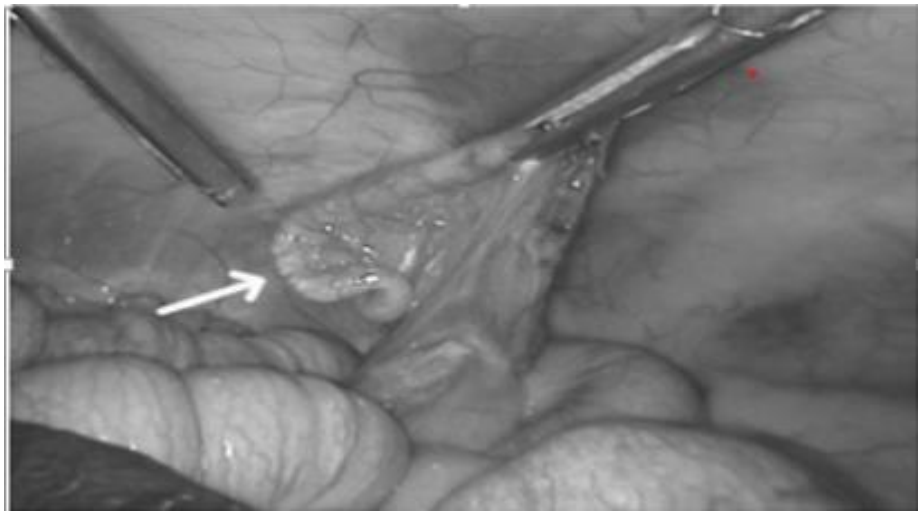

Figura 10. Oviducto inflamado después de la inyección

Fuente: Zheng, Jian-tao, Hai-feng & Hong-bin (2016)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación

D**e**bido a las condiciones de restricción impuestas por el Gobierno Nacional durante la pandemia, el estudio se ejecutó en modalidad online revisando información científica desde casa, bajo el asesoramiento del tutor a través de la plataforma TEAMS, medio oficial que utiliza la Universidad Estatal Amazónica para la modalidad virtual.

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo no experimental exploratoria y documental, la cual se realizó mediante una revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias sobre la situación actual de las técnicas de reproducción en porcinos como mejoradoras del potencial productivo y reproductivo.

3.3. Método de la investigación

Se utilizó el método de investigación secundaria. Esta investigación considera diferentes fuentes secundarias, se realizaron revisiones de la literatura científica relacionadas con las técnicas de reproducción en porcinos, las cuales fueron extraídas de las bases de datos: Scopus, Science Direct, Scielo, Redalyc, Latindex y Google Académico, al igual que en tesis de posgrado y pregrado.

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Parámetros indicativos de calidad seminal de semen fresco y congelado

Para evaluar la calidad seminal los indicadores son: volumen (ml), motilidad (%) y concentración (ml) y las anomalías espermáticas, las mismas que se encuentran relacionadas directamente con problemas de fertilidad. Es importante realizar estas evaluaciones antes de incluir al verraco en los programas de inseminación (Valdés, 2014). En la tabla 1 se muestran diferentes parámetros de muestras de semen fresco y congelado.

Tabla 1. Evaluación microscópica seminal en cerdos

Parámetros	VL (ml)	CE ($x10^6$)	MM (1-5)	VI %	Referencias
Semen fresco	7,4	474,5	2,5	_	(Xu et al.1996)
	2,10	187	_	78,2	(Rugeles et al. 2013)
Semen congelado	6,76	350,00	4,95	99,13	(Samaniego, 2015)
	_	350,00	4,97	99,50	(Salazar, 2014)

VL (Volumen), CE (Concentración espermática), MM (Motilidad Masal), VI (Vitalidad espermática)

Según Xu et al. (1996), el mayor volumen y concentración espermática se encuentra en el semen fresco. Con respecto a la motilidad masal y vitalidad espermática (Samaniego, 2015; Salazar, 2014) reporta los mejores valores para el semen congelado. Según Compagnoni, Tittarelli y Williams (2019) los valores normales del semen se encuentran en: volumen de eyaculado 100 - 500 ml, motilidad >75%, concentración 700 – 800 x 10^6/ml, las malformaciones no deben superar el 10 – 15% y espermatozoides normales el límite de aceptabilidad es del 70 %.

Parámetros indicativos en calidad seminal de cerdos

La valoración de la calidad seminal es de vital importancia, ya que permite conocer las características macroscópicas como el color, pH y olor. Para lo cual el color normal del semen es de tono cremoso, si es claro presenta una escasa concentración espermática, si en el caso es de color amarillento revela la presencia de orina. En cuanto al olor puede ser de olor característico, en el pH en esta evaluación corresponde la acidez o

Alcalinidad (Samaniego, 2015). En la tabla 2 se observa la evaluación macroscópica seminal en semen fresco y congelado.

Tabla 2. Evaluación macroscópica seminal en cerdos

Parámetros	VL (ml)	pH	Color	Olor	Referencias
Semen fresco	125	8	Blanco lechoso	Suigéneris	(González, 2006)
	180	7,5	Blanco lechoso	Inodoro	(Tana, 2017)
Semen congelado	418	7	Blanco Lechoso	Característico	(Julca, 2014)
	187	7.11	Blanco lechoso	Proteico neutro	(Samaniego, 2015)

La evaluación macroscópica es muy importante para eliminar los eyaculados inadecuados, especialmente aquellos contaminados. En los centros de IA son los equipos de análisis de semen asistidos por computadora (CASA) y los fotómetros (es decir, espectrofotómetros). Según Rodríguez (2017), el verraco eyacula normalmente entre 100 a 500 ml dependiendo de la edad y raza, caso contario la concentración espermática es muy baja. Además, Yánez (2015) señala que el pH juega un papel fundamental para determinar la viabilidad y motilidad espermática, el mismo que oscila entre 6 - 7,5 valores óptimos para ofrecer un buen servicio. Cuando el semen supere un pH de 8 indica la baja calidad del eyaculado o algún proceso infeccioso en el tracto genital. En el semen fresco González (2006), reporta el valor más alto en el pH y olor suigéneris, mientras que Tana (2017) obtuvo un pH dentro del rango normal de referencia. Por otra parte, para semen congelado (Julca, 2014; Samaniego, 2015), reportan pHs neutros.

Principales alteraciones en la morfología del espermatozoide

En las anomalías espermáticas del semen se encuentran un fenómeno muy común llamado Aglutinación así mismo tiene la presencia de impurezas en la cual, indica una mala maduración epidémica. Las anomalías con mayor frecuencia suelen aparecer son las gotas citoplasmáticas tanto proximale4s como distales, así como las colas de látigo, ambos casos se tratan de malformaciones de tipo secundario que se producen durante la maduración de los espermatozoides (Le Coz, 2006). En la tabla 3 se muestran las anormalidades en la calidad seminal de cerdos.

Tabla 3. Anormalidades en calidad seminal de cerdos

Parámetros	Motilidad (0-5)	VI %	AE %	AR %	Referencias
Semen fresco	3,65	88,30	22,05	2,87	(Morales et al., 2012)
	3,40	91,61	19,26	3,80	(Villalobos et al., 2008)
Semen congelado	3,29	88,64	21,04	2,71	(Morales et al., 2012)
	2,19	45,27	8,50	_	(Intriago & Vargas, 2019)

VI (Vitalidad espermática), AE (Anormalidades espermática), AR (Acrosomas reaccionados)

Para la selección del cerdo reproductor es de suma importancia realizar evaluaciones sobre la calidad seminal, para ello se realiza análisis macroscópicos y un examen microscópico. El examen microscópico es el que permite detectar la motilidad, cantidad de espermatozoides y su calidad, además, movilidad, malformaciones y patologías, con la finalidad de que posteriormente no afecte el desempeño reproductivo (Rodríguez et al., 2017). Según Villalobos et al. (2008), el semen fresco tiene los valores más altos en la vitalidad y acrosomas reaccionados. Por otra parte, Morales et al. (2012) reporta para el semen congelado mostro mayor vitalidad espermática, sin embargo, presenta altas anormalidades y acrosomas reaccionados.

Patologías espermáticas

En la tabla 4 se muestra algunas patologías recurrentes que presenta el verraco. Para detectar estas patologías se realiza un examen macroscópico y microscópico del eyaculado en los que se mide el volumen, la concentración, la motilidad, el estado del acrosoma y las morfo anomalías espermáticas, es necesario realizar las evaluaciones de calidad seminal para evitar una alteración en la eficiencia reproductiva (Sepúlveda, 2016).

Tabla 4. Anomalías espermáticas

Parámetros	PET %	PCa	PA	PPM	Referencias
Semen fresco	10,22	0,87	0,00	3,85	(Torretta et al., 2010)
Semen congelado	12,51	3,42	0,25	3,58	(Oberlender et al.,2012)

PET: Patologías espermáticas totales, PCa: Patologías espermáticas de la cabeza, PA: Patologías de los acromosomas, PPM: Patologías de cuello y pieza media.

Los valores normales de referencia muestran anormalidades de cabezas espermáticas 2-5 %, gotas citoplasmáticas proximales 1-5 %, defectos de acrosoma 1-2%, anormalidades de pieza media 2-5 %, colas dobladas simples 1-5 % y ninguno de los otros parámetros acrosomas, pieza media, cola, gotas citoplasmáticas proximales) sobrepasan el 10 y 15 %, se puede deducir que el cerdo es apto para incluirlo en los programas de inseminación (Savic et al., (2017). Según Torrenta et al. (2010), el semen fresco presenta mayorpatologías espermáticas en la zona del cuello y pieza media. Por otra parte, Oberlender et al, (2012), reporta altos valores para patologías espermáticas de la cabeza y cuello y pieza media en semen congelado.

Volumen y concentración espermática.

La inseminación artificial es una técnica que actualmente ha resultado muy exitosa, permite una mayor eficiencia productiva, por lo que existe un incremento en el desempeño reproductivo, además de que se aprovecha de manera eficiente las dosis seminales. En la actualidad existen varios métodos de inseminación en la cual tanto el volumen como el número de espermatozoides varían en dependencia del lugar de deposición, por lo que el porcentaje de fertilización del óvulo se ve influenciada por el mismo (Compagnoni, Tittarelli, & Williams, 2019). En la tabla 5 se muestra el volumen seminal con respecto al lugar en el que se deposita el semen y el tiempo que implica determinado método.

Tabla 5. Técnica de monta natural en comparación a los métodos de inseminación artificial

	Monta Natural	**IAC**	**IAPC**	**IUI**
Volumen (ml)	250-400	70-90	15-40	33
Espermatozoides ($x10^9$)	60-80	2-3	1,5-0,5	-
Ubicación del semen	Cérvix	Cérvix	Cuerpo uterino	Útero
Duración del proceso	5-10 min.	3-5 min.	1-3 min.	2-3min
Referencias	Hernández et al. (2012).	Suárez, Mitjana, Tejedor, & Falceto (2019).	Wilson (2012).	Leyun, (2004).

IAC (Inseminación artificial cervical), IAPC (Inseminación artificial post- cervical), IUI (Inseminación artificial intrauterina)

Leyun (2014), reporta que la inseminación intra uterina es más eficiente que la técnica de monta natural, la inseminación cervical y la inseminación post cervical, debido a que el volumen seminal utilizado es realmente bajo, así como también la concentración espermática, además el tiempo que se requiere para efectuar la inseminación intra uterina es de aproximadamente 2 a 3 minutos. Por otra parte, según los datos descritos por Hernández et al. (2014) en la monta natural el volumen seminal es de 250-400 ml y el tiempo requerido para esta técnica es de 5 a 10 minutos dependiendo del reproductor.

Métodos de inseminación artificial (cervical, post-cervical e intrauterina)

La productividad de una granja porcina está relacionada con la eficiencia reproductiva, en la cual intervienen diferentes factores tanto medio ambientales como de manejo, sin embargo, se pueden mejorar con la implementación de biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial intrauterina (IUI) (Suarez, Nerín, y Recio, 2019). Esta técnica resulta ser mucho más eficiente que la inseminación convencional y de la inseminación post-cervical e implica una menor concentración de espermatozoides y un menor volumen seminal sin afectar la productividad ya que, el semen es depositado en la aproximación de la división de los cuernos del útero. Este método en comparación con los demás, representa una gran ventaja, ya que se evita la perdida de espermatozoides por reflujo del semen

(Hernández, Llamas, Rico, Ubéda, Matas, Gardon, y Vazquez, 2017). En las tablas 6, 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de los distintos métodos de inseminación artificial a diferentes concentraciones de volumen seminal en porcinos.

Tabla 6. Fertilidad y prolificidad con respecto a los métodos de inseminación convencional, post-cervical e intrauterina

Técnica IA	Cerdas inseminadas	Volumen (ml)	Espz/ dosis ($x10^6$)	Fertilidad (%)	Prolificidad (lechones x camada)	Referencias
IUI	1.664	40	1.500	91,65	15,83	Hernández et al. (2012).
IAC	1.716	80	3.000	82,58	10,65	
IUI	65.808	40	1.500	90,80	16,51	
IAC	68.308	80	3.000	83,30	10,51	Izco (2007).
IUI	3.077	80	750	91,3	16,3	
IUI	3.021	80	500	88,9	16,2	
IAC	3.099	80	2.000	82,2	11,5	Krueger & Rath, (2000).
IAC	100	90	-	82,98	11,48	
IAPC	100	30	-		13,07	Leyun (2004).
	100	15	-	84,20	13,80	
IAPC				84,08		

IAC (Inseminación artificial cervical), IAPC (Inseminación artificial post-cervical), IUI (Inseminación artificial intrauterina)

Hernández et al. (2012) e Izco (2007) en la inseminación intra-uterina obtuvieron los mejores valores en cuanto a fertilidad y prolificidad en comparación con la IAC y la IAPC, ya que con volúmenes seminales de 40 a 80 ml se obtuvo porcentajes superiores al 90% de fertilidad con un aproximado de 16 lechones nacidos por camada, mientras que en los resultados descritos por Kruger et al. (2000), Hernández et al. (2012) e Izco (2007) en la inseminación cervical o convencional se obtuvo una fertilidad promedio del 82% con 11 lechones nacidos por camada con un volumen seminal que oscila los 80 ml y en la

inseminación post cervical según Leyun (2004) con un volumen de 15 a 30 ml se obtuvo una fertilidad del 84% con una prolificidad de 13 lechones.

Tabla 7. Inseminación artificial post-cervical e intrauterina con diferentes volúmenes seminales

Volumen seminal (ml)		**Tipo de inseminación**		**Referencias**
	Concentración espermática	**Inseminación Post-cervical**	**Inseminación Intrauterina**	
50	2×10^9 4×10^9	66,6%(20/30) 73,3% (22/30)	76,6% (23/30) 83,3% (25/30)	Apic et al. (2015)
80	2×10^9 4×10^9	73,3%(11/15) 80% (12/15)	80% (12/15) 86,6% (13/15)	Compagnoni et al. (2019)
100	2×10^9 4×10^9	76,6% (23/30) 83.3% (25/30)	83,3% (25/30) 86,6% (26/30)	Rekkas & Samartzi (2013);
150	2×10^9 4×10^9	77,8% (35/45) 82,2% (37/45)	84,4% (38/45) 86,6% (39/45)	Kommisrud, Paulenz, Sehested & Grevle (2002)

En los resultados descritos por Apic et al., (2015), Compagnoni et al., (2019), Rekkas et al., (2013) y Kommisrud et al., (2002) la inseminación artificial intrauterina es más eficiente que la inseminación post-cervical, ya que con los mismos volúmenes seminales y la misma concentración de espermatozoides se obtuvieron porcentajes superiores de fertilidad y lechones nacidos por camada. Además, Compagnoni et al. (2019), Rekkas et al. (2013) manifiestan que el volumen seminal para una inseminación optima es de 80 a 100 ml con concentraciones espermática de 4 x 10^9 alcanzando tasas de fertilidad superiores al 83 % en el caso de la IAPC y cercadas al 87% con la IUI, ya que si se utiliza dosis de 50 ml Apic et al. (2015) se obtiene una fertilidad del 73 % y 83 % respectivamente, mientras que Kommisrud et al., (2002) con un volumen de 150 ml se obtiene tasas de fertilidad similares a los descritos por Compagnoni et al. (2019), Rekkas et al. (2013) y Kommisrud et al. (2002).

Tabla 8. Resumen de estudios con semen líquido de jabalí en inseminación artificial post-cervical (PCAI)

Referencias	Nº de animales inseminados	Células de esperma (IA)(10 x^9)	Volumen por IA (ml)	Concentración ($x10^6$ sperm/ml)	Preñez (%)	Parto (%)	Tamaño de camada
Mezalaira (2005)	221	PCAI – 0,25	20	12,5	77,1	-	10,8
		PCAI – 0,5	20	25,0	85,5	-	12,8
		PCAI - 1.0	20	50,0	84,7	-	12,2
Benneman et al. (2007)	154	PCAI- 0,5	20	25,0	95,4	92,7	11,3
	144	CAI – 3,0	90	33,3	97,9	97,9	12,1
Hernandez et al. (2012)	1716	CAI – 300	80	37,5	88,5	82,3	11,3
	1683	PCAI – 1,0	26	34,4	90,3	84,0	13,8
	1664	PCAI – 1,5	40	37,5	91,6	86,8	14,1

PCAI (Inseminación artificial post cervical), CAI (Inseminación artificial cervical)

En la actualidad la Inseminación artificial (IA) en cerdos es la más utilizada en las granjas porcinas a nivel mundial, es la técnica reproductiva más eficaz y la más estudiada, se han enfocado en mejorarla teniendo en cuenta estos factores: disminuir el número de espermatozoides utilizados por inseminación o por ciclo estral, mejorar el esperma y el tiempo de conservación y diseñar nuevos dispositivos (Vázquez et al., 2019).

Con la inseminación post- cervical, Niyiragira, Rugira & Claire (2018) informan que se puede reducir de 2.0 a 0.75 mil millones el número de espermatozoides y obtener camadas de 12 a 14 lechones y tasas de preñez hasta del 95%.

Mezalaira (2005) utilizó 221 cerdas con distintos volúmenes (mL) y concentración espermática, y obtuvo mejor resultados al aplicar una concentración espermática de 25 $x10^6$ sperm/ml, dando como resultado una taza de preñez del 85,5% y tamaño de camada de 12,8 lechones. De igual manera, Benneman et al. (2007) realizó una investigación con 144 cerdas con una concentración espermática de 33,3 $x10^6$ sperm/ml y obtuvo una tasa de preñez de 97,9% y 12,1 para el tamaño de camada y finalmente Hernández et al. (2012), empleo1664

cerdas con una concentración espermática de 37,5 x10^6 sperm/ml, obtuvo una tasa de preñez de 91,6 y tamaño de camada de 14,1.

Eficiencia reproductiva de la biotecnología de transferencia de embriones

La implementación de las diferentes técnicas que se están aplicando actualmente en la reproducción abre camino a que la industria porcina tenga la oportunidad de una explotación potencial en el ámbito reproductivo, aprovechando al máximo a los reproductores con un alto valor genético (Apic et al., 2015).

Los embriones producidos *in vitro* pueden ser transferidos a cerdas receptoras mediante dos técnicas (TEQ y la TENQ), cada técnica implica diferentes metodologías por lo que los factores de tasa de preñes al igual que el tamaño de la camada se ven influenciados directamente (Luchetti, Renoulin, Salamone y Lombardo, 2017).

Tabla 9. Técnica de transferencia de embriones quirúrgica y no quirúrgica en relación con la tasa de preñez y tamaño de camada.

Referencias	**Aplicación**	**Número de transferencias**	**Tasa de preñez (%)**	**Tamaño de la camada**
Dziuk, Polge, Rowson, (2009)	Transferencia quirúrgica	27	70	6,5
Kruff (2013).		46	68	7,6
Cameron, Durack, Fogarty, Putra, Veigh, (2012).		58	53	8,3
	Promedio		**63,7**	**7,5**
Hazeleger, & Kemp, (2015).	Transferencia no quirúrgica	27	59	10,9
Galvin, Killian, & Stewart, (2015).		46	22	4,3
Reichembach, Modl, & Brem, (2014).		58	9	5,2
	Promedio		**30**	**6,8**

Luchetti et al. (2017) mencionan que la transferencia de embriones es una técnica de gran importancia en el ámbito investigativo para la reproducción y producción animal, constituyendo actualmente como una tecnología prometedora para el mejoramiento genético.

En la tabla 9, se describe el tamaño de la camada y el porcentaje de preñez para la transferencia quirúrgica y no quirúrgica. Para la trasferencia de embriones quirúrgica, Dziuk et al., (2009), Kruff (2013) y Cameron et al., (2012) reportan un promedio en la tasa de fertilidad del 63,7% y un tamaño de camada de 7.5, mientras que en la transferencia de embriones no quirúrgica se obtuvo un promedio de 30% en la tasa de fertilidad con un tamaño de camada de 6,8 (Hazeleger, & Kemp, 2015; Galvin, Killian, & Stewart, 2015; Reichembach, Modl, & Brem, 2014).

En base a los datos descritos los por autores ya mencionados se deduce que la transferencia de embriones quirúrgica resulta más eficaz y prometedora que la no quirúrgica. Sin embargo, esta técnica en la especie porcina resulta ser muy escasa con múltiples limitaciones y con resultados poco exitosos, esto debido a los procesos complejos de conservación de los embriones por largos periodos debido a su sensibilidad a bajas temperaturas, además de la necesidad que someter a cirugía a la cerda para la obtención de los embriones y transferencia. Por otra parte, la vitrificación se está empleando como una alternativa de conservación de los mismos, sin embargo, hay que destacar que son tecnologías que aún se están perfeccionando para una aplicación masiva en un futuro cercano (Cuello, Roca, Vázquez y Martínez, 2005).

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La calidad seminal está determinada por la motilidad, concentración y las anomalías espermáticas. Para la selección de verracos en los programas de inseminación artificial es importante realizar dichas evaluaciones para comprobar la viabilidad que tiene el semental para fecundar, esta información será útil para tomar las decisiones en el uso o descarte del material seminal.
- La inseminación artificial constituye la técnica más eficiente para ser aplicada en los programas reproductivos de la industria porcina, debido a que se utiliza un menor volumen seminal, menor concentración espermática, se evita el contagio de enfermedades por transmisión sexual y no requiere de personal altamente capacitado para su aplicación. La recolección y transferencia de embriones en porcinos no se realiza comercialmente debido a la morfología de los cuernos uterinos de la cerda, sin embargo, se están realizando trabajos intensos para perfeccionarla, ya que esta técnica permite un aprovechamiento más eficiente del material genético y consecuentemente la eficiencia productiva y reproductiva de las granjas porcinas nacionales e internacionales.

Recomendaciones

- Aplicar la inseminación artificial post - cervical o intrauterina, por cuanto propicia una reducción del volumen de dosis y número de espermatozoides/dosis y se obtiene buen tamaño de camadas y alto porcentaje de preñez.
- Utilizar catéter adecuados según la técnica reproductiva que se va a aplicar para evitar daños en el útero de la cerda, además de mantener condiciones de asepsia durante el procedimiento para evitar infecciones uterinas.
- Se recomienda para futuras investigaciones experimentales ampliar la información sobre la transferencia de embriones quirúrgica y no quirúrgica en cerdos en Ecuador.

Referencias

Andersson, H., Hullberg, A., Malmgren,l., Lundström, K., Rydhmer, L & Squires, J. (2010). Sexual Maturity in Entire Male Pigs: Environmental Effects, Relations to Skatole Level and Female Puberty. *Animal Science, 49(2),* 103-112

Apic, J., Vakanjac, S., Stancic, I., & Radovic, I. (2015). Sow fertility after insemination with varying doses of volume and spermatozoa count. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 39*(6), 709-73.

Ausejo, R. (2016). *Cómo elegir el diluyente adecuado para semen porcino*. Porcicultura. Recuperado de https://www.porcicultura.com/destacado/%C2%BFC%C3%B3mo-elegir-el-diluyente-adecuado-para-semen-porcino%3F

Ávila, E. (2019). *Estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de producción de semen porcino comercial* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertada, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4985

Belstra, B., Flores, W., Ver, T., Wayne, L. (2007). Estrus or Heat Detection. Recuperado de https://porkgateway.org/resource/estrus-or-heat-detection/

Bennemann,P., Koller, L., Wentz, I., Bernardi,L., & Bortolozzo, F. (2007). Desempenho reprodutivo de femeas suínas submetidas inseminaçao artificial intrauterina tradicional. *Ciencia Rural, 22*(6), 87-95.

Benítez, W., y Sánchez, M. (2001). Cerdos criollos en América Latina. *Producción y sanidad animal de la FAO, 15*(6), 1-35.

Bortolozzo, F., Gonçalves,A., Boscato, M.,& Bernardi, M. (2015). New Artificial Insemination Technologies for Swine. *Reproduction in Domestic Animals, 2(2),* 4-80

Broekhuijse, M., Zandee, E., & Feitsma, H. (2012). The value of microscopic semen motility assessment at collection for a commercial artificial insemination center, a retrospective study on factors explaining variation in pig fertility. *Theriogenology, 77* (7), 1466-1479.

Brüssow, K., Rátky, J., Antosik, P., Kempisty, B., & Jaśkowski, M. (2018). Embryo transfer in swine – an indispensable key for the application of reproductive techniques. *Center of Veterinary Sciences, 21*(3), 1-6.

Cameron, R., Durack, M., Fogarty, R., Putra, D., & Veigh, J. (2012). Practical experience with comercial embryo transfer in pigs. *Aust Vet, 66*(1), 314-318.

Canea, F., Pereyra, N., Cane, V., Marinib, P. & Teijeirob, J. (2019). Improved farrowing rate using intrauterine insemination in sows. *Rev. Mexicana de ciencias pecuarias, 10*(3), 583-594.

Canea, F., Pereyra, N., Canea, V., Marinib, P., y Teijeirob, J. (2019). Mejoramiento del porcentaje de parición mediante el uso de inseminación artificial en cerdas. *Rev. Mexicana de Ciencias Pecuarias, 10*(3), 583-594.

Caravacaa,I., Izquierdo, M., Matas,C.,Carvajal, J., Vieiraa,l., Abril, D., Soriano,C.,& García, F. (2012). Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows.*Animal Reproduction Science, 136 (2),* 14- 22.

Celestino, M. (2002). Vitrification as a technique of bovine embryo cryopreservation. *Arch. Med. Vet. 34*(2). Doi http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2002000200002

Compagnoni, M., Tittarelli, C. M., y Williams, S. I. (2019). Inseminación Artificial en la especie porcina: dosis inseminante en relación al lugar de deposición, *Analecta Veterinaria, 39*(2) ,33 – 41.

Compagnoni, M., Tittarelli, C., & Williams, S. (2019). Artificial insemination in the swine species: inseminating dose related to the deposition place. *Analecta Vet, 39*(2), 33-46.

Condoy, M., y Avellaneda, J. (2017). Diluyentes utilizados en inseminación artificial porcina. *Revista Electrónica de Veterinaria, 18* (9) ,1- 11.

Cordova, A. y Reyes, E. (Julio, 2016). Consecuencias del síndrome de infertilidad estacional en cerdas. *Los porcicultores y su entorno, 12*(4), 35-40.

Coronel, M. (2012). *Evaluación de los índices reproductivos de marranas hibridas de 2do, 3ro ,4to y 5to parto, fertilizadas con inseminación artificial y monta natural en la granja "Pork" Tiquipaya – Cochabamba.* (Tesis de pre grado, Universidad de San Andrés, La Paz, Bolivia). Recuperado de https://docplayer.es/85974231-Universidad-mayor-de-san-andres-facultad-de-agronomia-carrera-de-ingenieria-agronomica-tesis-de-grado.html

Cuello, C., Roca, J., Vazquez, M., y Martinez, A. (2005). Vitrificación y transferencia no quirúrgica de embriones porcinos. *Anaporc, 49*(6), 59-64.

Chakurkar, B., Naik,S., Barbuddhe,S.,Karunakaran,M.,Naik,P., & Singh.S.(2016) Seminal attributes and sperm morphology of Agonda Goan pigs, *Journal of Applied Animal Research, 44*(1), 130-134

Dziuk, P., Polge, C., & Rowson, L. (2009). Intrauterine migration and mixing of embryos in swine following egg tranfer. *Theriogenology, 11*(1), 27-31.

ESPAC. (2018). *Estadísticas Agropecuarias.* Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticasagropecuarias-3/

Espinoza, I. (2012). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la crianza, engorde y faenamiento de cerdos en la parroquia de Pifo* (Tesis de pre grado, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4429

FAO. (2019). *Producción porcina en Ecuador.* Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/produccion-porcina-en-ecuador_40926/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20cerdos%20de,m%C3%A1s%20de%2030.000%20Tm%2Fa%C3%B1o.&text=El%20mayor%20porcentaje%20de%20granjas,%2Fmadres%20de%2016%2C83.

Figueiredo, T., Fernandes, E., y Dahl, C. (2013). *Criopreservação de sêmen suíno: avanços tecnológicos e perspectivas*. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. Recuperado de https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2854

Filha, W., Bernardi, L., Wentz, I., Bortolozzo, F., & Pereira, E. (April, 2014). Effects of age and growth rate at onset of boar exposure on oestrus manifestation and first farrowing performance of Landrace por large white gilts. *Livestock Science, 160* (2014), 180-184.

Fowler, K., Mandawala, A., Darren,K., Grant, A., & Harvey, S. (2018). The production of pig preimplantation embryos in vitro: Current progress and future prospects. *Biologia reproductive, 18*(3), 203-211.

Flowers, W. L., Webel, S., & Estienne, M. (2001). Synchronization of estrus in swine. Pork Information Gateway. Recuperado de: https://porkgateway.org/resource/synchronization-of-estrus-in-swine/

Gadea, J. (2003). Semen extenders used in the artificial insemination of swine. *Investigaciones Agrarias, 1*(2), 17-27.

Galvin, J., Killian, D., & Stewart, A. (2015). A procedure for successful nonsurgical embryo transfer in swine. *The riogenology, 41*(12), 79-89.

Garcia, E. (2009). *Comparação da eficiência reprodutiva da inseminação artificial cervical e da inseminação artificial pós-cervical em suínos* (Tesis de maestría, Instituto Politécnico de Braganca,Bragança. Portugal). Recuperado de https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/7014

García, F., Mellagi, A., Ulguim, R., Hernández, I., Llamas, P., & Bortolozzo, F.(2019) Post-cervical artificial insemination in porcine: The technique that came to stay. *Theriogenology*, 12(9), 37-45.

Gonzalez, E. E. (2006). Uso de leche descremada en polvo a diferentes concentraciones como extensor de semen porcino (Tesis pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala,Guatemala). Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/6232/

Graves, K. (2015). *Factors associated with puberty onset and reproductive performance of gilts* (Tesis de post grado, Iowa State University, Ames, Iowa). Recuperado de https://lib.dr.iastate.edu/etd/14580/

Groke, M., Pereira, A., y Claudio, J. (2019). *Metodología para coleta in vitro de embriões em suínos.* Embrapa. Recuperado de https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207695/1/COT570.pdf

Guanochanga, O. (2013). *Proyecto de factibilidad para la importación y comercialización de cerdos reproductores de Colombia a Ecuador para pequeños y medianos porcicultores* (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador). Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8214

Gurgul, A., Jasielczuk, I., Ropka, K., Semik,E., Pawlina, K., Szmatoła, T., Szyndle, M., Bugno, M., Blicharski, T., Szulc, K., Skrzypczak, E., & Krupiński, J. (2018). A genome-wide detection of selection signatures in conserved and commercial pig breeds maintained in Poland. *BMC genetics, 19(1), 95*

Hazeleger, W., & Kemp, B. (2015) Forrowing rate and litter size alter transcervical ambryo transfer in sows. *Reproduction in Domestic Animals. 29*(1), 481-487.

Hernández, I., Rico, J., Matás, C., Carvajal, J., Vieira, L., Abril, D., Soriano, C., & Vázquez, F. (2012). Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Animal Reproduction Science, 136*(1), 14-22.

Hernandez, I., Llamas, P., Rico, M., Ubéda, C., Matas, C., Gardon, J., y Vazquez, F. (2017). Optimization of post cervical artificial insemination in gils: Effect of cervical relaxation procedures and catheter type. *Theriogenology, 90*(1), 147-152.

Imv- technologies. (2018) ¿Por qué realizar la inseminación artificial pos cervical? Imv-technologies. Recuperado de https://www.imv-technologies.com/blog/why-do-post-cervical-artificial-insemination

INTA. (2016). *Detección de celos en cerdas.* Obtenido de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0894.PDF

Intriago, J. E., & Vargas, M. T. (2019). *Efecto de la coenzima Q10 como antioxidante sobre las características espermáticas del semen fresco porcino* (Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí). Recuperado de http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1147

Izco, M. (2007). Comparación de la inseminación clásica frente a la post-cervical aplicada con diferentes dosis. *Anaporc*, *6*(3), 56-61.

Julca, A. E. (2014). *Conservación de semen porcino en refrigeración, usando el dilutor con agua de coco (Cocus nucifera L.)* (Tesis de post grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú) Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/833

Kemp, B., Da Silva, C., & Soede, N. (2018). Advances in pig reproduction: Focus on impact of genetic selection for female fertility. *Reprod Domest Anim*, 2, 28- 36

Knox, R. (2012). Evaluating Boar Semen for Quality. Recuperado de: https://porkgateway.org/resource/evaluating-boar-semen-for-quality/

Knox, R. (2015). Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*, 1, 85(1), 83-93.

Knox, R. (2014). Impact of Swine Reproductive Technologies on Pig and Global Food Production. *Current and Future Reproductive Technologies and World Food Production, 752*, 131-160

Koketsu, Y., Tani, S., & Iida, R. (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management*, 3(1), 1-10

Kommisrud, E., Paulenz, H., Sehested, E., & Grevle, S. (2002). Influence of Boar and Semen Parameters on Motility and Acrosome Integrity in Liquid Boar Semen Stored for Five Days. *Acta Vet Scand, 43*(1), 49-55.

Kondracki,S., Wysokińska, A., Kania, M., & Górski, k. (2017). Application of two staining methods for sperm morphometric evaluation in domestic pigs. *J Vet Res 61*(1), 345-349.

Kraeling, R. R., & Webel, S. K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *6*(1), 3. http://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3

Krueger, C., & Rath, D. (2000). Intrauterine insemination in sows with reduced sperm number. *Reprod Fertil Dev, 12*(2), 113-117.

Kruff, B. (2013). Embryotransfer und Bestandssnicrung *Tierzuchter, 37*(1), 547-547.

Kuleshova, L., Farlene, R., Trounson, O., & Shaw, N. (2005). Sugars exert a major influence on the vitrification propertis of ethilene glicol – based solutiuons and have low toxicity to embryos and oocytes. *Cryobiology, 38*(1), 119-130.

Le Coz. (2006). *Variaciones del semen y anomalías—Artículos—3tres3, la página del Cerdo*. https://www.3tres3.com/articulos/variaciones-del-semen-y-anomalias_4029/

Levis, G & Reicks, L (2005). Evaluación del comportamiento sexual y el efecto del diseño del corral de recolección de semen y la estimulación sexual de los verracos sobre el comportamiento y la producción de esperma: una revisión. *Theriogenology 63,* 630-642.

Lipenský, J., LustykovÁ, A., & Čeřovský, J.(2010). Vliv ročního období na morfologii spermií kanců. *Journal Central European Agriculture, 11* (4), 465-468

Leyun, M. (2004). Estudio comparado de diferentes sistemas de aplicación de semen porcino. *Navarra Agraria, 5*(6), 41-48.

Liu, Y., Du, Y., Lin, L., Li, J., Kragh, P., Kuwaya, M., Bolund, L., Yang, H., & Vajta, G. (2008). Comparison of efficiency of open pulled straw (ops) and cryotop vitrification for cryopreservation of in vitro matured pig oocytes. *CryoLetters, 29*(4), 315-320.

Luchetti, C., Renoulin, E., Salamone, D., y Lombardo, D. (2017). Transferencia embrionaria quirúrgica y no quirúrgica en la especie porcina. *Teriogenología, 7*(4), 28-35.

Marinone, A., Kaiser, G., Hozbor, F., Mucci, N. (2018). Biotécnicas reproductivas en la especie porcina: pasado, presente y futuro. *Revistas de Investigaciones Agropecuarias, 44*(2), 25-38.

Martinez, E., Cuello, C., Parrilla, I., Martinez, C., Nohalez, A., Vazquez, J., Vazquez, J., Roca, J., & Gil, M. (2015). Recent advances toward the practical application of embryo transfer in pigs. *Theriogenology, 85* (1), 152-161.

Martínez, E., Martínez, C., Cambra, J., Maside, C., Vázquez, J., Vázquez, J., Rodríguez, H., Martínez, M., & Cuello, C. (2019). Achievements and future perspectives of embryo transfer technology in pigs. *Reproduction Domestic Animals, 54*(4), 4 -13.

Mcglone, J., Aviles, .E., Archer, C., Meyer, M., Jones, D., Matthews, M., Gonzalez, A., & Reye, E. (2020). Understanding Sow Sexual Behavior and the Application of the Boar Pheromone to Stimulate Sow Reproduction. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/339479320_Understanding_Sow_Sexual_Behavior_and_the_Application_of_the_Boar_Pheromone_to_Stimulate_Sow_Reproduction

Mezalira A, Dallanora D, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. (2005). Influence of sperm cell dose and post-insemination backflow on reproductive performance of intrauterine inseminated sows. *Reprod Domest Anim, 40, 1*-5.

Midzak, A., Chen, H., Papadopoulos, V., & Zirkin, B. (2009). Leydig cell aging and the mechanisms of reduced testosterone synthesis. *Molecular and Cellular Endocrinology, 299(1),* 23 – 31.

Miyake, T., Kasai, M., Zhu, E., Sakurai, T., & Machida, T. (2006). Vitrification of mouse oocytes and embryos at various stages of development in an ethylen based solution by a simple method. *Theriogenology, 40*(1), 121-134.

Morales, B., Quintero-Moreno, A., Osorio-Meléndez, C., & Rubio-Guillén, J. (2012). Valoración de la biometría de la cabeza del espermatozoide mediante análisis computarizado en semen de cerdo recién colectado y refrigerado. *Rev. Fac. Agron.*, 19.

Niyiragira, V., Rugira,K., & Claire,H.(2018). Success drivers of pig artificial insemination based on imported fresh semen. *International Journal of Livestock Production, 9(6)* ,102-107

Nguyen, N., Nguyen, B., Nguyen, L., Nguyen, K., Kikuchi, K., Nguyen, T., Nguyen, T., Nguyen,H., Dong, V., Chu, H., Cuc, T., & Somfai, T. (2020). Optimization of in vitro embryo production and zygote vitrification for the indigenous Vietnamese Ban pig: The effects of different in vitro oocyte maturation systems. *Animal Science Journal, 91(1),* 840-848.

Nohalez,A., Martinez, C., Parrilla,I.,Maside, C., Roca,J., Gil,M., Martinez, H., Martinez,E., Cuello,C. (2018). Eventual re-vitrification or storage in liquid nitrogen vapor does not jeopardize the practical handling and transport of vitrified pig embryos. *Theriogenology, 113*(1), 229-236.

Oberlender, G., Murgas, L., Zangeronimo, M., Silva, A., Pereira, L., & Muzzi, R. (2012). Comparison of two different methods for evaluating boar semen morphology. *Veterinary Medicine, 44*(2), 201-205.

Perez, C. Petrinelli, A. Rodríguez, P. Satorre, M. y Breininger, E. (2019). Comparación de dos métodos de criopreservación. *Revista Veterinaria, 30*(1), 23-27.

PIC. (2010). *World Agriculture Outlook.* Obtenido de http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/3FgmiA_Benchmark%20Latam%20Mayo%202010.pdf

Quiles, A. y Hevia, M. (Marzo, 2009). Detección del celo y momento de la inseminación artificial en cerdas. *Producción animal, 24*(251), 76-89.

Quirós, M., Madrigal, M., Camacho, M., & Valverde, A. (2018). Effect of insemination catheter type and calving order on swine production parameters. *Tecnología en Marcha, 31*(3), 86-97.

Reichenbach, H., Modil, J., & Brem, G. (2014). Piglets born after transcervical transfer of embryos into recipient gilts. *Veterinaty Record, 13*(3), 36-39.

Rekkas, C., & SaMartzi, F. (2013). Highlights on Artificial Insemination (AI) Technology in the Pigs. *EquiBiotech, 37*(1), 5-34.

Ribeiro, R. y Magnabosco, D. (2012). Indução de puberdade em leitoas com diferentes idades em dois sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 47*(10), 1518-1423.

Rodríguez, A. (2017). Evaluación de la calidad espermática de sementales porcinos utilizados en la monta natural. *Revista Electrónica de Veterinaria, 18*(10), 1 – 17.

Rodriguez, A., Soom, A., Arsenakis, I., & Maes, D. (2017). Boar management and semen handling factors affect the quality of boar extended semen. *Porc Health Manag, 3*(15), 2-12.

Rozeboom, J. (2000). Evaluación de la calidad del semen porcino. Recuperado de https://projects.ncsu.edu/project/swine_extension/publications/factsheets/812s.htm#:~:text=Gross%20Motility,Gross%20ejaculate%20motility&text=Because%20semen%20motility%20decreases%20during,level%20between%2070%2D80%25.

Rugeles, C., Caicedo, R., Almentero-Suarez, C., Linares-Arias, J., & Vergara Garay, O. (2013). Viability of Porcine Semen Preserved With MRA® Diluent. Technical Note. *Revista Cientifica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, *23*, 206-210.

San Martin, L. (2016). *Ttransferencia embrionaria en el Porcino:* Una mirada hacia el futuro. Spermnote. Recuperado de https://silo.tips/download/transferencia-embrionaria-en-el-porcino-una-mirada-hacia-el-futuro.

Salazar, C. (2014). *Evaluación del Dipol como diluyente de recolección seminal y su efecto sobre la conservación y fertilidad de semen refrigerado de verraco* (Tesis de grado, Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador). Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3771/1/17T1239.pdf

Santos, J., Williams, S., Rui, H., Tirapicos, L., García, C., Ortega, Y., & García, A. (2012). Manejo de la Producción. Instituto de Ciencias Agrarias y Ambientales. *Red Porcina Iberoamericana, 12*(4), 40-54.

Samaniego, C. (2015). *Evaluación de semen porcino sometido a dilución en dos etapas térmicas y su efecto reproductivo sobre la inseminación artificial en cerdas* (Tesis de

post grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador). Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5193/1/17T1278.pdf

Savić, R., y Petrović, M. (2015). Efecto del fotoperiodo sobre la actividad sexual del verraco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *44* (8), 276-282

Savić, R., Radovic, C., Radojkovic, D., & Gogić, M. (2017). Fertility of boars - what is important to know. *Biotechnology in Animal Husbandry 33* (2), 135-149

Sepúlveda, L. (2016). *Bacteriospermia and porcine reproduction: effects on sperm quality and fertility potential of boar spermatozoa* (Tesis doctoral, Universitat de Girona, Gerona, España). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317002017_Bacteriospermia_and_porcine_reproduction_effects_on_sperm_quality_and_fertility_potential_of_boar_spermatozoa

Soede, M. Langendijk, P. & Kemp, B. (2011). Reproductive cycles in pigs. *Animal reproduction science, 124*(3), 251-258.

Soede, M., & Kemp, B. (2019). Recent advances in pig reproduction: 2. Higher litter size. *Rev. Bras. Reprod. Anim* , *43* (2), 84-88.

Suares, A., Nerín, O., y Recio, M. (2019). Inseminación pos cervical en cerdas. *Anaporc, 17*(9), 33-37.

Suarez, A., Mitjana, O., Tejedor, T., & Falceto, M. (2019). Evaluation of reproductive performance and incidences in post-cervical comparing with cervical insemination in nulliparous. *Animal Production. 37*(8), 338-340.

Suarez, A., Mitjana, O., Tejedor,T., Bonastre, C., Moll, D., Coll, J., Ballester, C., & Falceto, M. (2019). Post-cervical compared with cervical insemination in gilts: reproductive variable assessments, Animal Reproduction Science. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432019302714?via%3Dihub

Tana, H. R. (2017). *Concentración espermática de semen porcino (sus scrofa var. Domesticus) mediante metodologías aplicadas comercialmente en la parroquia Conocoto del cantón Rumiñahui* (Tesis de post grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2727

Torretta, M. E., Rabaglino, M. B., & Ferrero, S. (2010). Caracterización cuali-cuantitativa de patologías espermáticas estudio comparativo de la incidencia de anormalidades espermáticas en semen porcino fresco y refrigerado. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, *11*(12), 1-20.

Tsakmakidis, I.,Khalifa, A.,Tarek,A., & Boscos, M. (2012). Age-related changes in quality and fertility of porcine semen. *Biological Research*, *45*(4), 381-386.

Tsairidou, S.,Anacleto, O., Woolliams, J., & Doeschl. (2019). Enhancing genetic disease control by selecting for lower host infectivity and susceptibility. *Heredity*, *122*, 742–758

Vajta, G., & Kuwayama, M. (2006). Improving cryopreservation systems. *Theriogenology*, *65*(1), 236-244.

Valdés, M. (2015). *Evaluación de la viabilidad de semen porcino tratado con estreptolisina o (slo)* (Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Veracruz,México). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/283503480_EVALUACION_DE_LA_VIABILIDAD_DE_SEMEN_PORCINO_TRATADO_CON_ESTREPTOLISINA_O_SLO

Vega, G. (2020). Colecta, dilución e inseminación artificial porcina. Tesis en opción al grado de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Toluca. México.

Villalobos, D. G., Quintero-Moreno, A., López-Brea, J. J. G., Esteso, M. C., Fernández-Santos, M. R., Rubio-Guillén, J., Silva, W. M., Marval, Y. G., Atencio, G. L., & Corona, R. B. (2008). Caracterización morfométrica de la cabeza del espermatozoide porcino mediante análisis computarizado (Resultados Preliminares). *Revista Científica*, *18*(5), 570-577.

Vinansius, F., Nurul, I., & Trinil, S. (2019). Quality of Landrace pig liquid semen during the cold save process using BTS and Tris aminomethane / diluents egg yolk 20% on 2-5oC.*Russian Journal of Agricultural and Socio – Economic Sciences, 87(3),* 93- 98

Waberski, D., Riesenbeck, A., Schulze, M., Weitze, K., & Johnson. (2019). Application of preserved boar semen for artificial insemination: past, present and future challenges. *Theriogenology, 137*(1), 2-71

Wheeler, M., Clark, S., & Beebe D. (2004). Developments in in vitro technologies for swine embryo production. *Reprod Fertil Dev, 16* (2), 15-25.

Wilson, M. (2012). Differences in mating between a boar, traditional artificial insemination, and post cervical insemination. *London Swine Conference, 18*(1), 45-53.

Wolf, J., & Smital, J. (2009). Quantification of factors affecting semen traits in AI boars from animal model analyses. *Journal of Animal Science, 87(5),* 1620-7.

Xu, X., Seth, C., Harbison, S., Cheung, P., & Foxcroft, R. (1996). Semen dilution for assessment of boar ejaculate quality in pig IVM and IVF systems. *Theriogenology*, *46*(8), 1325-1337.

Yanez, W. (2015). *"Estudio de la selección espermática en el tracto genital de la hembra basado en la morfometría del espermatozoide porcino"* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador). Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5369/1/TESIS%20.pdf

Yougs, C. (2001). Factors influencing the success of embryo transfer in the pig. *Teriogenología, 56* (8), 1311-20.

Youngs, C. (2018). Embryo Transfer Technologies in Pigs. *Animal Biotechnology*. Doi 0.1007 / 978-3-319-92327-7_7

Zheng,C., Jian-tao, Z., Hai-feng, L., & Hong-bin, W. (2016). Laparoscopic Embryo Transfer in Pigs: Knowledge for Surgical Procedures. *Journal of Northeast Agricultural University, 23(2),* 52-58.