



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLAN

**EFFECTO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL
INTRAUTERINA SOBRE LA EFICIENCIA
REPRODUCTIVA Y PRODUCTIVA EN CERDAS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

MARISOL GONZÁLEZ CAMPOS

ASESOR: MVZ VICTOR QUINTERO RAMÍREZ

COASESORES: Dra. PATRICIA BEATRIZ GARCÍA REYNA

Dr. FERNANDO OSNAYA GALLARDO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

Gracias a Dios por darme vida y salud, por iluminar mi camino para poder terminar una carrera profesional.

Gracias a mis padres, Graciela y Anastasio, por darme la vida y por darme la educación que ahora tengo, por ellos he llegado hasta donde me encuentro ahora dándome su apoyo, su preocupación y su confianza.

A mis hermanas Maribel y Maricela por la confianza que depositaron en mi, por los recuerdos de nuestra niñez y por su apoyo el tiempo que duro mi formación profesional.

A Gabriela, Sonia y Viridiana por que quiero que lleguen lo más lejos que puedan y que nunca dejen de soñar.

A Carlitos por que siempre te voy a recordar y al final de la vida te volveré a encontrar.

A Lupe y Jorge, ojalá que lleguen a alcanzar sus metas y sus sueños, luchan siempre por alcanzarlas.

A mis amigos; Alicia, Alejandro, Samuel, Hugo, Carlos, Mario y Abraham; por estar conmigo cuando los necesitaba y porque sé que cuento con ustedes en las buenas y en las malas, gracias por hacer que los problemas se hicieran más ligeros con su compañía y por compartir conmigo momentos que recordaré toda mi vida.

INDICE

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
I. ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR.....	8
1.1 Sistema reproductor de la hembra.....	8
1.1.1 Ovarios.....	8
1.1.2 Oviductos.....	10
1.1.3 Útero.....	10
1.1.4 Vagina.....	11
1.1.5 Vestíbulo vaginal.....	11
1.1.6 Vulva y clítoris.....	12
1.2 Sistema reproductor del macho.....	12
1.2.1 Los testículos.....	13
1.2.2 Organos sexuales secundarios.....	15
1.2.3 Conductos eferentes.....	15
1.2.4 Epidídimo.....	15
1.2.5 Conducto deferente.....	16
1.2.6 Uretra.....	17
1.2.7 Próstata.....	17
1.2.8 Pene.....	18
II. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.....	18
2.1 Erección.....	18
2.2 Eyaculación.....	19
2.3 Composición del semen.....	19
2.4 Madurez sexual del macho.....	19
2.5 Conducta sexual de la hembra y del macho.....	20
2.6 Ciclo estral de la cerda.....	20
2.7 Parto.....	23
III. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	23
3.1 Consideraciones en la inseminación.....	24
3.2 Técnica de Inseminación Artificial.....	24
3.3 Detección de celo en la cerda.....	25
3.4 Aplicación del semen en la hembra.....	27
3.5 Penetración de los espermatozoides.....	28
3.6 Ventajas de la Inseminación artificial (IA).....	28
3.7 Técnica de IA Intrauterina mediante el catéter Absolute TM	31
HIPÓTESIS.....	32
OBJETIVO.....	33
MATERIAL Y MÉTODOS.....	34
RESULTADOS.....	37
DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIONES.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar la eficiencia del método de inseminación artificial intrauterina sobre el efecto reproductivo y productivo en cerdas a través de la evaluación del porcentaje de fertilidad (reproductivo) y el número de lechones nacidos totales así como el número de lechones nacidos vivos (productivo). Para ello, se utilizaron 56 hembras multíparas de segundo a cuarto parto las cuales se separaron en dos grupos de 28 cerdas cada uno. En el primer grupo (control) se realizó la inseminación artificial por el método tradicional utilizando un catéter convencional y un volumen de semen de 100 ml (4000×10^6 células/ml). En el segundo grupo (testigo) se utilizó la IA intrauterina mediante un catéter “Absolute” y un volumen de semen de 30 ml (4000×10^6 células/ml). Para calcular la eficiencia reproductiva del método de IA intrauterino se realizó un análisis estadístico mediante el empleo de la prueba de X^2 para comparar el porcentaje de fertilidad utilizando el paquete Statistical Analysis System (1988).

Las variables dependientes para analizar la eficiencia productiva, fueron: el número de lechones nacidos totales (LNT) y el número de lechones nacidos vivos (LNV). Dichas variables dependientes se analizaron mediante la prueba de T de student. De las

56 cerdas inseminadas se observó un porcentaje de fertilidad del 92.9 % no existiendo un efecto del método utilizado ($P < 0.05$). El método de inseminación artificial en cerdas no afectó la eficiencia productiva ($P < 0.05$). En este sentido en la IA intrauterina se obtuvo un valor de LNT de 10.96 ± 0.619 ($\mu \pm ee$) y un valor de LNV de 10.40 ± 0.612 y en cuanto al método de IA tradicional se obtuvo un valor de LNT de 11.15 ± 0.595 y de LNV de 10.44 ± 0.589 . De acuerdo con estos resultados se concluye que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos con los dos métodos de inseminación. Sin embargo la utilización del método de IA intrauterina reduce el volumen de semen utilizado para la

inseminación por lo que significa un beneficio en la optimización del semen de los verracos.

INTRODUCCIÓN

En la porcicultura la producción eficiente de carne para el consumidor y su economía depende en gran medida de su eficiencia reproductiva. En este sentido el cerdo tiene la capacidad de producir un gran número de descendientes en un corto espacio de tiempo y a través de los años, las mejoras en el manejo, la sanidad y genética han permitido aumentar los resultados productivos. Esto ha colocado al cerdo dentro de los animales más rentables para la producción de carne ¹⁶.

La eficiencia reproductiva en la producción porcina es de gran importancia y se puede evaluar de acuerdo a la cantidad de lechones producidos por hembra por año ¹. Este índice comprende dos componentes importantes: el tamaño de la camada y el número de camadas producidas por año. Existen variaciones entre estos índices de una granja a otra lo que sugiere que están implicados muchos factores, entre ellos la cantidad de óvulos producidos y el número de óvulos fertilizados. Por lo anterior, se debe examinar con cuidado cualquier método que permita aumentar la eficiencia reproductiva en un hato porcino. Actualmente el porcicultor está en la búsqueda de llegar a destetar 22 lechones/cerda/año que es el óptimo a nivel de granjas industrializadas¹⁸, para esto se utilizan nuevas técnicas, por ejemplo la inseminación artificial, para llegar a su objetivo. Dentro del manejo reproductivo se utiliza la inseminación artificial (IA) como una tecnología que se define como la introducción de espermatozoides al tracto genital femenino mediante instrumentos en lugar de hacerlo mediante procedimientos naturales ⁵.

I. ANATOMÍA DEL SISTEMA REPRODUCTOR.

El sistema reproductor esta formado por un conjunto de órganos que tienen la función de producir, transportar y madurar a los gametos para hacer posible la fecundación, el mantenimiento de la gestación y el parto, para perpetuar la especie. Las gónadas son un par de glándulas con doble secreción; la exocrina que está representada por la producción y liberación de los gametos y la endocrina por la síntesis y liberación de hormonas (esteroides y proteicas). Las estructuras tubulares son las responsables del transporte y maduración de los gametos y en las hembras, del proceso fisiológico de la fecundación, gestación y juegan un papel importante durante el parto. Los machos tienen glándulas sexuales accesorias que forman el plasma seminal importante para la viabilidad de los gametos masculinos ¹².

1.1 Sistema reproductor de la hembra.

El sistema reproductivo de la hembra, está constituido por dos ovarios, y las estructuras tubulares que incluyen a los oviductos, útero, vagina y vulva. Los órganos genitales internos están sostenidos por el ligamento ancho. Este ligamento consta del mesoovario, que sostiene al ovario; el mesosálpinx, que sostiene al oviducto; y el mesonefros que sostiene al útero. Ovarios, oviducto y útero son inervados principalmente por nervios autónomos. El nervio pudendo aporta fibras sensoriales y parasimpáticas a vagina, vulva y clítoris ¹².

1.1.1 Ovarios

Los ovarios de la cerda se localizan en la cavidad abdominal, cerca del estrecho craneal de la pelvis, tienen forma de racimo de uvas y su tamaño es dependiente del estado reproductivo (Fig. 1).

CUERNO DEL UTERO

CUERNO DEL UTERO

OVIDUCTO

OVARIO

CERVIX
DUTEROVAGIN

VAGINA

VULVA

GLANDE DEL

LABIO DE LA VULVA

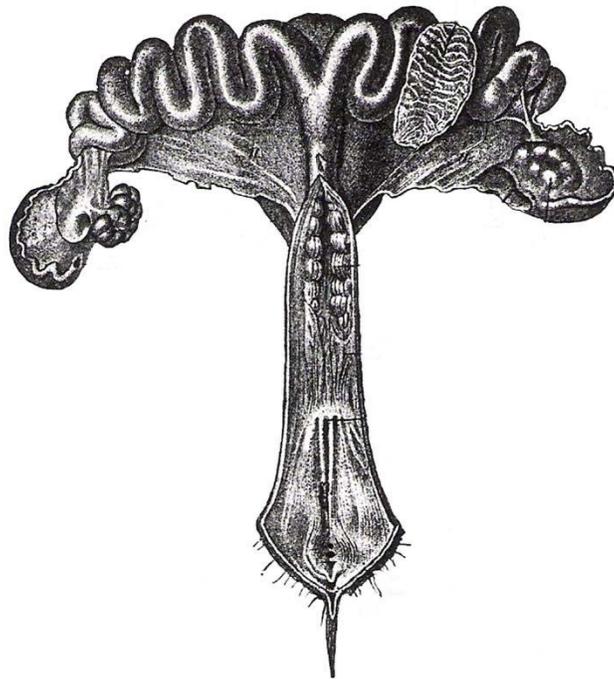


Fig. 1 Esquema representativo del aparato reproductor de la cerda. Tomado de Hafez, 2004

En las cerdas las diferentes fases foliculares constituidas por células productoras de hormonas ováricas se localizan en la zona cortical del ovario. Al nacimiento solo se observa un número determinado de folículos primarios que se caracterizan por contener a un ovocito primario rodeado por una simple capa de células planas, alrededor de la pubertad algunos folículos primarios continúan su crecimiento y maduración, transformándose en folículos secundarios, terciarios y maduros. Las células planas que rodean al ovocito durante su crecimiento y maduración se multiplican con gran rapidez incrementando el número de capas y modificando su forma de plana a cúbica que es una característica de las células de la granulosa en la formación del folículo secundario. Conforme avanza el crecimiento folicular se forma una cavidad nombrada antro folicular, característica de la formación de un folículo terciario o vesicular. El antro folicular se forma por la secreción de líquidos por parte de las células de la granulosa, que se mantienen en contacto alrededor del ovocito dando lugar a la formación de la corona radiada y al cúmulus ooforus.

Las células de la granulosa periféricas presentan una membrana basal que las separa de dos capas de células, las células de la teca interna formada de tejido conjuntivo muy vascularizado y de las de la teca externa. El folículo maduro por lo tanto contiene los elementos celulares necesarios para realizar su función endocrina, representada por las células de la granulosa y teca interna. Una vez liberado el ovocito mediante el proceso de la ovulación, el folículo se transforma en un cuerpo lúteo. Las células luteínicas que constituyen al cuerpo lúteo producen la progesterona hasta que degenera formando una estructura fibrosa, denominado cuerpo albicans. Las interacciones entre las células de la granulosa, de la teca interna y luteínicas regulan virtualmente cada aspecto de la función reproductiva femenina. Estos tipos de células son las responsables de la función endocrina de los ovarios por su capacidad de producción de hormonas por contener receptores para la

estimulación hormonal de las gonadotropinas.

1.1.2 Oviductos

Los oviductos de la cerda son un par de conductos tubulares convulsionados que se extienden desde cerca del ovario hasta el inicio de los cuernos uterinos. Miden entre 15 y 30 cm de longitud y para su estudio se divide en tres porciones: Infundíbulo, ámpula e istmo que participan en el transporte de los gametos hacia el sitio de la fertilización y del cigoto u ovocito hacia los cuernos uterinos (Fig. 1). El infundíbulo es la primera porción del oviducto que captura al ovocito por mediación de las fimbrias el cual es conducido al ampula que es la porción intermedia en donde normalmente se lleva a cabo la fecundación y el istmo es la porción final del oviducto que desemboca a los cuernos uterinos¹².

1.1.3 Útero

Es la porción del sistema reproductor que comunica a los oviductos con la vagina, en condiciones normales transporta a los espermatozoides, provee de un medio ambiente adecuado para la implatación del cigoto, nutre y protege al embrión durante la gestación y participa activamente durante el parto en la expulsión del producto. El útero de la cerda es de tipo bicorne consiste en dos cuernos uterinos, un cuerpo y el cérvix, de acuerdo al grado de fusión del par de conductos de Muller. El cuerno uterino de la cerda adulta puede tener entre 40 y 65 cm o más de longitud cuando se extiende, mientras que el cuerpo del útero tiene unos 5 cm de longitud y el cérvix y la vagina unos 10 cm de longitud cada uno (Fig 1).

Durante el ciclo estral el útero experimenta cambios por el efecto de las hormonas ováricas. Los cambios se observan a nivel del epitelio y glándulas endometriales así como en el estrato muscular y vasos sanguíneos localizados entre ellas.

El cérvix o cuello uterino se localiza entre el cuerpo del útero y la vagina, es una

estructura tubular rígida por la gran cantidad de tejido fibromuscular. En su interior se presentan pliegues profundos que forman entre 3 y 5 bordes prominentes situados uno detrás de otro de forma espiral irregular. Los anillos son muy marcados en la vaca, ovejas, menos en cerdas y casi ausentes en yeguas. Sirve como paso a los espermatozoides y del feto al momento del parto. El cérvix por lo tanto juega un papel importante en el depósito y transporte de los espermatozoides, mantenimiento de preñez y realización del parto.

1.1.4 Vagina

La vagina tiene forma tubular, es de paredes delgadas y muy elásticas. En la cerda tiene de 10 a 15 cm de longitud. Junto con el vestíbulo y la vulva constituye el órgano copulador en las cerdas, recibiendo el pene en la cópula (Fig. 1). Las paredes dorsal y ventral son delgadas y se sitúan a lo largo de la cavidad pelviana entre el recto, la uretra y la vejiga. Caudalmente se continúa con el vestíbulo vaginal.

1.1.5 Vestíbulo vaginal

Es la parte del aparato genital femenino común a las vías urinarias y genital. Va desde el orificio uretral externo a los labios de la vulva. En la cerda presenta un divertículo suburetral inmediatamente caudal al orificio uretral, tratándose de un saco ciego, que se puede confundir cuando se trata de hacer un sondaje vesical. La mucosa es rojiza y consta de un epitelio estratificado con un número variable de glándulas productoras de moco.

1.1.6 Vulva y clítoris

La vulva es el único órgano externo del aparato genital. Consta de dos labios unidos

por la comisura dorsal (redondeada) y la comisura ventral (puntiaguda, que contiene el clítoris). Entre los labios queda la abertura de la vulva. Los labios están cubiertos por la piel, con numerosas glándulas sudoríparas y sebáceas. Contienen tejido adiposo, en el que se encuentra el músculo constrictor de la vulva (Fig. 1).

1.2 Sistema reproductor del macho.

El verraco tiene un enorme impacto en la eficacia reproductiva de la explotación. Dependiendo de la frecuencia de recolección de semen y del número de dosis seminales, el semen de un solo verraco se puede utilizar para inseminar entre 750 y 1000 cerdas por año. Consecuentemente, el fallo reproductivo de un semental influye en un gran número de cerdas. Por lo tanto, es importante conocer los aspectos básicos de la fisiología reproductiva del verraco para llevar a cabo un buen manejo de los mismos y así optimizar la fertilidad. El sistema reproductivo del verraco está formado por una serie de estructuras que incluyen: los testículos; el sistema urogenital; las glándulas sexuales accesorias. Estas estructuras se comunican a través del sistema endocrino y nervioso para coordinar de esta forma la actividad reproductora de los verracos. Cualquier alteración patológica o funcional de algunas de estas estructuras puede dar lugar a problemas reproductivos.

GLÁNDULA VESICULAR
CONDUCTO DEFERENTE

GLÁNDULA DE COWPER

VEJIGA
BOLSA DEL PREPUCIO

TESTÍCULO
CABEZA DEL EPIDÍMIDO
COLA DEL EPIDÍMIDO

PENE

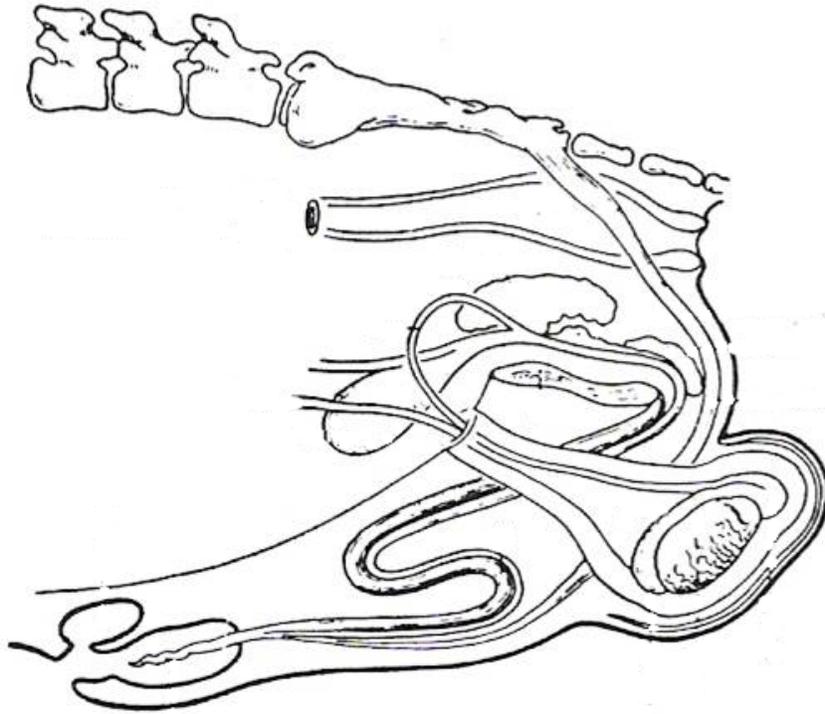


Fig. 2 Esquema representativo de la anatomía del aparato reproductor masculino. Tomado de Hafez, 2004.

1.2.1 Los testículos.

Los testículos están situados en el escroto fuera de la cavidad corporal (descienden atravesando el anillo inguinal aproximadamente en el día 100 de vida prenatal). Los testículos están dispuestos en posición casi vertical con la cabeza del epidídimo sobre el extremo ventral y su cuerpo sobre la superficie anterior. Las funciones primarias de los testículos son producir espermatozoides y hormonas. La mayor parte del testículo esta formada por los túbulos seminíferos. Los túbulos seminíferos son una serie de conductos que producen a los espermatozoides. El epitelio seminífero está formado por dos tipos de células. Las células de Sertoli que son elementos de sostén y nutrición para el segundo tipo de células que son las germinales productoras de espermatozoides. Las células de Sertoli están implicadas en la maduración del espermatozoide y en la producción de hormonas. Las células de Leydig se encuentran en los espacios intersticiales entre los túbulos seminíferos y frecuentemente están asociadas a vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Durante los primeros estados de la diferenciación, las células de Leydig proliferan a poca velocidad, pero aumenta al alcanzar la pubertad. Las interacciones entre las células de Sertoli y de Leydig regulan virtualmente cada aspecto de la función reproductiva masculina. Estos dos tipos de células Sertoli y Leydig son las responsables de la función endocrina de los testículos por su capacidad de producción de hormonas por contener receptores para la estimulación hormonal de las gonadotropinas. De los túbulos seminíferos salen otros túbulos que se conectan formando el parénquima testicular que esta situado en el centro de cada testículo (Fig.2). Durante la espermatogénesis, los espermatozoides salen de los túbulos seminíferos y entran en la red testicular para dirigirse al epidídimo ²⁰.

Debido a que los testículos se localizan externamente, se necesita de un sistema anatómico especial para la termorregulación. El más importante es un complejo vascular formado por arterias y venas que se localizan en el cordón espermático y que se denomina plexo pampiniforme ¹². La arteria testicular forma una estructura enrollada en forma de cono en el cual las ramas arteriales se enredan con las venas testiculares. Desde una

perspectiva funcional, este mecanismo a contracorriente permite que la sangre arterial que entra en el testículo tenga una temperatura inferior debido a la sangre venosa que sale del testículo. En la mayoría de las especies, la temperatura de la sangre arterial cae entre 2°C y 4°C antes de su entrada en los testículos. Además, dos grupos de músculos, el dartos y el cremáster, desempeñan un papel importante en la termorregulación. La túnica dartos se localiza en el interior del escroto y controla su proximidad al testículo¹⁷. Cuando hace frío se contrae y tira del saco escrotal hacia la base del cuerpo para aislar el testículo, mientras que cuando la temperatura es alta permite el retroceso del escroto para que el testículo vuelva a su posición normal. El músculo cremáster está situado al lado del cordón espermático y unido al saco membranoso grueso que rodea el testículo. Ambos músculos tienen una fuente abundante de fibras nerviosas que responden a los sensores de temperatura situados en el sistema nervioso central. Como los verracos no tienen testículos oscilantes como los toros, la túnica dartos es más importante que el músculo cremáster para la regulación de la temperatura²³.

1.2.2 Organos sexuales secundarios.

Los órganos sexuales secundarios derivan de la diferenciación de los conductos embrionarios de Wolff (conductos eferentes, epidídimo, conducto deferente y uretra) en machos y de Müller (oviducto, útero y vagina) en hembras. Son una serie de estructuras tubulares constituidas básicamente por tres capas de tejidos: 1) Capa interna, consiste en un epitelio de revestimiento de células cilíndricas secretoras, ciliadas y lamina propia de tejido conjuntivo laxo, que es conocida también como túnica mucosa. 2) Capa media, formada por fibras músculo liso involuntario dispuestas en diferentes direcciones; circular, oblicua y longitudinal, designada como túnica muscular. 3) Capa externa o túnica serosa compuesta por tejido conjuntivo laxo con células mesoteliales o adventicia en ausencia de las células mesoteliales²².

1.2.3 Conductos eferentes

En la porción superior de la rete testis surgen de 10 a 15 conductos eferentes de trayecto sinuoso que atraviesan la túnica albugínea del testículo, que posteriormente formaran la cabeza del epidídimo. Los conductos eferentes están unidos por tejido conjuntivo y cada uno está rodeado por una capa circular de fibras musculares lisas, que se va haciendo cada vez más gruesa conforme se forma el conducto epididimario. La mucosa consiste de un epitelio simple o pseudo-estratificado cilíndrico ciliado con células secretoras con microvellosidades. Las células ciliadas remueven el contenido de los conductos hacia el epidídimo. Las células cilíndricas con microvellosidades son ricas en lisosomas y absorben gran parte del líquido producido en los túbulos seminíferos ²⁰.

1.2.4 Epidídimo

El epidídimo, es un conducto externo largo (35 a 60 m), muy sinuoso unido longitudinalmente a cada uno de los testículos que contribuye al almacenamiento y maduración de los espermatozoides. El conducto se divide en tres porciones importantes (cabeza, cuerpo, y cola) (Fig. 2). La cabeza del epidídimo se relaciona con el polo superior del testículo, formada por la desembocadura de los conductos eferentes para salir como un solo conducto sinuoso a nivel del cuerpo de epidídimo que extiende a lo largo de la cara caudolateral de la gónada masculina, para finalizar en la cola del epidídimo localizada en el polo inferior del testículo, en esta región el conducto se torna menos sinuoso y un lumen más amplio, dando origen al conducto deferente. La mucosa del epidídimo es similar a la descrita en los conductos eferentes, pero la cantidad de microvellosidades va siendo menor conforme se acerca a la cola del epidídimo. La túnica muscular está constituida por una capa de fibras musculares circulares que va aumentando de grosor conforme avanza hacia la cola del epidídimo ¹².

Los espermatozoides que entran en el epidídimo no tienen movimiento ni son fértiles. Los espermatozoides necesitan entre 9 y 14 días para emigrar de la cabeza a la cola del epidídimo, el sitio de almacenaje primario. Se ha estimado que la cola del epidídimo

contiene cerca del 75% de los espermatozoides que están en el epidídimo. Los espermatozoides adquieren la motilidad y la capacidad de fertilizar en el cuerpo del epidídimo debido a las secreciones de las células situadas en esta región. El movimiento de los espermatozoides en el epidídimo se piensa que se debe al flujo del líquido de la red testicular, la acción del epitelio ciliar y las contracciones musculares. Los espermatozoides no eyaculados son eliminados gradualmente por la orina y los que no se excretan en la orina experimentan un proceso gradual del envejecimiento. Durante este proceso de envejecimiento, primero pierden la capacidad de fertilizar y seguidamente la motilidad ¹². Eventualmente, los espermatozoides que mueren se desintegran y algunas veces los espermatozoides muertos aparecen en el eyaculado en forma de aglutinación, es decir se observan grupos de espermatozoides unidos por las cabezas ²³.

1.2.5 Conducto deferente

El conducto deferente inicia en la porción distal del epidídimo y es parte del cordón espermático que a través del canal inguinal alcanza la cavidad pélvica para unirse a la uretra mediante una dilatación denominada ampulla, en este punto convergen las estructuras del sistema genital del verraco con la zona urinaria justo antes de la vejiga.

El conducto deferente es una estructura tubular palpable por la consistencia firme proporcionada por la túnica muscular compuesta por tres capas: la interna y media son delgadas y con dirección longitudinal, mientras que la externa es gruesa y está constituida por fibras circulares, la contractibilidad de las fibras musculares juegan un papel importante en el transporte de los espermatozoides durante la eyaculación del verraco (Fig. 2). La mucosa está formada por el revestimiento epitelial y una lamina propia de tejido conjuntivo rica en fibras elásticas. La mucosa del conducto deferente presenta pliegues longitudinales. La adventicia formada por tejido conjuntivo laxo se relaciona con las estructuras vasculares, nerviosas y musculares propias del cordón espermático ¹².

1.2.6 Uretra

La uretra es un conducto que se extiende desde la unión con el ampulla hasta la porción terminal del pene, es un conducto mixto para los sistemas reproductor y urinario. Tiene una porción pélvica y otra peneana, ambas porciones tienen una mucosa constituida por un epitelio de transición y glándulas tubulares mucosas en la lámina propia, a nivel del orificio uretral externo se observa un epitelio estratificado plano no queratinizado. La tunica muscular está constituida por fibras musculares lisas y tejido cavernoso (cuerpos cavernosos) presente en el tejido conjuntivo por debajo del epitelio ²⁰.

1.2.7 Próstata

La próstata consta de dos partes; el cuerpo mide aproximadamente 2.5 cm de ancho y cubre el cuello de la vejiga y la uretra en su punto de unión. Esta a su vez oculto por las vesículas seminales. La porción diseminada forma una capa que rodea la porción pelviana de la uretra y está cubierta por el músculo uretral, excepto dorsalmente ²².

Las glándulas vesiculares son grandes, el cuerpo de la próstata esta expuesto en la cara dorsal de la uretra y el resto de la glándula se encuentra diseminado en la pared de la uretra. Las glándulas bulbouretrales son grandes y elongadas.

1.2.8 Pene

El pene del verraco es de tipo fibroso, con una curvatura sigmoidea preescrotal (Fig. 2). El extremo libre es puntiagudo y curvado en forma de espiral, especialmente en la erección; esta rodeado por el glande que es muy delgado; la parte anterior no presenta glande. El orificio uretral externo tiene forma de hendidura y esta situado ventrolateralmente. Mide de 45 a 50 centímetros de longitud. El músculo bulbocavernoso

es muy fuerte pero corto, el retractor del pene se origina entre el tercero y cuarto segmento sacros; sus dos partes se dirigen hacia atrás y algo ventralmente por cada lado del recto hacia el perineo, donde alcanzan la cara uretral del pene; terminan en la curva ventral de la flexura sigmoidea del pene²².

El prepucio presenta un orificio pequeño. La parte craneal esta dilatada y se abre hacia el divertículo dorsal. Este último esta tapizado por piel con glándulas sebáceas y tubulares, cuya excreción se mezcla con la orina en descomposición para producir un líquido de mal olor. El escroto del verraco se localiza cerca del arco isquial. El eje longitudinal del testículo se dirige dorsocaudalmente ²¹.

II. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

2.1 Erección

La erección del pene es esencialmente el aumento de su turgencia debido a que, en cierto momento, hay más entrada que salida de sangre, con aumento de presión dentro del sistema circulatorio peneano. Como factores de este fenómeno hay vasodilatación de las arterias (por estímulo de los nervios erectores del plexo pélvico) y reducción del drenaje venoso, que a su vez es motivado, por lo menos en parte, por compresión de las venas dorsales del pene, entre el arco isquiático y el cuerpo del miembro, al contraerse los músculos isquiocavernosos. El pene del cerdo entra en erección sobre todo por enderezamiento del ángulo sigmoideo. Si bien hay cierta turgencia, la longitud y diámetro del órgano siguen aproximadamente iguales, porque en estos casos el tejido conectivo es más abundante en relación con el eréctil ¹⁹.

2.2 Eyaculación

La eyaculación es un reflejo por el que se contraen y vacían el epidídimo, la uretra y las glándulas sexuales accesorias del macho. El reflejo comienza principalmente por el

es muy fuerte pero corto, el retractor del pene se origina entre el tercero y cuarto segmento sacros; sus dos partes se dirigen hacia atrás y algo ventralmente por cada lado del recto hacia el perineo, donde alcanzan la cara uretral del pene; terminan en la curva ventral de la flexura sigmoidea del pene²².

El prepucio presenta un orificio pequeño. La parte craneal esta dilatada y se abre hacia el divertículo dorsal. Este último esta tapizado por piel con glándulas sebáceas y tubulares, cuya excreción se mezcla con la orina en descomposición para producir un líquido de mal olor. El escroto del verraco se localiza cerca del arco isquial. El eje longitudinal del testículo se dirige dorsocaudalmente ²¹.

II. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

2.1 Erección

La erección del pene es esencialmente el aumento de su turgencia debido a que, en cierto momento, hay más entrada que salida de sangre, con aumento de presión dentro del sistema circulatorio peneano. Como factores de este fenómeno hay vasodilatación de las arterias (por estímulo de los nervios erectores del plexo pélvico) y reducción del drenaje venoso, que a su vez es motivado, por lo menos en parte, por compresión de las venas dorsales del pene, entre el arco isquiático y el cuerpo del miembro, al contraerse los músculos isquiocavernosos. El pene del cerdo entra en erección sobre todo por enderezamiento del ángulo sigmoideo. Si bien hay cierta turgencia, la longitud y diámetro del órgano siguen aproximadamente iguales, porque en estos casos el tejido conectivo es más abundante en relación con el eréctil ¹⁹.

2.2 Eyaculación

La eyaculación es un reflejo por el que se contraen y vacían el epidídimo, la uretra y las glándulas sexuales accesorias del macho. El reflejo comienza principalmente por el

estímulo del glande, sea en la función natural o con medios mecánicos empleados para recoger semen destinado a la inseminación artificial. La eyaculación puede asimismo, provocarse por masaje manual de las glándulas accesorias a través del recto o por el empleo de un eyaculador eléctrico¹⁹.

2.3 Composición del semen

El semen se compone de las diversas secreciones procedentes de los distintos órganos sexuales secundarios así como del producto de los testículos. Los testículos y el epidídimo combinados producen el 2 a 5 % del volumen total de semen, mientras que la próstata y las glándulas uretrales proporcionan el 55 a 75 %, las vesículas seminales el 15 a 20 % y las glándulas de Cowper el 10 a 15 % del volumen total. Las diversas glándulas accesorias incorporan al semen distintas cantidades de electrolitos y otros compuestos; las vesículas seminales proporcionan casi toda la glucosa y la mayor parte de potasio, fósforo y nitrógeno, mientras que las glándulas de Cowper aportan la mayor parte de sodio, calcio y magnesio. Los cloruros proceden fundamentalmente de la próstata y de las secreciones uretrales. La fructosa es el azúcar normal en el semen del verraco y es usada por los espermatozoides como fuente de energía para moverse. La motilidad es posible tanto en condiciones anaerobias como aerobias; en presencia de oxígeno, los espermatozoides oxidan el ácido láctico y en su ausencia la motilidad no puede persistir sin la presencia de un azúcar glucolizable¹⁵.

2.4 Madurez sexual del macho

La edad del inicio de la pubertad en el verraco es similar a la de la cerda. Los espermatoцитos primarios aparecen primero en los túbulos seminíferos hacia los 3 meses; los espermatoцитos secundarios a los 4 a 5 meses y los espermatozoides maduros están presentes en el eyaculado a los 5 a 6 meses. A esta edad, el verraco tiene fertilidad limitada y no deberá utilizarse en base regular para monta hasta los 8 meses. Los verracos jóvenes deberán seleccionarse en cuanto a precocidad sexual, puesto que esta característica es uno

de los rasgos reproductivos heredados y puede reflejarse en la edad de pubertad de sus crías
14.

2.5 Conducta sexual de la hembra y del macho

El estro en la cerda dura de 40 a 70 horas y habitualmente la cerda busca al macho cuando se encuentra al alcance de su vista, sonido o respuesta vocal. Puede haber acciones de hozar y tentativas de montar tanto a cerdas como al verraco pero más comúnmente la hembra asume una posición inmóvil característica con elevación de las orejas en respuesta al llamado vocal del verraco, hozar y tentativas de monta. El verraco examinará a las cerdas en busca de estro, vocalizando, orinado, hozando y tratando de montar y buscar la hembra al azar con este patrón de cortejo. Las pruebas nasogenitales (olfateo meticuloso del macho hacia la hembra) son comunes en el verraco. La erección ocurre después de la monta. En el verraco el glande del pene es en espiral que penetra la cervix de la hembra durante la eyaculación. La eyaculación dura de 5 a 8 minutos. Los volúmenes de eyaculado de 150 a 200 ml son comunes¹⁴.

2.6 Ciclo estral de la cerda

En las cerdas, la pubertad es un proceso violento que indica el comienzo de la actividad sexual en la vida del animal. El primer estro, generalmente ocurre entre los 5 y 8 meses de edad y está influenciado por muchos factores externos e internos como el tipo de clima, la localización de la granja, la cantidad de cerdas por corral o la exposición a machos. Se presenta una gran cantidad de cambios en donde maduran gradualmente el cerebro, ovarios y tracto reproductivo, los cuales preceden la manifestación de la pubertad
13.

La cerda doméstica es poliéstrica anual continua con ciclos de aproximadamente 21 días. El mismo se divide en proestro que dura dos días, estro dos a tres días, el metaestro

uno a dos días y el diestro que ocupa el resto del ciclo²⁷. Los cuerpos lúteos son funcionales durante alrededor de 16 días después de la ovulación. La ovulación ocurre espontáneamente 36 a 44 horas después del inicio del estro o un poco después de la mitad del estro ¹⁴.

La capacidad reproductiva de cualquier rebaño gira alrededor del inicio de la pubertad en las cerdas de reemplazo, sin ese primer paso crucial nada más puede pasar. Las hembras de reemplazo se manejan por su potencial reproductivo, se espera que alcancen la pubertad a una edad relativamente corta, conciban, luego tengan y críen a un determinado número de lechones similar al de sus compañeras de rebaño de mayor edad ¹³.

Desde la pubertad, la cerda comienza a tener el ciclo estral de forma periódica cada 21 días a lo largo del año, excepto durante la gestación y lactación o en casos patológicos de anestro²⁶. A partir del hipotálamo, se secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) hacia la adenohipófisis, la cual secreta las gonadotropinas, hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH) que van a actuar sobre el ovario (Fig 3). Aunque ambas gonadotropinas actúan de forma sinérgica, es la FSH la principal responsable del crecimiento folicular. Según se van desarrollando los folículos, va aumentando la cantidad de estrógenos secretados, siendo responsables de los síntomas de celo en la cerda (vulva enrojecida, descargas vaginales, reflejo de inmovilidad y comportamiento de monta entre ellas).

A partir de un nivel determinado de estrógenos en sangre, se produce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo provocando la secreción por parte de la hipófisis de la llamada descarga preovulatoria de LH, principal responsable de la ovulación de los folículos maduros o preovulatorios (Fig. 3). Al producirse la ovulación, los niveles de estrógenos descienden y comienzan a aumentar los niveles plasmáticos de progesterona, secretada por los cuerpos lúteos que se están formando en los folículos ovulados.

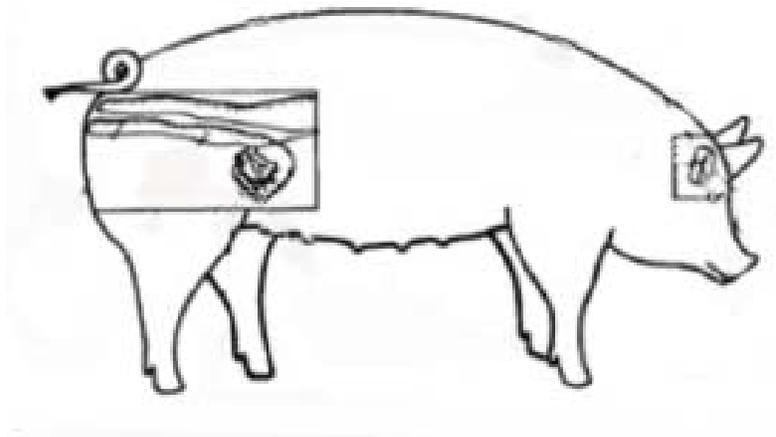
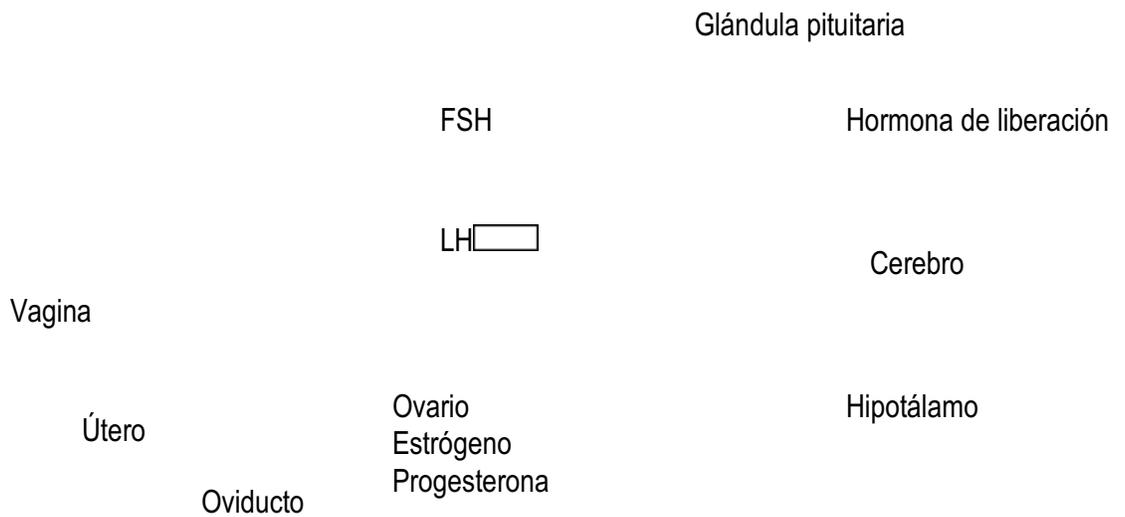


Fig. 3 Anatomía y endocrinología de la cerda. Tomado de: National Hog Farmer info ppca.com.ve

La progesterona es la responsable de la preparación del endometrio para que se produzca la anidación del embrión. También por medio de una retroalimentación negativa, evita la secreción de GnRH por parte del hipotálamo y por consiguiente la secreción de

FSH y LH y no hay crecimiento de nuevos folículos. Si no se produce gestación, la prostaglandina F_{2α} secretada por el útero llega hasta el ovario provocando la regresión de los cuerpos lúteos y por tanto el descenso de los niveles de progesterona, reanudándose la secreción de las gonadotropinas y comenzando un nuevo ciclo estral.

Los factores que influyen sobre el desarrollo y la periodicidad normal del ciclo estral incluyen el estado sanitario y nutricional de la cerda (condición corporal), así como las condiciones ambientales (temperatura, luz, fotoperiodo), de alojamiento (densidad de animales, homogeneidad de lotes) y de manejo (estímulos adecuados, contacto con el verraco, duración de lactación, ausencia de estrés). Si alguno o varios de estos factores se alteran se producirán anomalías del ciclo estral. Las más frecuentes son el anoestro estacional, el anoestro posparto, los ciclos de duración anormal (cortos o largos), los ciclos anovulatorios y los celos silenciosos ¹³.

Parto

El rango normal de gestación en cerdas se encuentra entre 114 y 116 días en granjas de producción.

El parto en la cerda es un proceso continuo, se puede dividir en tres fases:

1-Fase preparatoria, en la cual comienzan las contracciones uterinas y el cerviz se dilata completamente.

2-Fase de expulsión fetal, que se inicia cuando el primer feto se sitúa en el canal del parto (cerviz y vagina)

3-Fase de expulsión de las membranas fetales.

El periodo de lactancia dura en promedio 21 días. Las hembras son destetadas y aproximadamente al tercer día inician su siguiente ciclo.

III. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Dentro del manejo reproductivo existe la inseminación artificial (IA) como una tecnología que se define como la introducción de espermatozoides al tracto genital femenino mediante instrumentos en lugar de hacerlo mediante procedimientos naturales ⁵. Este procedimiento tiene sus orígenes desde el año 1332 cuando los árabes lo utilizaron en fecundación artificial de yeguas y la técnica se introduce en el manejo reproductivo a partir del año 1932 ³.

3.1 Consideraciones en la inseminación

Para determinar con exactitud el momento idóneo para realizar la inseminación artificial, tenemos que tener en cuenta los siguientes datos, que obviamente no se pueden considerar exactos, pero sí aproximados:

1. La ovulación se produce en el último tercio del periodo de celo.
2. Comienzo de la ovulación a las 30 – 40 horas desde el inicio del celo.
3. Duración de la ovulación: 12 horas.
4. Viabilidad de los espermatozoides en el oviducto: 24 a 36 horas²⁸.

3.2 Técnica de Inseminación Artificial

La técnica de inseminación artificial en la actualidad consta de cuatro pasos fundamentales:

- a) Obtención del esperma.
- b) Análisis y constatación de semen.
- c) Conservación del mismo.
- d) Aplicación del semen a la hembra reproductora ².

Obtención del esperma: Se puede conseguir semen fresco de un verraco, varias veces, en el curso de una semana. Los verracos se deben entrenar para que monten un maniquí que imita una hembra y se produzca la eyaculación ⁵.

Análisis y constatación de semen: La evaluación seminal es fundamental y ayuda a

evitar problemas de fertilidad en los verracos, las características de volumen del eyaculado, color, concentración de espermatozoides (nº/ml), motilidad y morfología espermática deben ser analizadas de manera rutinaria y práctica inmediatamente después de la recolección ⁷.

Conservación del mismo: Los espermatozoides del verraco son sensibles a los cambios bruscos de temperatura. Se debe tener mucho cuidado y evitar los cambios repentinos de temperatura en todas las fases de recolección del semen así como durante su dilución, almacenamiento e inseminación ⁵.

Aplicación del semen a la hembra: Es el paso final del proceso. Es necesario que tanto el material que se utilice como la técnica que se aplique sean las correctas en cada caso.

3.3 Detección de celo en la cerda

La cerda presenta el celo entre los 4 y los 6 días después del destete aunque se puede manifestar entre los 2 y los 7 días post-destete. Su duración media es de 48 a 72 horas, pero se observan celos de 32 a 120 horas de duración. Por regla general, las cerdas que salen antes en celo después del destete tenderán a presentar un celo más largo, y por el contrario las cerdas que tardan más en salir en celo tienden a presentarlo durante un período más corto²⁹.

Los signos de la salida en celo son la inflamación y enrojecimiento de la vulva, el cambio en la textura del flujo vaginal, un comportamiento más nervioso y sobre todo el reflejo de inmovilidad provocado por la presencia del verraco o por la presión ejercida en el lomo por parte del técnico que realiza la detección. Este reflejo marca claramente el comienzo del período de celo. Su manifestación es máxima en presencia del verraco por el estímulo que produce por vía visual, auditiva, táctil y sobre todo olfativa por medio de feromonas (3-a- androstenol y 5-a-androstenona) producidas en las glándulas

submaxilares³⁰.

La cerda se puede exponer al verraco a partir del 1^{er} día post-destete, preferiblemente en parques, en grupos de 6 a 8 cerdas por verraco, al menos 1 vez al día, preferiblemente 2, y por un período suficiente para que el verraco pueda examinar a todas.

En el caso de cerdas alojadas en jaulas, el verraco irá pasando por delante de las cerdas durante el tiempo suficiente para estimularlas. Es importante procurar que las cerdas estén alojadas lejos de los verracos para que no se produzca un acostumbamiento al estímulo, lo que hará más difícil la detección del celo. Lo ideal es tenerlos en alojamientos separados o al menos a una distancia que evite que las cerdas tengan contacto visual con los verracos.

Los verracos deben tener más de 10 meses de edad, para asegurar una buena producción de feromonas, presentar buena libido y no ser muy pesados para evitar lesiones en las cerdas. Conviene tener preparados varios verracos ya que algunas cerdas muestran preferencias por unos más que por otros. En el caso de tener parques grandes en los que se desteten más de 8 cerdas, conviene realizar la detección de celo con el verraco.

El técnico que realice la detección de celo debe conocer la fisiología del proceso para que permita el desarrollo correcto del estímulo, concediendo al verraco el tiempo suficiente para provocar una respuesta clara en la cerda. La paciencia y la suavidad son fundamentales, sobre todo en el caso de las cerdas primerizas que muestran el celo con mayor dificultad.

La ovulación se produce durante el último tercio del celo. La detección del celo cobra así una gran importancia ya que su correcta realización nos ayudará a calcular mejor el momento de ovulación y permitirá aumentar la probabilidad de realizar las inseminaciones antes de la ovulación y por tanto aumentar la tasa de éxito de las mismas⁴.

3.4 Aplicación del semen en la hembra

Al momento de la inseminación es necesario que todo el material este perfectamente limpio. El catéter tiene que estar constituido de tal forma, que permita una correcta fijación cervical para poder practicar la inseminación intrauterina sin que se produzca reflujo de semen. Los principales puntos para una adecuada inseminación son los siguientes:

1.-Conservar el semen a una temperatura de 15 a 17°C.

2.-Limpiar la vulva de la cerda para evitar arrastrar partículas sépticas (evitando la posibilidad de una infección).

3.-Lubricar el extremo anterior del catéter con la misma dosis de semen o con un lubricante especial, para que pueda deslizarse suavemente en el aparato genital dela hembra sin lesionar la mucosa.

4.-Introducción del catéter: La introducción se efectúa girando, para que se deslice mejor dirigiendo el catéter un poco hacia arriba (hacia el techo de la vagina) para evitar una posible introducción en uretra (esto provocaría el reflejo de micción que inutilizaría el catéter); se hace llegar hasta el cuello del útero (se percibe una resistencia) y entonces se gira hacia la izquierda (movimiento contrario a las agujas del reloj) para que penetre en los pliegues cervicales hasta que el giro se ve impedido (señal de que se ha llegado al útero). Luego se efectúa una pequeña tracción para asegurar que el catéter está fijado en el conducto cervical y que no va a haber problemas de reflujo.

5.-Introducción del semen: una vez adecuadamente fijado el catéter se procede a introducir el semen, en el caso de la inseminación intrauterina se hace por medio de presión ligera en el frasco que contiene la dosis seminal para que se permita la introducción de la cánula que esta dentro del catéter. En la inseminación tradicional se deja que la dosis seminal se introduzca por el catéter por gravedad, descendiendo lentamente hasta llegar a el útero²¹.

3.5 Penetración de los espermatozoides

Los espermatozoides penetran con rapidez en el moco cervical acuoso a la mitad del ciclo, auxiliados principalmente por la propia motilidad, así como por las propiedades del moco. La rapidez de dicha penetración varía durante el ciclo estral. Los espermatozoides se orientan mecánicamente hacia la abertura cervical interna. Cuando el flagelo bate y vibra, la cabeza espermática avanza por los canales de menor resistencia. La frecuencia de batido de la cola establece una resonancia mecánica entre sí misma y la frecuencia de oscilación de la malla molecular. Al parecer los principios de la hidrodinámica son aplicables a la motilidad espermática, de este modo, los espermatozoides móviles están en equilibrio dinámico con la fuerza viscosa del medio en lugar de ser afectados por la fuerza inercial que influye en los objetos móviles grandes. En el oviducto de la cerda, los espermatozoides muertos inseminados son transportados de manera menos eficaz que los vivos; parece ser que la motilidad espermática facilita la penetrabilidad pero no es absolutamente necesaria. Aunque los espermatozoides parecen moverse de manera aleatoria en la secreción cervical, probablemente siguen la trayectoria de menor resistencia a lo largo de filamentos de moco cervical ¹².

3.6 Ventajas de la Inseminación artificial (IA)

Algunas de las ventajas de la IA son las siguientes: la diseminación de genética superior, selección controlada de los cruzamientos, evaluación de rasgos que se requiere para ser heredados⁹ (Esto permite una amplia difusión del material genético del verraco seleccionado que alcanza para inseminar un mayor número de hembras).

Debido a que un verraco puede eyacular más de 50×10^9 espermatozoides en un solo evento y solo se requieren 2×10^9 espermatozoides para atravesar el cervix y conseguir una fertilización eficaz, entonces un eyaculado puede utilizarse para fecundar a 25 o más hembras mediante la práctica de IA¹⁰. También se puede impedir la transmisión de enfermedades por vía venérea y por contacto.

Entre otras ventajas está también la evaluación continua de la capacidad de producir espermatozoides de calidad suficiente para asegurar la fecundación. Esto supone de forma indirecta una mejora en el control de los resultados reproductivos de la explotación. Por otro lado se reduce el número de verracos por hembra, con la consiguiente reducción en costos de adquisición, alojamiento y alimentación. El dinero ahorrado puede ser destinado a la compra de verracos de mejor calidad genética²⁴.

La Inseminación artificial tradicional (IA tradicional)

En la IA tradicional se utiliza normalmente una alta concentración de espermatozoides por dosis, realizando de dos a tres inseminaciones por ciclo estral de cada cerda. Si bien se colocan miles de millones de espermatozoides en el cuello del útero, sólo algunos cientos llegan al lugar de fertilización. El volumen de la dosis seminal también es importante a la hora de asegurar el éxito reproductivo. Se ha demostrado que con la técnica de IA tradicional es necesario un volumen de 80-100 ml de semen para que logre alcanzar los cuernos uterinos y la unión útero-tubárica. Durante el transporte del semen por los cuernos uterinos, las contracciones juegan un papel muy importante, ya que permiten que se pueda encontrar semen en los oviductos entre los 15 minutos a 2 horas luego del servicio. Si las contracciones ascendentes no son suficientes, se produce una gran pérdida de material

seminal por los reflujos durante y después de la inseminación artificial. Si bien son variadas las causas de la aparición de reflujo, juega un papel muy importante la habilidad del técnico y la paciencia con que realiza la IA¹.

En resumen, las ventajas que ofrece la IA tradicional se consideran como sigue:

- 1.- Permite preñar a un gran número de hembras con sementales sobresalientes.
- 2.- Permite el empleo de sementales probados o superiores.
- 3.- Contribuye a detener la propagación de enfermedades porcinas, que pueden ser transmitidas por medio de coito o monta natural.
- 4.- Reduce la inversión de capital en verracos y equipo para su manejo.
- 5.- Puede acelerar la mejoría y la uniformidad de la calidad de las canales en los cerdos de abasto, utilizando sementales con características deseadas para este fin.
- 6.- Permite superar las dificultades que surgen cuando los verracos y las hembras jóvenes son de corpulencias muy diferentes.
- 7.- Permite llevar registros de cruzamientos más exactos.
- 8.- Resuelve los problemas debidos a verracos inactivos.
- 9.- En un periodo de tiempo más corto pueden fecundarse con semen procedente de un solo semental un mayor número de hembras⁶.

Inseminación artificial intrauterina (IA intrauterina)

La IA intrauterina se refiere al depósito de semen por medio de un catéter flexible a través del cervix dentro del útero¹². La técnica aunque novedosa no es tan reciente. A finales de la década de los 80's y principios de los 90's surgió la idea de inseminar

intrauterinamente como un esfuerzo para reducir los efectos de infertilidad estacional en zonas con calor excesivo⁸. El procedimiento requiere pasar un catéter pequeño, especializado, a través de un catéter normal de inseminación después de que éste último se ha fijado adecuadamente en los anillos cervicales. El catéter intracervical debe pasar un mínimo de 10 a 14 cm. Más allá de la terminación del catéter convencional, para que alcance el cuerpo del útero. Una vez que se pasa el último pliegue cervical, el catéter intracervical no encuentra resistencia y se siente como si hubiera penetrado en una cavidad (el cuerpo del útero) donde se deposita el semen ⁸. Existen diversas opciones para la realización de ésta técnica por lo que el médico debe de seleccionar de las diferentes opciones de catéter existentes la que es más idónea.

Se pueden obtener excelentes resultados con diferentes concentraciones espermáticas por dosis aún cuando la dosis seminal es muy reducida. Existe relación entre el número de espermias y el volumen de la dosis con el porcentaje de fertilidad y el tamaño de la camada ¹¹.

Las ventajas de la inseminación artificial intrauterina son las siguientes:

- a) Reducción del volumen de reflujo seminal post-IA.
- b) Utilización de menor volumen por dosis.
- c) Reducción de costos
- d) Optimización de semen de verracos con mayor valor genético ¹.

3.7 Técnica de IA Intrauterina mediante el catéter Absolute™ .

Los catéteres de Absolute Swine Insemination utilizan presión hidráulica para su funcionamiento. Si no se presiona con la fuerza suficiente o no mantiene esa presión sobre el tubo, botella o bolsa de semen, se tendrán dificultades para desdoblarse la membrana la cual, lo hace fácilmente cuando el catéter se inserta en la cerda al ejercer presión en el tubo de semen (Fig 4).

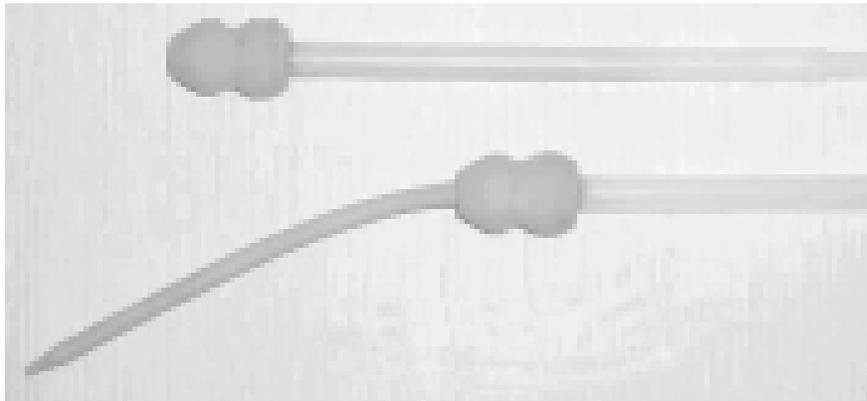


Fig. 4 Esquema del catéter "Absolute Swine Insemination™ SOW"

El periodo de lactancia dura en promedio 21 días. Las hembras son destetadas y aproximadamente al tercer día inician su siguiente ciclo.

III. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Dentro del manejo reproductivo existe la inseminación artificial (IA) como una tecnología que se define como la introducción de espermatozoides al tracto genital femenino mediante instrumentos en lugar de hacerlo mediante procedimientos naturales ⁵. Este procedimiento tiene sus orígenes desde el año 1332 cuando los árabes lo utilizaron en fecundación artificial de yeguas y la técnica se introduce en el manejo reproductivo a partir del año 1932 ³.

3.1 Consideraciones en la inseminación

Para determinar con exactitud el momento idóneo para realizar la inseminación artificial, tenemos que tener en cuenta los siguientes datos, que obviamente no se pueden considerar exactos, pero sí aproximados:

1. La ovulación se produce en el último tercio del periodo de celo.
2. Comienzo de la ovulación a las 30 – 40 horas desde el inicio del celo.
3. Duración de la ovulación: 12 horas.
4. Viabilidad de los espermatozoides en el oviducto: 24 a 36 horas²⁸.

3.2 Técnica de Inseminación Artificial

La técnica de inseminación artificial en la actualidad consta de cuatro pasos fundamentales:

- a) Obtención del esperma.
- b) Análisis y constatación de semen.
- c) Conservación del mismo.
- d) Aplicación del semen a la hembra reproductora ².

Obtención del esperma: Se puede conseguir semen fresco de un verraco, varias veces, en el curso de una semana. Los verracos se deben entrenar para que monten un maniquí que imita una hembra y se produzca la eyaculación ⁵.

Análisis y constatación de semen: La evaluación seminal es fundamental y ayuda a

evitar problemas de fertilidad en los verracos, las características de volumen del eyaculado, color, concentración de espermatozoides (nº/ml), motilidad y morfología espermática deben ser analizadas de manera rutinaria y práctica inmediatamente después de la recolección ⁷.

Conservación del mismo: Los espermatozoides del verraco son sensibles a los cambios bruscos de temperatura. Se debe tener mucho cuidado y evitar los cambios repentinos de temperatura en todas las fases de recolección del semen así como durante su dilución, almacenamiento e inseminación ⁵.

Aplicación del semen a la hembra: Es el paso final del proceso. Es necesario que tanto el material que se utilice como la técnica que se aplique sean las correctas en cada caso.

3.3 Detección de celo en la cerda

La cerda presenta el celo entre los 4 y los 6 días después del destete aunque se puede manifestar entre los 2 y los 7 días post-destete. Su duración media es de 48 a 72 horas, pero se observan celos de 32 a 120 horas de duración. Por regla general, las cerdas que salen antes en celo después del destete tenderán a presentar un celo más largo, y por el contrario las cerdas que tardan más en salir en celo tienden a presentarlo durante un período más corto²⁹.

Los signos de la salida en celo son la inflamación y enrojecimiento de la vulva, el cambio en la textura del flujo vaginal, un comportamiento más nervioso y sobre todo el reflejo de inmovilidad provocado por la presencia del verraco o por la presión ejercida en el lomo por parte del técnico que realiza la detección. Este reflejo marca claramente el comienzo del período de celo. Su manifestación es máxima en presencia del verraco por el estímulo que produce por vía visual, auditiva, táctil y sobre todo olfativa por medio de feromonas (3-a- androstenol y 5-a-androstenona) producidas en las glándulas

submaxilares³⁰.

La cerda se puede exponer al verraco a partir del 1^{er} día post-destete, preferiblemente en parques, en grupos de 6 a 8 cerdas por verraco, al menos 1 vez al día, preferiblemente 2, y por un período suficiente para que el verraco pueda examinar a todas.

En el caso de cerdas alojadas en jaulas, el verraco irá pasando por delante de las cerdas durante el tiempo suficiente para estimularlas. Es importante procurar que las cerdas estén alojadas lejos de los verracos para que no se produzca un acostumbamiento al estímulo, lo que hará más difícil la detección del celo. Lo ideal es tenerlos en alojamientos separados o al menos a una distancia que evite que las cerdas tengan contacto visual con los verracos.

Los verracos deben tener más de 10 meses de edad, para asegurar una buena producción de feromonas, presentar buena libido y no ser muy pesados para evitar lesiones en las cerdas. Conviene tener preparados varios verracos ya que algunas cerdas muestran preferencias por unos más que por otros. En el caso de tener parques grandes en los que se desteten más de 8 cerdas, conviene realizar la detección de celo con el verraco.

El técnico que realice la detección de celo debe conocer la fisiología del proceso para que permita el desarrollo correcto del estímulo, concediendo al verraco el tiempo suficiente para provocar una respuesta clara en la cerda. La paciencia y la suavidad son fundamentales, sobre todo en el caso de las cerdas primerizas que muestran el celo con mayor dificultad.

La ovulación se produce durante el último tercio del celo. La detección del celo cobra así una gran importancia ya que su correcta realización nos ayudará a calcular mejor el momento de ovulación y permitirá aumentar la probabilidad de realizar las inseminaciones antes de la ovulación y por tanto aumentar la tasa de éxito de las mismas⁴.

3.4 Aplicación del semen en la hembra

Al momento de la inseminación es necesario que todo el material este perfectamente limpio. El catéter tiene que estar constituido de tal forma, que permita una correcta fijación cervical para poder practicar la inseminación intrauterina sin que se produzca reflujo de semen. Los principales puntos para una adecuada inseminación son los siguientes:

1.-Conservar el semen a una temperatura de 15 a 17°C.

2.-Limpiar la vulva de la cerda para evitar arrastrar partículas sépticas (evitando la posibilidad de una infección).

3.-Lubricar el extremo anterior del catéter con la misma dosis de semen o con un lubricante especial, para que pueda deslizarse suavemente en el aparato genital dela hembra sin lesionar la mucosa.

4.-Introducción del catéter: La introducción se efectúa girando, para que se deslice mejor dirigiendo el catéter un poco hacia arriba (hacia el techo de la vagina) para evitar una posible introducción en uretra (esto provocaría el reflejo de micción que inutilizaría el catéter); se hace llegar hasta el cuello del útero (se percibe una resistencia) y entonces se gira hacia la izquierda (movimiento contrario a las agujas del reloj) para que penetre en los pliegues cervicales hasta que el giro se ve impedido (señal de que se ha llegado al útero). Luego se efectúa una pequeña tracción para asegurar que el catéter está fijado en el conducto cervical y que no va a haber problemas de reflujo.

5.-Introducción del semen: una vez adecuadamente fijado el catéter se procede a introducir el semen, en el caso de la inseminación intrauterina se hace por medio de presión ligera en el frasco que contiene la dosis seminal para que se permita la introducción de la cánula que esta dentro del catéter. En la inseminación tradicional se deja que la dosis seminal se introduzca por el catéter por gravedad, descendiendo lentamente hasta llegar a el útero²¹.

3.5 Penetración de los espermatozoides

Los espermatozoides penetran con rapidez en el moco cervical acuoso a la mitad del ciclo, auxiliados principalmente por la propia motilidad, así como por las propiedades del moco. La rapidez de dicha penetración varía durante el ciclo estral. Los espermatozoides se orientan mecánicamente hacia la abertura cervical interna. Cuando el flagelo bate y vibra, la cabeza espermática avanza por los canales de menor resistencia. La frecuencia de batido de la cola establece una resonancia mecánica entre sí misma y la frecuencia de oscilación de la malla molecular. Al parecer los principios de la hidrodinámica son aplicables a la motilidad espermática, de este modo, los espermatozoides móviles están en equilibrio dinámico con la fuerza viscosa del medio en lugar de ser afectados por la fuerza inercial que influye en los objetos móviles grandes. En el oviducto de la cerda, los espermatozoides muertos inseminados son transportados de manera menos eficaz que los vivos; parece ser que la motilidad espermática facilita la penetrabilidad pero no es absolutamente necesaria. Aunque los espermatozoides parecen moverse de manera aleatoria en la secreción cervical, probablemente siguen la trayectoria de menor resistencia a lo largo de filamentos de moco cervical ¹².

3.6 Ventajas de la Inseminación artificial (IA)

Algunas de las ventajas de la IA son las siguientes: la diseminación de genética superior, selección controlada de los cruzamientos, evaluación de rasgos que se requiere para ser heredados⁹ (Esto permite una amplia difusión del material genético del verraco seleccionado que alcanza para inseminar un mayor número de hembras).

Debido a que un verraco puede eyacular más de 50×10^9 espermatozoides en un solo evento y solo se requieren 2×10^9 espermatozoides para atravesar el cervix y conseguir una fertilización eficaz, entonces un eyaculado puede utilizarse para fecundar a 25 o más hembras mediante la práctica de IA¹⁰. También se puede impedir la transmisión de enfermedades por vía venérea y por contacto.

Entre otras ventajas está también la evaluación continua de la capacidad de producir espermatozoides de calidad suficiente para asegurar la fecundación. Esto supone de forma indirecta una mejora en el control de los resultados reproductivos de la explotación. Por otro lado se reduce el número de verracos por hembra, con la consiguiente reducción en costos de adquisición, alojamiento y alimentación. El dinero ahorrado puede ser destinado a la compra de verracos de mejor calidad genética²⁴.

La Inseminación artificial tradicional (IA tradicional)

En la IA tradicional se utiliza normalmente una alta concentración de espermatozoides por dosis, realizando de dos a tres inseminaciones por ciclo estral de cada cerda. Si bien se colocan miles de millones de espermatozoides en el cuello del útero, sólo algunos cientos llegan al lugar de fertilización. El volumen de la dosis seminal también es importante a la hora de asegurar el éxito reproductivo. Se ha demostrado que con la técnica de IA tradicional es necesario un volumen de 80-100 ml de semen para que logre alcanzar los cuernos uterinos y la unión útero-tubárica. Durante el transporte del semen por los cuernos uterinos, las contracciones juegan un papel muy importante, ya que permiten que se pueda encontrar semen en los oviductos entre los 15 minutos a 2 horas luego del servicio. Si las contracciones ascendentes no son suficientes, se produce una gran pérdida de material

seminal por los reflujos durante y después de la inseminación artificial. Si bien son variadas las causas de la aparición de reflujo, juega un papel muy importante la habilidad del técnico y la paciencia con que realiza la IA¹.

En resumen, las ventajas que ofrece la IA tradicional se consideran como sigue:

- 1.- Permite preñar a un gran número de hembras con sementales sobresalientes.
- 2.- Permite el empleo de sementales probados o superiores.
- 3.- Contribuye a detener la propagación de enfermedades porcinas, que pueden ser transmitidas por medio de coito o monta natural.
- 4.- Reduce la inversión de capital en verracos y equipo para su manejo.
- 5.- Puede acelerar la mejoría y la uniformidad de la calidad de las canales en los cerdos de abasto, utilizando sementales con características deseadas para este fin.
- 6.- Permite superar las dificultades que surgen cuando los verracos y las hembras jóvenes son de corpulencias muy diferentes.
- 7.- Permite llevar registros de cruzamientos más exactos.
- 8.- Resuelve los problemas debidos a verracos inactivos.
- 9.- En un periodo de tiempo más corto pueden fecundarse con semen procedente de un solo semental un mayor número de hembras⁶.

Inseminación artificial intrauterina (IA intrauterina)

La IA intrauterina se refiere al depósito de semen por medio de un catéter flexible a través del cervix dentro del útero¹². La técnica aunque novedosa no es tan reciente. A finales de la década de los 80's y principios de los 90's surgió la idea de inseminar

intrauterinamente como un esfuerzo para reducir los efectos de infertilidad estacional en zonas con calor excesivo⁸. El procedimiento requiere pasar un catéter pequeño, especializado, a través de un catéter normal de inseminación después de que éste último se ha fijado adecuadamente en los anillos cervicales. El catéter intracervical debe pasar un mínimo de 10 a 14 cm. Más allá de la terminación del catéter convencional, para que alcance el cuerpo del útero. Una vez que se pasa el último pliegue cervical, el catéter intracervical no encuentra resistencia y se siente como si hubiera penetrado en una cavidad (el cuerpo del útero) donde se deposita el semen ⁸. Existen diversas opciones para la realización de ésta técnica por lo que el médico debe de seleccionar de las diferentes opciones de catéter existentes la que es más idónea.

Se pueden obtener excelentes resultados con diferentes concentraciones espermáticas por dosis aún cuando la dosis seminal es muy reducida. Existe relación entre el número de espermias y el volumen de la dosis con el porcentaje de fertilidad y el tamaño de la camada ¹¹.

Las ventajas de la inseminación artificial intrauterina son las siguientes:

- a) Reducción del volumen de reflujo seminal post-IA.
- b) Utilización de menor volumen por dosis.
- c) Reducción de costos
- d) Optimización de semen de verracos con mayor valor genético ¹.

3.7 Técnica de IA Intrauterina mediante el catéter Absolute™ .

Los catéteres de Absolute Swine Insemination utilizan presión hidráulica para su funcionamiento. Si no se presiona con la fuerza suficiente o no mantiene esa presión sobre el tubo, botella o bolsa de semen, se tendrán dificultades para desdoblarse la membrana la cual, lo hace fácilmente cuando el catéter se inserta en la cerda al ejercer presión en el tubo de semen (Fig 4).

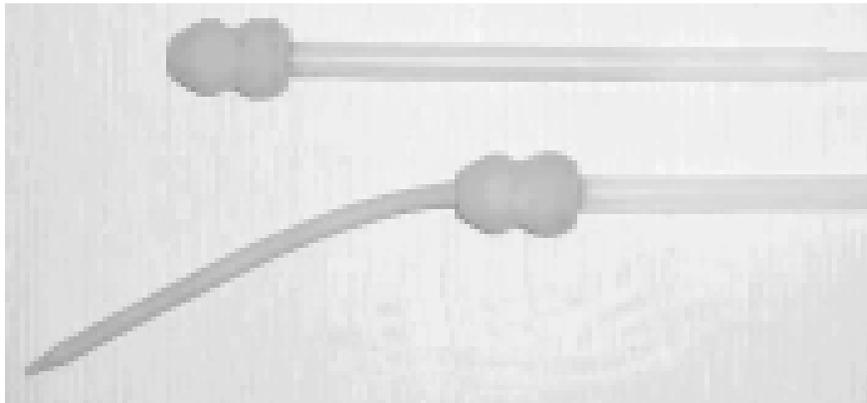


Fig. 4 Esquema del catéter "Absolute Swine Insemination™ SOW"

IV. HIPOTESIS

Si el método de inseminación artificial intrauterina es eficiente tomando en cuenta el efecto reproductivo y productivo, el porcentaje de fertilidad y el número de lechones nacidos totales y número de lechones nacidos vivos, entonces estos parámetros serán positivos para la producción dentro de la granja.

V. OBJETIVO

Determinar la eficiencia del método de inseminación artificial intrauterina sobre el efecto reproductivo y productivo, el porcentaje de fertilidad y el número de lechones nacidos totales y número de lechones nacidos vivos; en relación con el método de inseminación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una granja porcina ubicada en el poblado de Santiago Tepatlaxco en Naucalpan Estado de México. La granja consta de 280 vientres de diferentes razas principalmente landrace y york, la alimentación de las cerdas es adecuada en cuanto los requerimientos nutricionales de éstas y varía de acuerdo a la etapa fisiológica en la que se encuentran (gestación, lactancia). Las instalaciones de ésta granja son funcionales y adecuadas para el fin que tienen. El manejo reproductivo consistió en la detección de calores de las cerdas y posteriormente se procedió a la inseminación artificial por el método tradicional e intrauterino; a cada cerda se le aplicó un total de dos dosis después de detectarla en calor, en la mañana o en la tarde. La semana siguiente post-inseminación, se trasladaron a las hembras a las jaulas de gestación en donde se les realizó el diagnóstico de preñez mediante el empleo de un equipo de ultrasonido de marca Renco. Una semana antes del parto se subieron a las jaulas de maternidad en donde se esperó el parto.

El semen que se empleó en este trabajo se obtuvo de verracos (duroc, york y pietrain) de la misma granja. El manejo del semen consistió en la colecta, el examen del volumen eyaculado, valoración de la temperatura, motilidad espermática y posteriormente se realizó un conteo espermático para saber la cantidad de diluyente a utilizar en cada muestra de semen. La dilución de semen utilizada fue de 4×10^9 y el diluyente empleado fue de la marca Magapor.

Con respecto a la comparación entre los métodos de IA intrauterina y tradicional, en el presente trabajo se utilizaron 56 hembras multíparas de segundo a cuarto parto, elegidas aleatoriamente, las cuales se separaron en dos grupos de 28 cerdas cada uno. En el primer grupo, se realizó la IA por el método tradicional (con catéter convencional y un volumen de 100ml de semen); en el segundo grupo, se utilizó la IA intrauterina (con catéter especial marca “Absolute” y un volumen de 30 ml de semen).

Modo de utilización del catéter Absolute™:

Paso #1: Se inserta el catéter en las cerdas o reemplazos como lo hace con catéteres

convencionales. La versión del **EXTREMO MORADO AbsoluteGILT** cuenta con una membrana de 10 cm. para ser usada en reemplazos y la versión **EXTREMO ROSA AbsoluteSOW** cuenta con una membrana de 15 cm. para ser usada en cerdas de 1 o más partos (es preferible lubricar).

Paso #2: Se corta la punta del tubo o botella de semen haciendo un orificio lo mas grande posible. Se asegura que el diámetro exterior del tubo se ajustará dentro del diámetro interior del catéter. La membrana es desdoblada y extendida con presión hidráulica, por lo que mientras mayor sea el orificio de salida del tubo de semen, más fácilmente se extenderá la membrana.

Paso #3: Se toma con firmeza el catéter evitando que se mueva demasiado, el movimiento estimula el cervix y hace que la cerda contraiga su cervix sobre la punta de el catéter (esto elimina el beneficio de esperar 2 minutos a que el cervix esté relajado). Se inserta la botella o tubo de semen en el catéter, se pone cierta presión en el catéter y se aprieta con firmeza. El semen pasa alrededor de la membrana hasta que llega al extremo, ejerciendo así presión dentro del catéter; esta presión colapsa la membrana interior y cierra el orificio de salida, por lo que el semen no escurrirá mientras la membrana se va desdoblando. **Se sostiene con firmeza el catéter mientras presiona el tubo de semen, asegurándose que la membrana no se vaya a salir del cervix, al jalarlo hacia la persona que insemina.** Se mantiene la presión suficiente sobre el tubo de semen, hasta percibir en su mano como se libera la presión ejercida; o hasta que vea el tubo de semen vacío. La pérdida de presión indica que la punta de la membrana ha sido completamente desdoblada y se ha logrado extender exitosamente la membrana. Entonces ya se encuentra depositando el semen dentro del cuerpo del útero, como se requiere.

En caso de que la membrana no logre desdoblarse y extenderse inmediatamente siguiendo el procedimiento señalado, se esperan de 10 a 15 segundos y se presiona de nuevo, repitiendo este proceso las veces que sea necesario... **Normalmente de una o dos veces son suficientes.**

Se necesita de una fuerte presión para desdoblar la membrana, ya que la está empujando a

través de un conducto irregular y ajustado. **Es esencial entender que la presión hidráulica que se ejerce es lo que mueve a la membrana, así como también que es imposible que se pueda lastimar a la cerda de ninguna manera con esta membrana.**

Paso #4: Se comprime completamente el tubo para vaciar totalmente el semen dentro del cervix. El proceso completo de inseminar a la cerda dura de 30 a 45 segundos.

Paso #5: Se separa el tubo de semen del extremo del catéter; si se desea se puede soplar un poco de aire con un tubo de semen vacío para vaciar completamente el semen del catéter. El catéter puede mantener en su interior hasta 8 ml de semen, por lo que si no se vacía todo el semen al interior del útero, parecerá como si escurriera el semen o hubiera algún reflujo²⁵.

Para determinar la eficiencia reproductiva del método de IA intrauterino se utilizó un análisis estadístico que consistió en el empleo de la prueba de X cuadrada, para comparar el

porcentaje de fertilidad.,

utilizando el paquete Statistical Analysis

System (1988). Y las variables dependientes que se utilizaron para analizar la eficiencia reproductiva fueron: el número de lechones nacidos totales (LNT) y el número de lechones nacidos vivos (LNV). Dichas variables dependientes se analizaron mediante una prueba de

T de student.

RESULTADOS

De las 56 cerdas inseminadas se observó un porcentaje de fertilidad del 92.9 % no existiendo un efecto del método utilizado ($P < 0.05$), (Cuadro 1, Gráfica 1).

Cuadro 1.- Evaluación del efecto del método de inseminación artificial en cerdas sobre el porcentaje de fertilidad.

Tratamientos	Método Intrauterino	Método Tradicional
Variables dependientes		
Porcentaje de fertilidad	89.29	96.43

Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa entre grupos ($p < 0.05$)

El método de inseminación artificial en cerdas no afectó la eficiencia productiva ($P < 0.05$), (Cuadro 2, Gráfica 2).

Cuadro 2.- Evaluación del efecto del método de Inseminación artificial en cerdas sobre la eficiencia productiva.

Tratamientos	Método Intrauterino ($\mu \pm ee$)	Método Tradicional ($\mu \pm ee$)
Variables dependientes		
Lechones Nacidos Totales (LNT)	10.96 \pm 0.619	11.15 \pm 0.595
Lechones Nacidos Vivos (LNV)	10.40 \pm 0.612	10.44 \pm 0.589

Letras diferentes en el mismo renglón presentan diferencias estadísticas entre las medias de cada grupo ($P > 0.05$)

DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se observó que la utilización de la Inseminación artificial tradicional y la intrauterina no presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al número de lechones nacidos totales y el número de lechones nacidos vivos: De acuerdo a los programas estadísticos utilizados comprobamos que al calcular las varianzas poblacionales y la distribución t , los resultados son muy similares. En esta investigación sólo se utilizaron los parámetros de número de lechones totales y número de lechones nacidos vivos, sin embargo Mezallira, et al., en el 2005 encontraron variantes en los parámetros entre ambas técnicas cuando se evaluó el porcentaje del volumen de reflujo en la inseminación artificial intrauterina así como el número de espermatozoides cuantificados. Así también estos autores mencionan que es necesario identificar el momento oportuno para la inseminación exitosa y que se deben de considerar, la hora de la ovulación y la forma en que se encuentra el folículo ovárico por medio de ultrasonografía. Otro parámetro evaluable es la cantidad de reflujo de dosis seminal que tiene cada cerda; el número mínimo de espermatozoides que se requieren para una fertilidad normal después de la inseminación intrauterina profunda (Martínez, et al, 2002). Por otro lado Vázquez, et al. (2003) consideran el numero de lechones nacidos después de la inseminación intrauterina con flujo medido citométricamente en su trabajo tomando como base la preselección de cromosomas X y Y con miras a programas genéticos de producción porcina. En su estudio concluyen que inseminando de forma intrauterina a las cerdas a las cuales se les indujo la ovulación y después preseleccionando a los lechones por sexos se considera aceptable. Gil, et al. (2004), demostraron que los grados de prolificidad obtenidos en su investigación con varios volúmenes y concentración espermática por dosis pueden ser usadas con la técnica de inseminación artificial intrauterina, lo cual incrementa el número de lechones nacidos y crea machos de genética superior, además de reducir costos de producción y promover la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia.

CONCLUSIONES

De acuerdo con estos resultados se concluye que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos con los dos métodos de inseminación. Sin embargo la utilización del método de IA intrauterina reduce el volumen de semen utilizado para la inseminación por lo que significa un beneficio en la optimización del semen de los verracos y reduce los costos de inseminación, sin afectar los parámetros reproductivos.

LITERATURA CITADA

- 1- Williams S. (2002). Inseminación artificial postcervical. Instituto de Teriogenología. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. La Plata, Argentina. Disponible en: <http://www.vetefarm.com/index.asp>
- 2- Buxade C. (1984). Ganado porcino, sistemas de explotación y técnicas de producción. La I.A. en el ganado porcino. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España pp 339-363.
- 3- Rillo S. (1982). Reproducción e inseminación artificial porcina. Técnica de inseminación artificial. Ed. Aedos. Barcelona, España pp 49-63.
- 4- Goodwin H. (1986). Producción y manejo del cerdo. La reproducción en los cerdos. Ed. Acribia. Zaragoza, España pp 27-34.
- 5- Carrol W. E. (1976) Explotación del cerdo. Inseminación Artificial. Ed. Acribia. Zaragoza España pp 122-125.
- 6- Bundy C, Diggins R, Christensen V. (1981). Producción porcina. Reproducción y fecundidad. Ed. Continental, México pp 146-150.
- 7- Córdova I. A., Muñoz M. R., Córdova J. S., Córdova J. C. A. Y Pérez G. J. F. (2004). Características el semen de verraco y su evaluación práctica. Acontecer porcino. XIII 68. pp 72-76.
- 8- Becerril J, Rocha G. (2004). Nuevas tecnologías reproductivas para el mejoramiento genético. Acontecer porcino. XII 64 pp 22-28.
- 9- Hammond K y Leich H. (1998). The genetics of the pig. Biotechnology in Artificial Insemination. Eds. M F Rothschild and Ruvinsky. CAD Internacional pp 130-132.
- 10- Colin W. (1996). Ciencia y práctica de la producción porcina. Inseminación Artificial. Ed. Acribia. Zaragoza, España pp 57-60.
- 11- Gill, J., Tortades J. M. y Alevia A.(2002) Post cervical insemination use of diferent volumes and sperms number. Reproduction. **I 123** pp 163-170.
- 12- Garner, D. L. and Hafez, E. S. E. (2000). Spermatozoa and seminal plasma. In: Reproduction in Farm Animals, 6th edition. E.S.E. Hafez (ed). Lea and Febiger, Philadelphia. pp 165-187.
- 13- Esbenshade K I. (2004). Secretos y ciencia del ciclo estrual National Hog Farmer info ppca.com/ve
- 14- Cíntora I. (2004) http://engormix.com/sarticles_view.asp?art=228&AREA=POR-103

- 15- Pond W. G., Houpt K. A. (1984). Biología del cerdo. Fisiología de la reproducción. Zaragoza, España. pp 120-155.
- 16- Gordon I. (1997). Reproducción controlada del cerdo. Introducción a la biotecnología de la reproducción en ganado porcino. Ed. Acribia, Zaragoza, España. pp 1-5.
- 17- Cunningham J. G. (2003). Fisiología Veterinaria. Control del desarrollo de las gónadas y los gametos. Ed Elsevier 3ª ed. Zaragoza, España. pp 374-385.
- 18.- Mateos G.G. y Piquer J. (2004). Programas de alimentación en porcinos: Reproductoras. Veterinaria Uruguay. I S S N 1688. Disponible en http://www.vet-uy.com/articulos/artic_porc/011/porc011.htm
- 19- Frandson R. D y Spurgeon T. L. (1995). Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Anatomía del sistema reproductor de macho y Anatomía del sistema reproductor de la hembra. Ed. Interamericana Mc Graw Hill. pp 386-397 y 410-418.
- 20- Setchell B. P., Maddocks S. y Brooks D. E. (1993). Anatomy, vasculature, innervation, and fluids of the male reproductive tract. In: The Physiology of Reproduction. Vol. 1. ed. Knobil E. and Neill J. D. Raven Press, New York. pp. 1063-1176.
- 21- Lahunta A. y Habel R. (1987). Anatomía veterinaria. Genitales de Verraco. Ed. Interamericana S.A. de C.V. México, D. F. pp 373.
- 22-Sisson S. y Grossman J. (1979). Anatomía de los animales domésticos. Órganos genitales masculinos. Ed Salvat, S.A. Barcelona, España. pp 581-583.
23. Flowers M. W. L. (2004). Boar Stud Manager's Conference II Department of Animal Science North Carolina State University St Louis, MO. william_flowers@ncsu.edu.
24. Gadea J. (2005) El uso de semen porcino congelado
<http://www.portalveterinaria.com/modules.php?name=Articles&file=article&sid=374>
- 25-Espinoza H. S. (2004) Absolute Swine Insemination Email: info@absoluteinsemination.com Departamento de producción animal, cerdos, U.N.A.M. Protegida por Patentes de E.U. # 6,526,917 y # 6,662,750; Patentes Múltiples Internacionales en trámite.
- 26- Valencia M. J. (1986). Fisiología de la reproducción porcina. Pubertad, ciclo estral. Ed Trillas. México, D.F. pp 25, 37 y 209.
- 27- Derivaoux J. y Ectors F. (1984). Fisiopatología de la gestación y obstetricia veterinaria.

Ciclo sexual. Ed Acribia, Zaragoza, España. pp 26-28.

28- Pérez P. F. (1966). Reproducción e inseminación artificial ganadera. Inseminación artificial de los suidos. Ed. Científica-Médica, Barcelona, España. pp 355-388.

29- Bearden H. J. y Fuquay J. (1982). Reproducción animal aplicada. Reproducción de los cerdos. Ed. Manual moderno, México, D.F. pp 92.

30- Sorensen A. M. Reproducción animal, principios y prácticas. Inseminación artificial de los cerdos Ed. Mc Graw Hill, México, D.F. pp 75.