

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE VETERINARIA**



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible™



MANUAL DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PORCINA



Ramón Andres Torrentes Midence, Kairo Rafael Torrez Quiroz
Deleana Vanegas, Julio López Flores, Luis Guevara Moya

PREFACIO

El presente Manual sobre la técnica de inseminación artificial en cerdos constituye una puesta al día sobre las bases necesarias para la aplicación correcta de la técnica. La recopilación realizada incluye otros aspectos dentro de la biotecnología reproductiva en aras de poner al servicio el conocimiento teórico para estudiantes de pregrado, técnicos y profesionales que estén relacionados con el ámbito pecuario.

El texto fue estructurado en trece capítulos, conteniendo temas específicos y de importancia para el lector, que les permitirá conocer lo referente a la anatomofisiología del aparato reproductor de la cerda y del cerdo, técnicas de inseminación artificial, enfermedades reproductivas y otras biotecnologías de la reproducción.

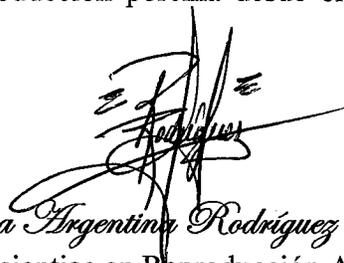
Cualquier actividad que compete a la aplicación de técnicas en animales domésticos debe considerar la experticia y el conocimiento correcto tanto de la etología como fisiología, anatomía y ambiente en que se desarrolla el animal.

Generalmente se estima que la mitad del progreso genético en una piara corresponden al macho y a la hembra en igual proporción, de manera que resulta de interés una vez cubiertos los aspectos de nutrición y sanidad, ejecutar las acciones de manejo reproductivo apropiadas desde el punto de vista bioético.

La práctica poco frecuente de la inseminación artificial en el sector porcino al nivel nacional, obedece en gran medida al desconocimiento y poca práctica que hacen los técnicos, no obstante constituye una alternativa para propiciar el avance del sector, de cara a los elementos de trazabilidad e inocuidad cada vez más estrictos que el mercado internacional está demandando sobre los productos de consumo humano.

El presente trabajo no debe ser considerado como un manual de completo conocimiento, en lo adelante seguro se establecerán nuevas biotecnologías que apuntan cada vez más a encontrar las formas más eficientes e inocuas de la reproducción de la especie, posiblemente habrán aspectos a considerar de futuro y ante lo cual los autores están abiertos a continuar mejorando.

Como esfuerzo de estudiantes universitarios de la carrera de Medicina Veterinaria, de cara a brindar información bajo condiciones propias del país, y para incentivar el uso de algunas de las biotécnicas accesibles a los productores de cerdos, considero que este manual aporta las bases para adentrarse en el campo de la reproducción porcina desde el punto de vista del macho y de la hembra.



Rosa Argentina Rodríguez Saldaña
Magister Scientiae en Reproducción Animal Integral



ÍNDICE GENERAL

	Página
Introducción	
1. Anatomofisiología del aparato reproductor de la cerda	2
1.1. Tracto reproductivo	3
1.2. Anatomía topográfica	3
1.3. Estructura y función de los órganos del aparato reproductor	4
1.3.1. Ovarios	4
1.3.2. Oviducto	5
1.3.2.1. Fimbrias	5
1.3.2.2. Infundíbulo	5
1.3.2.3. Ampolla	5
1.3.2.4. Istmo	6
1.3.2.5. Unión útero-tubárica	6
1.3.3. Útero	6
1.3.3.1. Cuernos uterinos	7
1.3.3.2. Cuerpo del útero	7
1.3.3.3. Cérvix	7
1.3.4. Vagina	8
1.3.5. Vulva	8
2. Ciclo reproductivo de la cerda	9
3. Ciclo estral de la cerda	11
3.1. Proestro	12



3.2. Estro	12
3.3. Metaestro	12
3.4. Diestro	12
4. Control neuroendocrino del ciclo estral	13
4.1. Factores liberadores de gonadotropinas (GnRH).....	14
4.2. FSH y LH.....	14
4.3. Hormonas esteroideas ováricas.....	15
4.4. Activina, inhibina y folistatina.....	15
4.5. Factores de crecimiento.....	15
4.6. Prostaglandinas	16
5. Anatomofisiología del aparato reproductor del cerdo	17
5.1. Tracto reproductivo	18
5.2. Estructura y función de los órganos del aparato reproductor	18
5.2.1. Escroto	18
5.2.2. Testículos	19
5.2.3. Epidídimo.....	19
5.2.4. Conductos deferentes.....	20
5.2.5. Próstata.....	20
5.2.6. Vesículas seminales	20
5.2.7. Glándulas bulbouretrales	21
5.2.8. Pene	21
5.2.9. Prepucio	22
6. Control Neuroendocrino del macho	23
6.1. FSH.....	24



6.2. LH o ICSH.....	24
6.3. Inhibina.....	24
6.4. Testosterona.....	24
7. Diferenciación sexual en etapa embrionaria	26
8. Ventajas y desventajas de la inseminación artificial	28
8.1. Ventajas de la inseminación artificial	29
8.1.1. Ventajas zootécnicas	29
8.1.2. Ventajas sanitarias	30
8.1.3. Ventajas de manejo.....	30
8.2. Desventajas de la inseminación artificial	30
9. Técnica de inseminación artificial	31
9.1. Selección de verracos	32
9.2. El procesamiento y almacenaje de semen	33
9.2.1. Extracción del semen	33
9.2.2. Evaluación del semen	35
9.2.3. Dilución del semen	37
9.2.4. Almacenamiento.....	37
9.3. La detección del estro.....	38
9.4. Pasos para la aplicación del semen	39
9.5. Técnicas de inseminación porcina	40
9.5.1. Inseminación cervical o standard (SAI).....	40
9.5.2. Inseminación post cervical (PCAI).....	41
9.5.3. Inseminación intrauterina profunda (DUI)	41
10. Manejo zootécnico post IA.....	42



11. Factores que influyen en la madurez sexual y fertilidad	44
11.1. Edad	45
11.2. Genética	45
11.3. Efecto del macho	45
11.4. Movimientos de cerdas	45
11.5. Alojamiento	46
11.6. Fotoperiodo	46
11.7. Estado corporal	46
12. Enfermedades reproductivas	47
12.1. Síndrome de la cerda sucia	48
12.2. Síndrome de disgalactia postparto (SDPP) o Síndrome mastitis metritis agalactia (SMMA)	49
12.3. Parvovirus porcina	50
12.4. Leptospirosis porcina	52
12.5. Brucelosis porcina	53
12.6. Síndrome respiratorio reproductivo porcino (SRRP)	54
12.7. Peste porcina clásica	56
13. Biotecnología de la reproducción	58
13.1. Inseminación artificial (IA) (convencional, postcervical e intrauterina)	59
13.2. Criopreservación de espermatozoides	60
Glosario	62
Literatura consultada	64
Anexos	69



ÍNDICE DE FOTOS

Foto	Página
1. Ovario porcino	4
2. Oviducto porcino	5
3. Útero de cerda	6
4. Cérvix de cerda nulípara	7
5. Vulva de cerda	8
6. Testículos de cerdo	19
7. Prepucio del cerdo	22
8. Semental Landrace utilizado para mejoramiento genético	29
9. Extracción de semen de manera inadecuada	30
10. Fracción gelosa o tapioca	34
11. Evaluación microscópica de semen porcino.....	35
12. Prueba de presión dorsal.....	38
13. Limpieza de la vulva	39
14. Introducción del catéter en ángulo de 45°	39
15. Deposición del semen.....	39
16. Finalización de la IA	40
17. Descarga vulvar	48
18. Mastitis en cerda	49
19. Aborto producido por vPVP	51
20. Aborto por leptospirosis	52
21. Aborto en fase final de gestación producido por Brucelosis	54
22. Aborto por SRRP	55
23. Cerdo con temblor muscular.....	56
24. Lesiones y abortos producidos por enfermedades reproductivas	57
25. Termo para criopreservación de dosis seminales	60



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Aparato reproductor de la cerda	3
2. Ciclo reproductivo de la cerda	10
3. Control neuroendocrino del ciclo estral	16
4. Aparato reproductor del cerdo	18
5. Epidídimo	19
6. Pene del cerdo. A-Sin erección B- Con erección	21
7. Eje hipotálamo-hipófisis-gonadal del macho	25
8. Características que debe tener un verraco para ser seleccionado	32
9. Zonas de deposición del semen según el tipo de inseminación.....	41
10. Tipos de catéteres: para Inseminación Cervical (SAI), un conjunto catéter-cánula para Inseminación Post Cervical (PCAI) y otro para Inseminación Intrauterina Profunda (DUI).....	59



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Características de SAI vs. PCAI vs. DUI.....	70
2. Características macroscópicas y microscópicas del semen	71
3. Equipo básico de extracción, análisis e inseminación porcina	72
4. Fracciones del eyaculado.....	73
5. Composición de los diluyentes más utilizados en IA	74



INTRODUCCIÓN

Según Rocha (2005), la inseminación artificial (IA) es una biotecnología de la reproducción de primera generación que consiste en la introducción del semen en los órganos genitales de la hembra sin la intervención del macho, facilitando la fecundación y producción de una cría. El desarrollo de la IA en cerdas ha tenido grandes avances a lo largo de la historia. Iniciando en Rusia al inicio del siglo XX, para luego difundirse a otros países (Ivanow, 1992 citado por Pan *et al.*, 2008).

La IA en cerdas nos permite proveer de material genético de excelente calidad a la granja para mejorar los parámetros productivos y reproductivos, su contribución ha logrado la máxima utilización del potencial genético de reproductores con alto valor y ha sido un instrumento fundamental en la prevención y lucha contra las enfermedades porcinas (Pillporth, 1993 citado por Ramírez, 2013).

Con la adquisición de semen se puede establecer diversidad genética en las explotaciones y optimizar los sistemas de cruzamiento (Escobar, 2003). La creciente demanda de carne de cerdo, ha obligado al desarrollo de cada uno de los factores de la producción, lo que ha permitido el progreso de razas especializadas en la producción de carne, convirtiéndose la IA en una actividad importante para las granjas en busca de mayor rentabilidad.

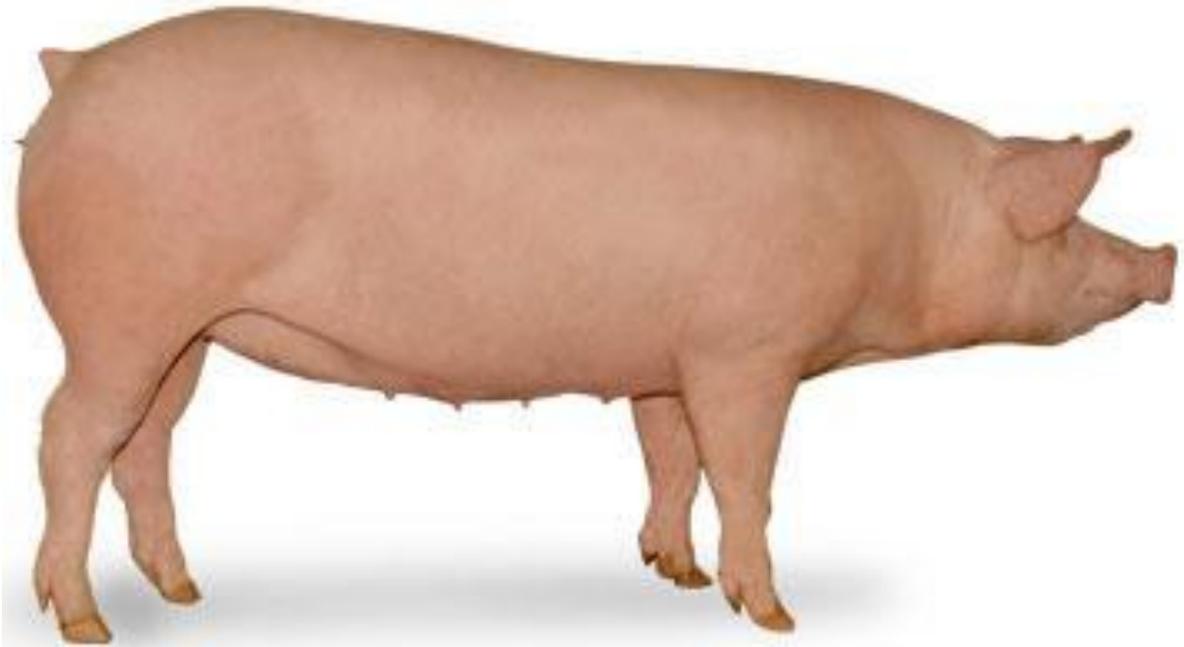
No obstante la falta de conocimiento para el aprovechamiento eficiente de esta técnica reproductiva en cerdas, provoca inseguridad en los pequeños y medianos productores, a cuyos niveles el costo para su implementación es considerado alto, impedimento inicial, ante lo cual se resisten y prescinden de este servicio para la reproducción en sus granjas, lo que no sucede en los centros de producción intensivo de cerdos donde si cuentan con una economía estable y personal capacitado para el uso de la IA en forma adecuada.

El presente trabajo se realizó con el fin de proporcionar las herramientas básicas sobre la biotecnología de la IA y la criopreservación de semen porcino, el cual va dirigido a estudiantes de pregrado, técnicos y profesionales que están relacionados con el ámbito pecuario para permitirles la utilización de las técnicas actuales en IA porcina.



Capítulo **01**

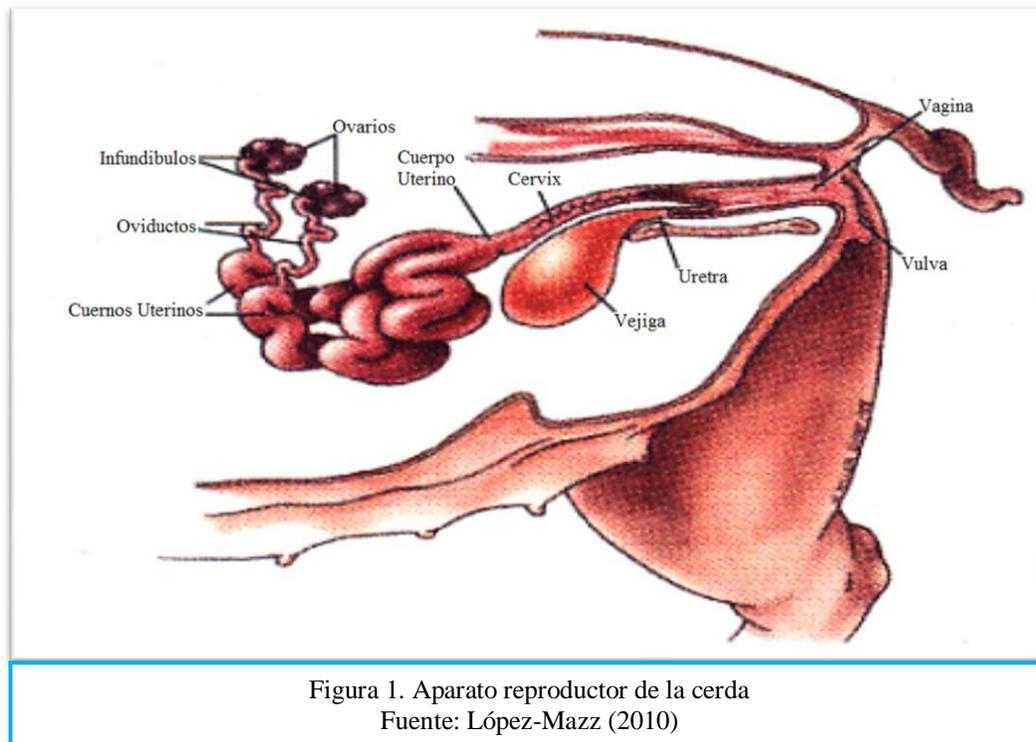
ANATOMOFISIOLOGÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA CERDA





1.1. Tracto reproductivo

El aparato reproductor de la cerda (*Sus scrofa domesticus*) presenta dos ovarios en forma de racimos de uva, que son capaces de madurar un gran número de folículos, la bolsa ovárica es bien desarrollada y encierra completamente al ovario, el oviducto se divide en tres partes y es donde se lleva a cabo la fecundación de los óvulos, el útero es bicornual, los cuernos son largos y el cuerpo es corto, el cérvix es más largo que el cuerpo del útero y los anillos cervicales tienen forma de espiral, la vagina es larga y es la que comunica al cérvix con la vulva.



1.2. Anatomía topográfica

En la hembra, por su parte, sólo la vagina y el vestíbulo vaginal se alojan en la cavidad pelviana, ya que otros órganos genitales como los ovarios, las trompas uterinas y el útero, quedan topografiados en la cavidad abdominal. No obstante, la cavidad pelviana es la referencia principal del canal del parto.



Los ovarios se sitúan próximos al techo de la cavidad abdominal, suspendidos por largos ligamentos a escasos centímetros de la entrada de la pelvis y un tanto desplazados lateralmente, el infundíbulo de la trompa se sitúa próximo al extremo tubárico (craneal) del ovario, y en él se aprecia un orificio abdominal relativamente amplio, el útero se localiza en el tercio caudal de la cavidad abdominal, entremezclándose los cuernos con las asas intestinales.

En la cerda gestante, en cambio, el peso de los cuernos hace que lleguen a descansar sobre el suelo de la pared abdominal, quedando el intestino situado dorsalmente al útero (Gil *et al.*, 2008).

1.3. Estructura y función de los órganos del aparato reproductor

Según Barrios, J. (2012), la estructura y función de los órganos del aparato reproductor se describen:

1.3.1. Ovarios

Se encuentran ubicados en la cavidad abdominal, adheridos y sostenidos en la parte dorsal y lateral por parte del ligamento ancho llamado mesovario, están escondidas en la bolsa ovárica. Son redondos y pueden estar situados en o cerca del borde lateral del estrecho anterior de la pelvis, la glándula tiene un aspecto lobulillado irregular y está regido por una arteria ovárica.



Foto 1. Ovario porcino
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

Pueden tener un diámetro de 5-7centímetros, los ovarios aumentan de tamaño a medida que el animal envejece, y son ovalados con un peso de 3.5 a 10 gramos, de superficie lisa tienen apariencia de mora debido a sus folículos o cuerpo lúteos, miden entre 7 y 8 mm los folículos y los cuerpos lúteos entre 12 y 15 mm de diámetro y están completamente cubiertos en la bolsa por el mesosalpinx.



La corteza del ovario contiene los folículos ováricos, los cuerpos lúteos y varios estados de desarrollo o regresión de los mismos, la ovulación o liberación de los óvulos acostumbra a producirse hacia el término del primer día de celo, suelen producir 10-15 óvulos en cada periodo de celo y en cerdas multíparas unos 17 ovocitos, los cuerpos lúteos se desarrollan después del colapso producido en el folículo por la ovulación macro y microscópica, la progesterona es secretada por las células luteínicas de la granulosa. La función de los ovarios es la producción de las hormonas sexuales (estrógenos y progesterona) y de las células sexuales femeninas (ovocitos).

1.3.2. Oviducto

Está suspendido por el mesosalpinx, tiene una longitud de 15-30 cm, se divide en cinco partes, es donde se produce la fecundación de los óvulos.



Foto 2. Oviducto porcino
Fuente: Romar *et al* (2008)

1.3.2.1. Fimbrias

Son digitaciones que le dan un aspecto de embudo al infundíbulo, permiten la recogida del ovocito en la ovulación.

1.3.2.2. Infundíbulo

Cubre un área aproximada de 5-10 cm, en la abertura presenta un proceso irregular en la extremidad del oviducto.

1.3.2.3. Ampolla

Se encuentra a la altura de la mitad del oviducto y termina donde comienza el istmo, posee una abertura abdominal como es un tejido muscular formado por una cinta en donde ocurre la fertilización y el clivaje.



1.3.2.4. Istmo

Se conecta directamente con el útero donde aparece una formación polipoide a manera de prolongaciones como dedos del epitelio. En ella se haya la inervación adrenergética que participa en la regulación del transporte de los óvulos fecundados.

1.3.2.5. Unión útero-tubárica

Actúa a modo de válvula, controlando su abertura para permitir el paso de los espermatozoides hacia el oviducto y controlar el paso del embrión hacia el útero en el momento óptimo.

1.3.3. Útero

El útero consta de dos largos cuernos y de un cuerpo muy corto de sólo 6 cm de longitud los óvulos fecundados o embriones son desplazados desde el oviducto hasta el interior del útero, la capa conjuntiva exterior envuelve a la matriz, la capa muscular se compone de dos extractos de fibras lisas, la mucosa forma muchos pliegues y en ellas se encuentran incluidas glándulas cuyas secreción nutre el embrión durante las primeras etapas de su desarrollo, más tarde se insertan los embriones en la mucosa pasando a alimentarse por nuevos anexos de comunicación entre la madre y el embrión.



Foto 3. Útero de cerda
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

El fluido uterino tiene dos funciones importantes, proveer un favorable medio ambiente para la capacitación espermática y aportar los nutrientes necesarios para que los blastocitos puedan sobrevivir y completar la implantación.



1.3.3.1. Cuernos uterinos

Penden de un mesenterio, el ligamento ancho del útero, que se haya surcado por una densa red de vasos sanguíneos linfáticos y nerviosos. La longitud de los cuernos aumenta con la edad, en la cerda de 6 meses miden 30 cm, a los 12 meses miden de 65-70 cm, en las hembras viejas pueden medir 170-250 cm y son extremadamente flexuosos y libremente visibles, gracias a la gran extensión de ligamentos anchos, fuera del estado de gestación adoptan un aspecto parecido al del intestino delgado, su longitud puede ser de 1.2-1.5m.

1.3.3.2. Cuerpo del útero

Comunica los cuernos uterinos con el cérvix, en el aspecto estructural consta de las mismas capas tisulares que los cuernos uterinos, la diferencia es de que la capa muscular está más desarrollada en particular en el punto de unión con el cuello de la matriz, mide sólo 5 cm de longitud.

1.3.3.3. Cérvix

En la cerda por término medio mide de 12 a 20 cm más largo que el cuerpo del útero, el interior del cuello de la matriz está revestido por una mucosa glandular, en su porción exterior está rodeado por serosa. Es notable por su longitud porque continúa directamente con la vagina sin proyección intravaginal.



Foto 4. Cérvix de cerda nulípara
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



1.3.4. Vagina

La vagina comunica la vulva con el cuello, se divide en cuerpo vaginal y vestíbulo de la vagina, su longitud incluido el atrio vaginal es de 20 a 25 cm, el revestimiento interior es una mucosa muy plegada con gran cantidad de glándulas mucosas. Tiene una fuerte capa muscular gruesa formada por dos capas de fibras longitudinales. En la vagina es donde se desarrolla la mayor reacción antígeno – anticuerpo contra los espermatozoides, las células plasmáticas que se encuentran en la sucesión vaginal producen inmunoglobulina A y G que colaboran en prevenir infecciones bacterianas y producen anticuerpos contra los espermatozoides.

1.3.5. Vulva

La vulva mide unos 7.5 cm de longitud, los labios son gruesos y están cubiertos con un tegumento que forma arrugas. La comisura dorsal es redonda, pero la ventral se prolonga formando una larga proyección aguda, el clítoris forma una proyección aguda de la que se extiende a cada lado lateralmente y hacia atrás un pliegue mucoso.



Foto 5. Vulva de cerda
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



Capítulo 02

CICLO REPRODUCTIVO DE LA CERDA



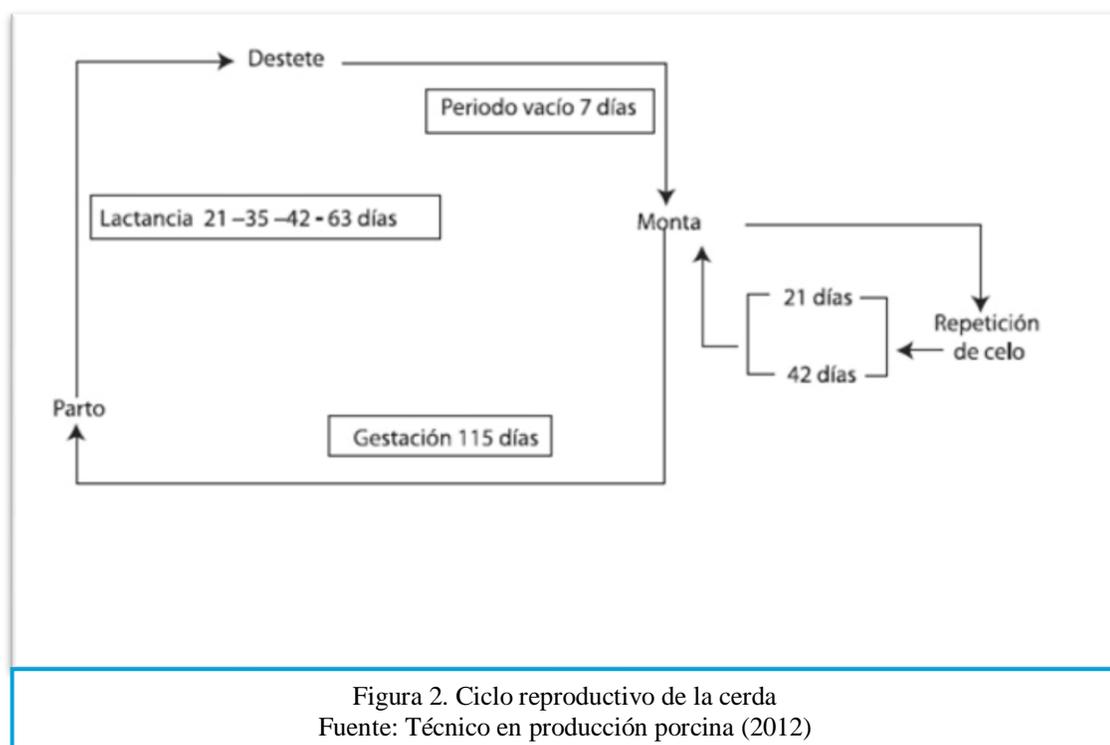


Las cerdas llegan a la pubertad entre los 5 y 7 meses de edad y los machos entre los 6 y 9 meses. Sin embargo, es recomendable esperar hasta el segundo celo en hembras y a los diez meses en machos, para utilizarlos con fines reproductivos.

Las cerdas son hembras poliéstricas continuas o típicas, es decir, su ciclo estral se repite durante todo el año. El ciclo estral tiene una duración de 21 días y el celo dura de 8 a 48 horas. La ovulación tiene lugar en la segunda mitad del celo.

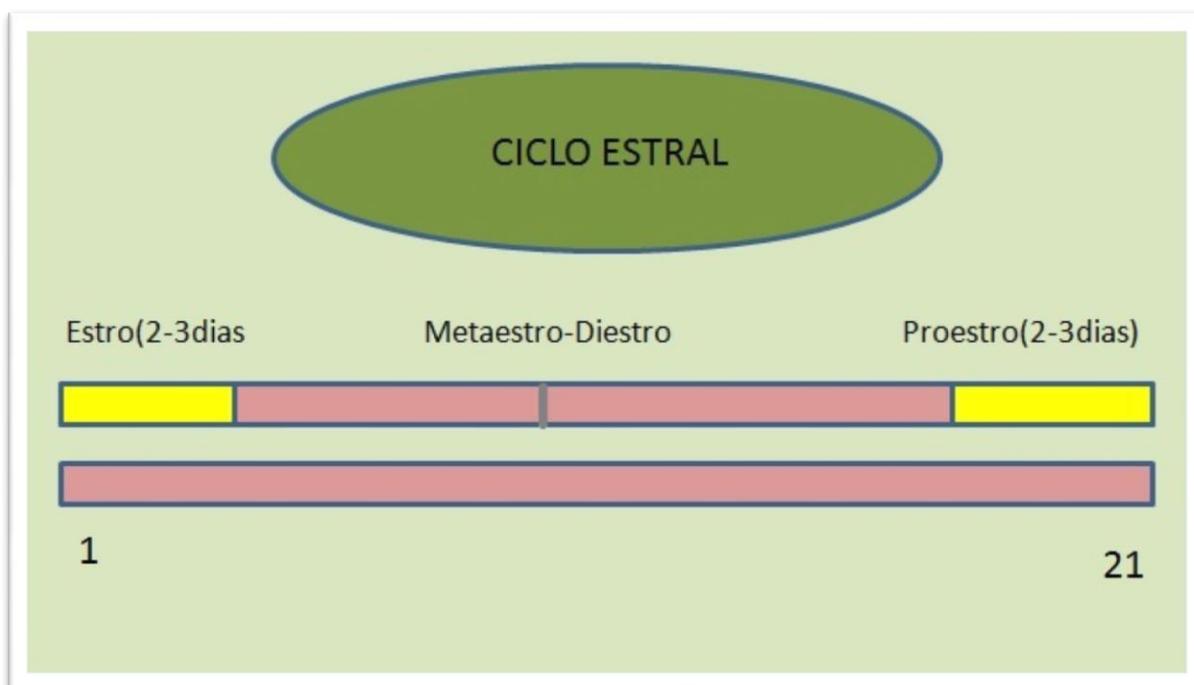
El periodo de gestación (duración de la preñez) dura 114 a 115 días, (tres meses, tres semanas y tres días). El periodo de lactación de los lechones es de 14 a 28 días. Una vez que los lechones están destetados, la cerda vuelve a presentar celo en un intervalo de 3 a 8 días después.

La ovulación ocurre nuevamente en el día 0 y la fertilización de los ovocitos para el día 2 a 3, luego hay una migración embrionaria en los día 7 a 8, para el día 11 ocurre una elongación del embrión, el reconocimiento maternal de la preñez abarca los días 12 al 20, del día 20 a 30 sucede la implantación y formación de la placenta, para el día 35 el embrión pasa a la etapa de feto, al día ocurre 45 la calcificación del cartílago fetal y a partir del día 80 hay un mayor crecimiento fetal.





CICLO ESTRAL DE LA CERDA





La cerda es un animal poliéstrico que en condiciones favorables manifiesta su actividad sexual a lo largo de todo el año. Su ciclo estral es aproximadamente de 21 días con un rango de 15 a 28 días. De acuerdo a los cambios que tienen lugar tanto en sus manifestaciones internas como externas, se divide en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro (Fuentes *et al.*, 2006).

3.1. Proestro

Esta fase dura 2 a 3 días y las hembras comienzan a montarse entre sí, sin aceptar al macho. Comienzan a reflejarse síntomas externos como enrojecimiento vulvar y secreciones. En algunas hembras esta fase se puede prolongar hasta por 4 días. Internamente se desarrolla el folículo terciario en el ovario, incrementándose la secreción estrogénica e iniciándose la preparación de los órganos tubulares y de la vulva con su tumefacción característica.

3.2. Estro

El mismo dura de 2 a 5 días, existiendo inflamación vulvar, pueden presentarse secreciones mucosas en la comisura de la vulva, la hembra gruñe con frecuencia, come poco y se muestra inquieta, se puede mostrar agresiva y lo más característico es el reflejo de inmovilidad o de quietud (lordosis), el cual es aprovechado para la monta o inseminación artificial. Entre 26 y 40 horas de haber comenzado el celo debe ocurrir la ovulación, es la fase más importante del ciclo estral porque es el momento en que se realiza el apareamiento (Fuentes *et al.*, 2006).

3.3. Metaestro

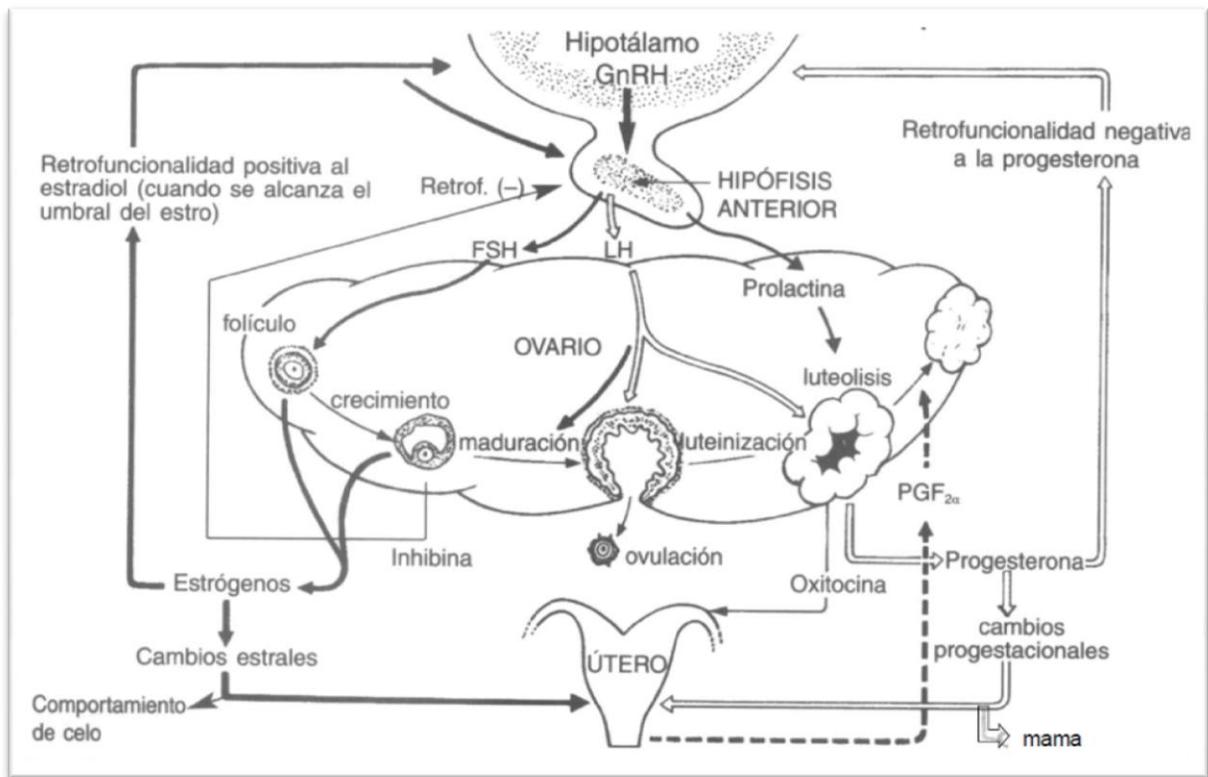
Esta fase dura alrededor de 4-5 días, momento en que se organiza el cuerpo lúteo y comienza la producción de progesterona. Disminuye la hiperemia de las mucosas y la secreción de las glándulas en ellas, desapareciendo gradualmente hasta su totalidad el reflejo de inmovilidad.

3.4. Diestro

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



CONTROL NEUROENDOCRINO DEL CICLO ESTRAL





El control neuroendocrino del ciclo estral de la hembra, se lleva a cabo mediante el eje hipotálamo-adenohipófisis, a través de la liberación de diferentes tipos de hormonas que controlan la función gonadal. Así, el hipotálamo produce la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que ejercen su acción al nivel de la adenohipófisis, quien sintetiza y libera la hormona folículo estimulante (FSH) y la luteinizante (LH).

Así mismo la secreción endocrina ovárica de estradiol ($E_2-17 \beta$) y progesterona (P_4) (respectivamente de origen folicular y luteal), controla la secreción de GnRH en el hipotálamo. Complementariamente, existen otras hormonas y factores de crecimiento, tales como folistatina, activina, inhibina y factor de crecimiento parecido a la insulina (IGF), involucrados tanto en el control de la liberación de las gonadotropinas como en el desarrollo folicular (Contreras, 2009).

4.1. Factores liberadores de gonadotropinas (GnRH)

La hormona liberadora de la LH (LHRH), es un decapeptido sintetizado por neuronas especializadas del hipotálamo. Posteriormente es liberada en pulsos sincronizados hacia el sistema portahipofisiario; estos pulsos estimulan la biosíntesis y secreción de FSH y LH por parte de las células gonadotropas de la adenohipófisis. Cada pulso de secreción de GnRH estimula un pulso de LH; sin embargo, la relación de estos pulsos con los de FSH está menos clara. En el eje hipotálamo-hipófisis-gónada, el patrón de secreción de GnRH está regulado por las concentraciones de esteroides gonadales tales como P_4 , $E_2-17 \beta$ o testosterona en el caso del macho.

4.2. FSH y LH

Son hormonas de naturaleza glicoproteica, compuestas por dos subunidades (α y β) unidas por enlaces no covalentes. Ambas subunidades son sintetizadas por las células gonadotropas de la adenohipófisis, la subunidad α es común para ambas hormonas, mientras que la β es específica para cada una de ellas (Contreras, 2009).

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



4.3. Hormonas esteroideas ováricas

Como se mencionó anteriormente, el $E_2-17\beta$ y la P_4 , son los esteroides más importantes en el control del ciclo sexual de la hembra. Dentro de los estrógenos más importantes del fluido folicular, se encuentran el $E_2-17\beta$ y la estrona (E_1). Su síntesis se realiza en las células de la granulosa, a través de la aromatización de la androstenediona.

El $E_2-17\beta$ induce la fase de receptividad sexual o celo durante el ciclo sexual de las hembras de los mamíferos, así mismo controlan la secreción de la FSH por medio de un mecanismo de retroalimentación. La P_4 es el principal progestágeno producido a nivel ovárico, tanto por la teca interna (sólo en el proceso de síntesis y no como secreción) del folículo como por el CL. Su principal función es preparar al útero para la implantación del embrión y el mantenimiento de la gestación (Contreras, 2009).

4.4. Activina, Inhibina y Folistatina

Son péptidos producidos, principalmente, por las células de la granulosa del folículo ovárico, que regulan el crecimiento folicular controlando la liberación de FSH. La activina e inhibina son dímeros que constan de una subunidad α y dos β (β_a y β_b); ambos dímeros están relacionados con el factor de crecimiento transformador β (TGF- β). La inhibina tiene como función suprimir la producción y la secreción de FSH, mientras que la activina tiene el efecto contrario. En relación a la folistatina, es un monómero que se une a la subunidad β de la activina y de la inhibina, modulando su acción sobre la secreción y liberación de FSH.

4.5. Factores de crecimiento

Los factores de crecimiento se clasifican según su estructura y actividad biológica; entre los principales implicados en la actividad ovárica destacan el factor de crecimiento epidermal (EGF), el factor de crecimiento fibroblástico (FGF), el factor de crecimiento derivado de las plaquetas (PDGF), factor de crecimiento transformador β (TGF- β), factores de crecimiento hematopoyético (citoquinas) y el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF). Estos factores, están directamente involucrados en la regulación de la proliferación y diferenciación celular (Contreras, 2009).



4.6. Prostaglandinas

Son hormonas derivadas del ácido araquidónico, la más importante para el mantenimiento de la ciclicidad sexual es la prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$). Su principal fuente de producción es el endometrio, a través de la prostaglandina endoperóxido H sintetasa.

En las etapas finales del ciclo estral, se produce una síntesis de receptores endometriales, y la oxitocina, proveniente del cuerpo lúteo, estimula la producción de $PGF2\alpha$. Posteriormente, la $PGF2\alpha$ sintetizada es secretada al torrente sanguíneo, a través de la vena uterina y es transferida por un mecanismo de contracorriente, mediante anastomosis desde la vena uterina hacia la arteria ovárica para ejercer su acción luteolítica por disminución del flujo sanguíneo local, con la consiguiente disminución de la producción de P_4 (Contreras, 2009).

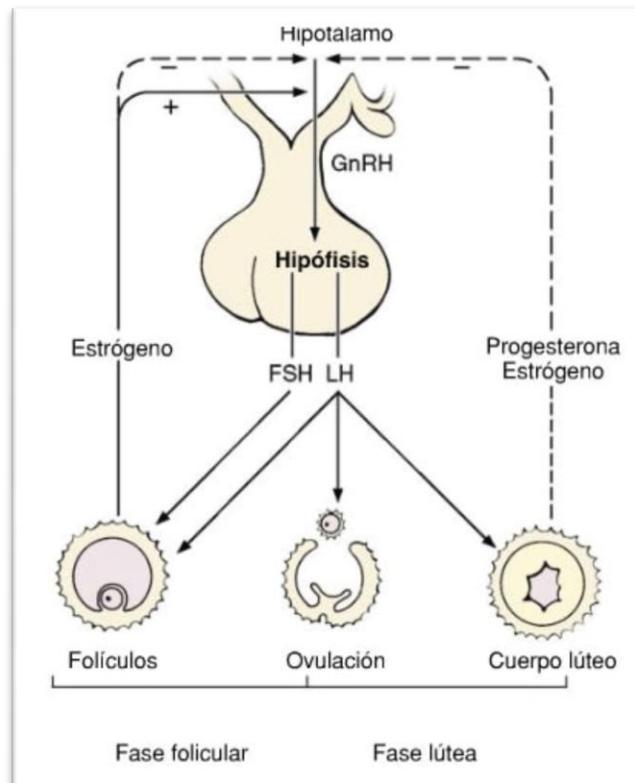


Figura 3. Control neuroendocrino del ciclo estral
Fuente: Serrano (2010)



ANATOMOFISIOLOGÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DEL CERDO





5.1. Tracto reproductivo

Los principales órganos internos son los testículos, el epidídimo, los conductos deferentes y las glándulas accesorias. El pene por su parte, es un órgano externo, junto con el escroto que es el saco que envuelve los testículos.

Los testículos producen espermatozoides y liberan a la sangre hormonas sexuales masculinas (testosterona). Un sistema de conductos que incluyen el epidídimo y los conductos deferentes almacenan los espermatozoides y los conducen al exterior a través de la uretra peniana.

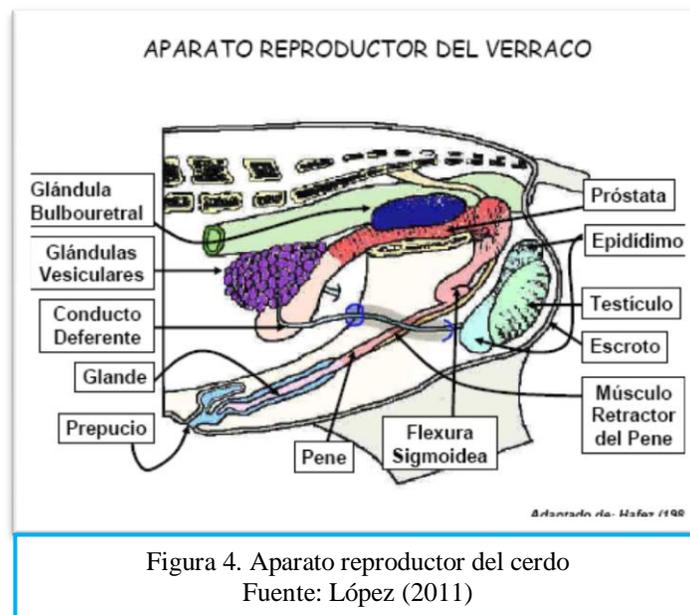


Figura 4. Aparato reproductor del cerdo
Fuente: López (2011)

5.2. Estructura y función de los órganos del aparato reproductor

5.2.1. Escroto

El escroto del cerdo presenta una posición perineal o subanal, por lo que la situación de los testículos es fácilmente identificable (Gil *et al.*, 2008). Tiene siete capas, de las cuales dos son musculares. De estas dos últimas, la más superficial es el dartos y la más profunda el cremáster. La primera frunce la piel y la segunda eleva los testículos aproximándolos al abdomen. Estos músculos se contraen ante estímulos variados, sobre todo de temperatura. Al variar la temperatura exterior, la capa superficial el dartos le permite movimientos al saco escrotal para acercar o alejar los testículos del cuerpo y así mantenerlos a la temperatura ideal para la producción de los espermatozoides.



5.2.2. Testículos

Las funciones primarias de los testículos son producir espermatozoides y hormonas. La mayor parte del testículo está formada por los túbulos seminíferos. Los túbulos seminíferos son una red de conductos en los cuales se producen los espermatozoides. Las células de Sertoli son células especializadas implicadas en la maduración del espermatozoide y en la producción de hormonas que ocupan el interior de los túbulos seminíferos.

Las células intersticiales de Leydig, la sangre, los vasos linfáticos y los nervios están situados entre los túbulos seminíferos. Las interacciones entre las células de Sertoli y de Leydig regulan virtualmente cada aspecto de la función reproductiva masculina. De los túbulos seminíferos salen otros túbulos que se conectan formando el parénquima testicular que está situado en el centro de cada testículo. Durante la espermatogénesis, los espermatozoides salen de los túbulos seminíferos y entran en la red testicular para dirigirse al epidídimo (Flowers, 2010).

Los testículos se encuentran situados en el exterior del cuerpo dentro del escroto. Están a una temperatura entre 3-4 °C por debajo de la corporal. Los testículos del verraco son de grandes dimensiones. Su morfología es elíptica y su orientación oblicua, de forma que su borde libre se sitúa caudodorsalmente, y su polo caudal, que se relaciona con la cola del epidídimo; el tejido del testículo al corte aparece "carnoso" con un surco central, el *rete testis* cuya función es la espermatogénesis (Gil *et al.*, 2008).

5.2.3. Epidídimo

El epidídimo, es también de grandes dimensiones, presenta un conducto epididimario enormemente largo y flexuoso (17-18 metros), que se evidencia por transparencia del mesespidídimo que lo envuelve (Gil *et al.*, 2008). La red testicular entra en los conductos eferentes, forman eventualmente un solo conducto doblado llamado epidídimo. El epidídimo es similar a los túbulos seminíferos, se enrosca sobre sí mismo varias veces diferenciándose en tres secciones distintas: cabeza, cuerpo y cola.

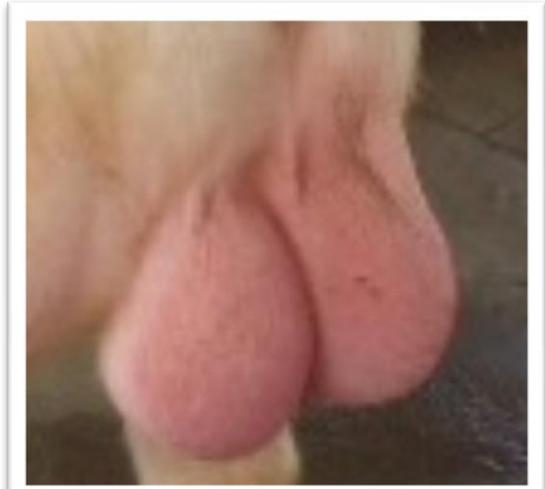


Foto 6. Testículos de cerdo
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

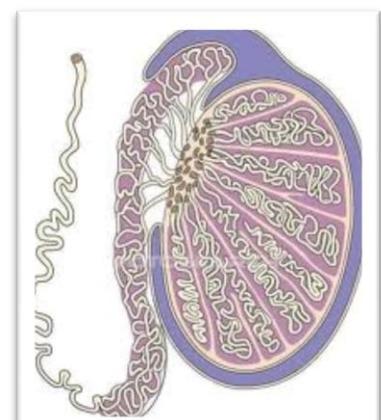


Figura 5. Epidídimo
Fuente: Padronel (2006)



El epidídimo está rodeado por una capa prominente de fibras circulares formadas por un epitelio ciliar pseudo-estratificado. Los espermatozoides se encuentran comúnmente a lo largo del lumen, en el interior del epidídimo, la función primaria del epidídimo es la maduración del esperma, su transporte y almacenaje (Flowers, 2010).

5.2.4. Conductos deferentes

El conducto deferente es un tubo grueso y musculoso, a través del cual el esperma es transportado desde la cola del epidídimo a la uretra, en este punto convergen las estructuras del sistema genital del verraco con la zona urinaria justo antes de la vejiga (Flowers, 2010). El inicio del conducto deferente es también flexuoso y se sitúa medialmente al epidídimo, posteriormente se incorpora al cordón espermático, y junto con él atraviesa el canal inguinal para entrar en la cavidad abdominal.

Ambos conductos deferentes confluyen a la entrada de la cavidad pelviana, situándose dorsalmente a la vejiga y medialmente a los uréteres, los conductos deferentes desembocan en el colículo seminal de la uretra, mediante los orificios eyaculadores, después de haber atravesado la próstata (Gil *et al.*, 2008).

5.2.5. Próstata

La próstata está situada al lado de las glándulas seminales con la mayor parte de su cuerpo encajado en la capa del músculo que rodea la uretra pélvica. Las secreciones de la glándula de la próstata durante la eyaculación son sobre todo alcalinas y contienen calcio, fosfatasa ácida y fibrinolisisina. La función primaria del líquido de la glándula de la próstata es neutralizar las secreciones vaginales ácidas (Flowers, 2010).

La próstata está formada por un cuerpo pequeño, oculto por las glándulas vesiculares y una porción diseminada, que se infiltra en la pared de la uretra pélvica. Pese a su menor desarrollo aparente, es la glándula genital accesoria que aporta una mayor cantidad de líquido seminal al eyaculado (50-75%). La secreción prostática se vierte a ambos lados del colículo seminal mediante numerosos conductillos (Gil *et al.*, 2008).

5.2.6. Vesículas seminales

La vesícula seminal se localiza al lado de la porción terminal del conducto deferente. En el verraco, son grandes, lobuladas y relativamente difusas. Aparecen a menudo con un color anaranjado. Son responsables de aportar la mayoría del volumen del semen. Además, secretan grandes cantidades de fructosa y de ácido cítrico así como inositol, ergotionina, varios aminoácidos y glicerilfosforilcolina. La mayoría de estos compuestos son utilizados como sustratos de energía por los espermatozoides del eyaculado.



5.2.7. Glándulas bulbouretrales

Las glándulas bulbouretrales tienen forma alargada y cilíndrica, se localizan en cualquier lado de la uretra pélvica cerca del arco isquiático de la pelvis. Las glándulas bulbo uretrales secretan la fracción de gel o tapioca característica del eyaculado del verraco (Flowers, 2010).

5.2.8. Pene

En el verraco, el pene tiene forma de una espiral en sentido de las agujas del reloj. El pene está muy innervado y se debe estimular correctamente para que ocurra la eyaculación. El pene del verraco está formado por la porción extrapelviana de la uretra y tres cuerpos cavernosos que rodean a la uretra, cuando está en reposo, el pene está contraído y forma un doblez característico de "S" llamado flexura sigmoidea. En este estado de reposo el extremo libre está contraído y se localiza en el prepucio (Flowers, 2010).

La base del pene (raíz) se sitúa en el arco isquiático, los pilares y el bulbo están cubiertos en la superficie por los respectivos músculos isquiocavernosos y bulboesponjosos. El cuerpo del pene incluye la uretra penéana, rodeada de escaso tejido esponjoso, y un cuerpo cavernoso de situación dorsal.

Se trata de un pene de naturaleza fibroelástica, relativamente fino y que en estado flácido alcanza una longitud aproximada de 60cm. El cuerpo del pene diferencia un asa sigmoidea que se sitúa bajo la piel de la región inguinal. Distalmente al asa, los músculos retractores del pene se fijan a la parte ventral del cuerpo del pene. En el extremo de la porción libre se sitúa el glande, con una capacidad bastante limitada de erección. En su parte distal, la uretra se abre al exterior mediante un orificio poco prominente (Gil *et al.*, 2008).

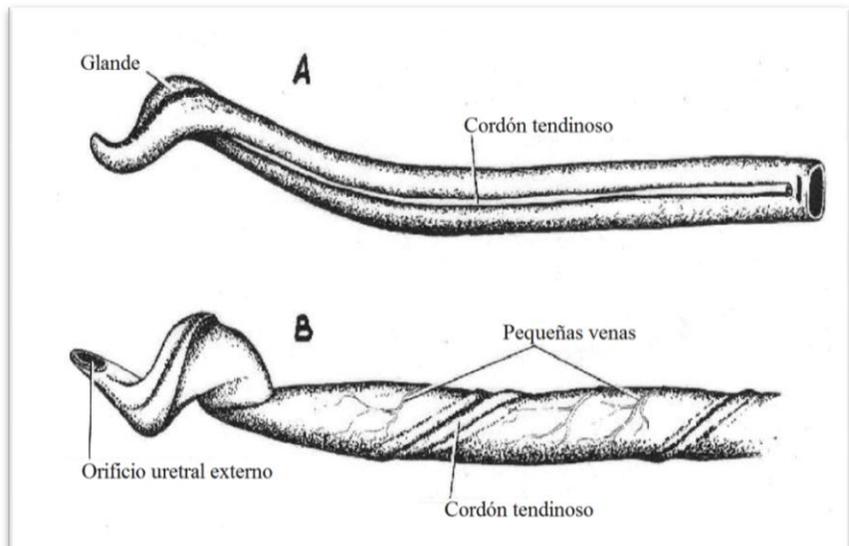


Figura 6. Pene del cerdo. A- Sin erección B- Con erección
Fuente: Guezzi *et al.* (2004)



5.2.9. Prepucio

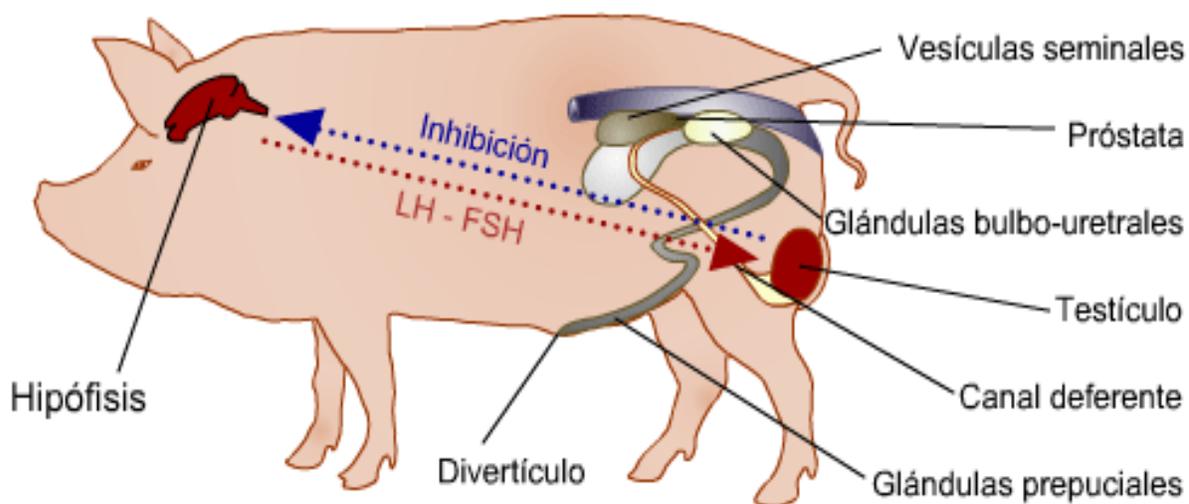
El prepucio del cerdo es bastante más largo que la parte libre del pene a la que aloja. En el techo de la cavidad prepucial se sitúa un estrecho orificio por el que se accede al divertículo prepucial. El divertículo lo forman dos amplias cavidades que acumulan un líquido muy maloliente (esmegma) mezcla de orina y secreciones cutáneas en descomposición. Este líquido suele vaciarse para lubricar el pene antes de la cópula por acción del músculo prepucial craneal. Su contenido en feromonas induce una reacción de inmovilidad en las cerdas en celo, a la vez que actúa como marcador territorial (Gil *et al.*, 2008).



Foto 7. Prepucio de cerdo
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



CONTROL NEUROENDOCRINO DEL MACHO



El control hormonal depende de la hipófisis y el hipotálamo



El control neuroendocrino del macho se lleva a cabo mediante el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. La función testicular, tanto gametogénica como endocrina, está controlada por la actividad secretora del hipotálamo y de la hipófisis; el hipotálamo secreta factor de liberación de gonadotropinas, que al llegar a la hipófisis provoca la liberación de FSH y LH.

6.1. FSH

Durante la pubertad, esta hormona es necesaria para que se inicie la espermatogénesis, estimula a la adenilciclase testicular, provoca la formación de una quinasa proteica o cAMP, la cual probablemente sea un mediador intracelular de la acción de la LH, en la esteroidogénesis estimula la actividad mitótica de la espermatogonia, también estimula en las células de Sertoli el aumento de la síntesis de ABP (proteína transportadora de andrógenos) aumentando la síntesis de esperma (Duran *et al.*, 2006).

6.2. LH o ICSH

Estimula las células de Leydig para la secreción de andrógenos. Su acción es esencial para el correcto funcionamiento de las células de Leydig y consecuentemente de la esteroidogénesis testicular.

6.3. Inhibina

Se cree que esta sustancia es secretada por las células de Sertoli y se encuentra en los fluidos del *rete testis* y del epidídimo, en la linfa testicular y el semen, inhibe la secreción de FSH y de ICSH.

6.4. Testosterona

Es secretada por las células de Leydig y su producción es regulada por FSH/LH, estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios y el funcionamiento de las glándulas accesorias, diferenciación sexual de los genitales, descenso de los testículos, separación glándula-pene, crecimiento de glándulas accesorias, líbido, mantención-secreción/absorción del epidídimo y la espermiogénesis (Duran *et al.*, 2006).

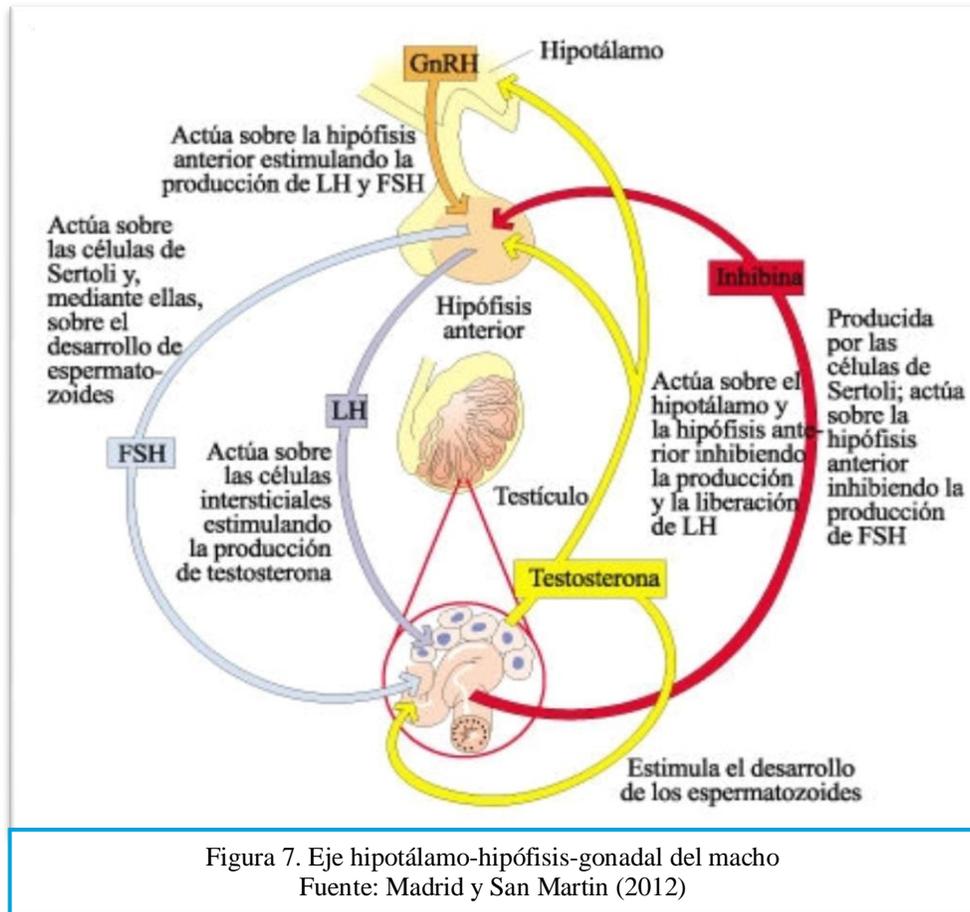
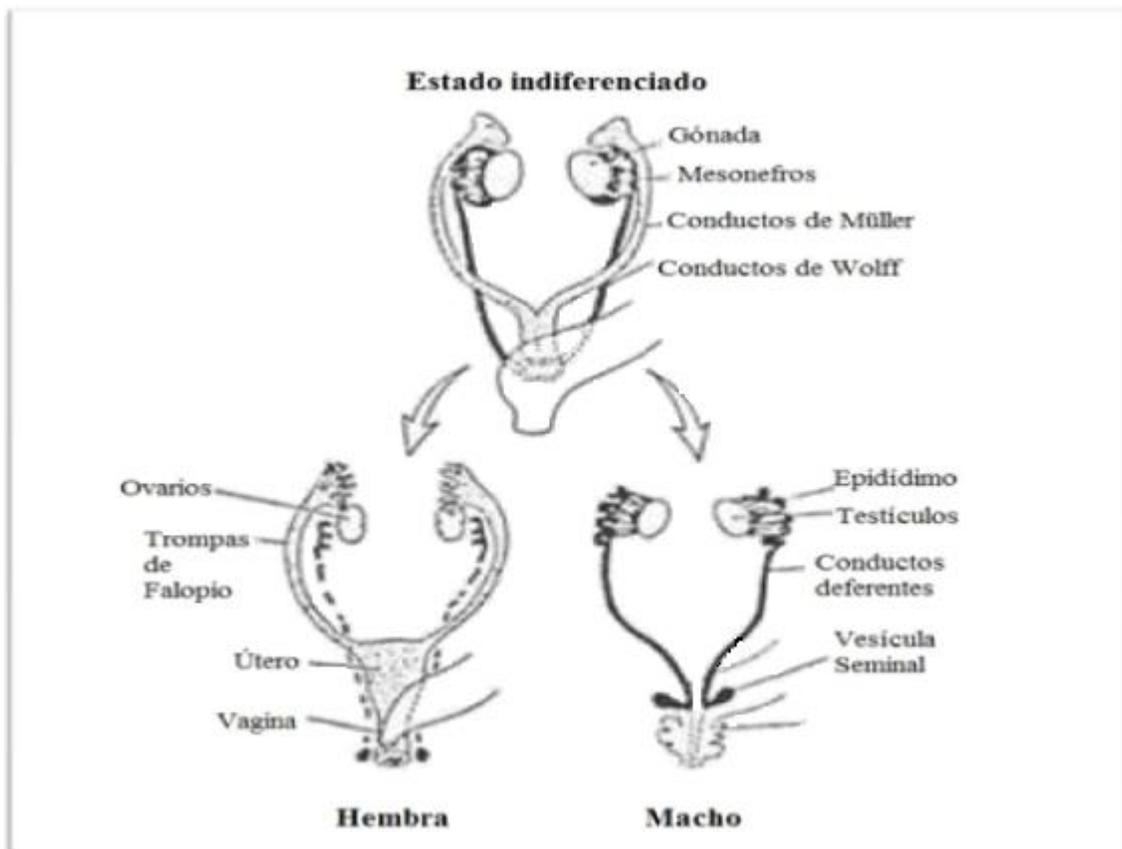


Figura 7. Eje hipotálamo-hipófisis-gonadal del macho
Fuente: Madrid y San Martín (2012)



DIFERENCIACIÓN SEXUAL EN ETAPA EMBRIONARIA





En mamíferos, el sexo genético viene determinado en el momento de la fertilización. La información contenida en el complemento cromosómico correspondiente regula la determinación y diferenciación del sexo gonadal, el cual, a su vez modula la expresión del sexo fenotípico. Los individuos que poseen, además del patrimonio genético autosomal, el par cromosómico sexual XY experimentan un desarrollo testicular a nivel gonadal, mientras que el desarrollo ovárico es observado en individuos que han heredado el par cromosómico XX.

La gónada primitiva consta anatómicamente de una médula (interna) y una corteza (externa), y de acuerdo al lugar en donde ocurra la colonización de las células germinales, se diferenciará en testículos u ovarios, respectivamente. En los mamíferos, la primera manifestación estructural de diferenciación sexual se detecta en la gónada de los machos, en donde las células germinales se localizan en la médula (Galina *et al.*, 2009).

La diferenciación del testículo se inicia cuando los cordones sexuales se separan del epitelio celómico como consecuencia de los arreglos producidos por una invasión del mesénquima y vasos sanguíneos que provoca la compactación de los cordones ahora denominados cordones testiculares. Las células que rodean los cordones se aplanan y formarán las células mioides del epitelio interno, es decir las células de Sertoli, tienen dos funciones principales: el soporte de las Células Germinales Primordiales (CGP) y la síntesis de la hormona antimulleriana (HIM), responsable de la regresión de los conductos de Müller y secretada durante el periodo de la diferenciación sexual.

Las células del estroma que rodean a los cordones testiculares se diferencian para formar varios tipos celulares: células mioides, fibroblastos, endotelio y células de Leydig, que son las más importantes por su actividad endocrina. Posteriormente, los cordones testiculares dan origen a los túbulos seminíferos, que contienen el epitelio que producirá los espermatozoides al llegar a la pubertad.

En la hembra, durante las etapas tempranas de diferenciación gonadal no se observan cambios con respecto a la gónada indiferenciada, sólo se puede observar un cierto crecimiento debido a la proliferación de células somáticas y germinales. Las células germinales inician un periodo de proliferación, el cual termina con el inicio de la meiosis. Iniciada ésta, principia a su vez el proceso de foliculogénesis; en este momento los cordones epiteliales se fragmentan, de tal manera que cada ovocito queda rodeado de células epiteliales cubiertas por una lámina basal delgada (Galina *et al.*, 2009).



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL





8.1. Ventajas de la inseminación artificial

8.1.1. Ventajas zootécnicas

-  Disminución del número de verracos con ahorro de espacio y de costes de mantenimiento.
-  Difusión rápida del progreso genético, mejorando los rendimientos al utilizar sementales de mayor valor genético obteniéndose una mejora más rápida en las explotaciones porcinas.
-  Producción de lotes más homogéneos con destino al matadero:
 - Incremento en la precisión de la evaluación del valor genético
 - Los sementales en IA producen gran descendencia
 - La información medida en la descendencia e incluida en un índice de selección aumenta la precisión en la evaluación de los caracteres medidos.
-  Incremento en la intensidad de selección por aumentar el número de concepciones por semental vía IA en comparación con la monta natural, por lo que se reduce el número de sementales a ser seleccionados.
-  Permite controlar la calidad espermática de los sementales que están sujetos a múltiples efectos ambientales, de manejo y sanitarios (Kubus, 2011).

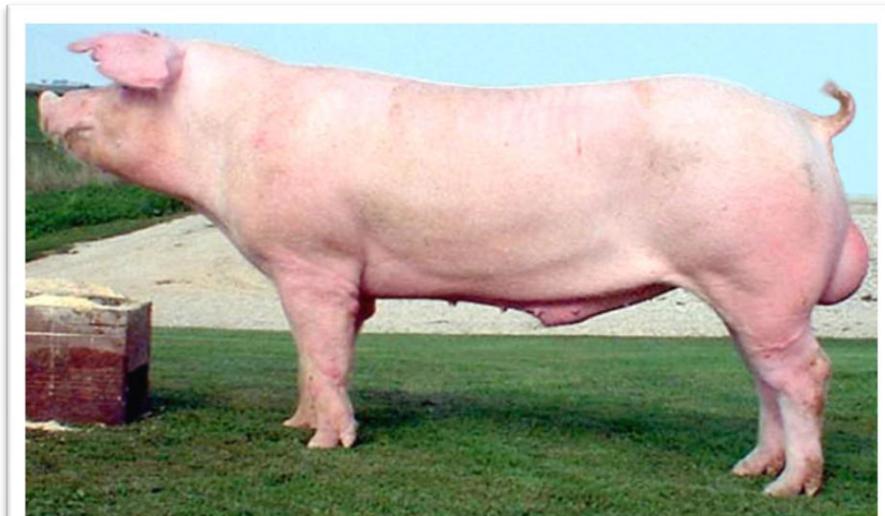


Foto 8. Semental Landrace utilizado para mejoramiento genético
Fuente: Universo porcino (sf.)



8.1.2. Ventajas sanitarias

- Reducción del riesgo de transmisión y aparición de enfermedades infecto-contagiosas por vía sexual.
- Se reduce la entrada de animales portadores de enfermedades del exterior.

8.1.3. Ventajas de manejo

- Ahorro de tiempo y esfuerzo evitando la monta natural y el desplazamiento de los reproductores.
- Permite usar animales de distinto peso en el cruce.
- Reduce el stress de animales con problemas cardíacos o de claudicación durante la monta (Kubus, 2011).

8.2. Desventajas de la inseminación artificial

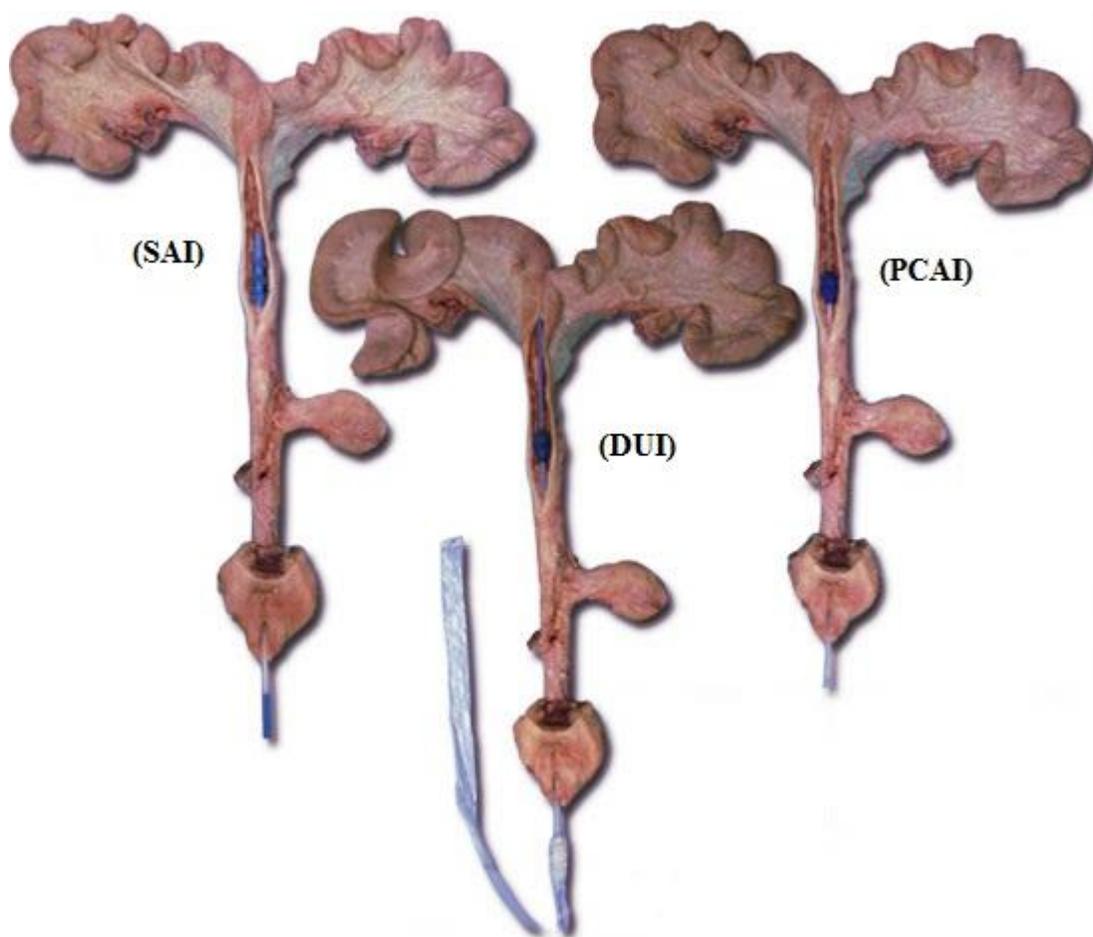
- Posibilidades de errores humanos.
- Exposición del semen a factores ambientales, sin la debida protección.
- Requiere de una adecuada detección del celo, para establecer el momento óptimo de la inseminación.
- Elevados costos para el montaje del laboratorio en explotaciones pequeñas (Franco, 2010).



Foto 9. Extracción de semen de manera inadecuada
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



TÉCNICA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL





9.1. Selección de verracos

La selección debe ser realizada entre las mejores progenies de los verracos probados y las hembras superiores dentro de cada raza. En países en donde se realizan las pruebas de progenie, el período de prueba cubre el intervalo entre los 20 a 100 kg de peso en los cerdos a ser probados (Mazzarri, 1984).

Los criterios de selección empleados consideran las siguientes características:

- Tasa de crecimiento
- Tasa de conversión de alimentos
- Medida ultrasónica del espesor de la grasa dorsal
- Calidad de los aplomos
- No portadores de características genéticas indeseables (atresia anal, hernias inguinal y umbilical, líbido reducida)

Los verracos así seleccionados son entonces entrenados para montar maniqués, extraer el semen y estudiar su conducta sexual. La calidad y cantidad espermática, así como la fertilidad son criterios de selección recomendados.

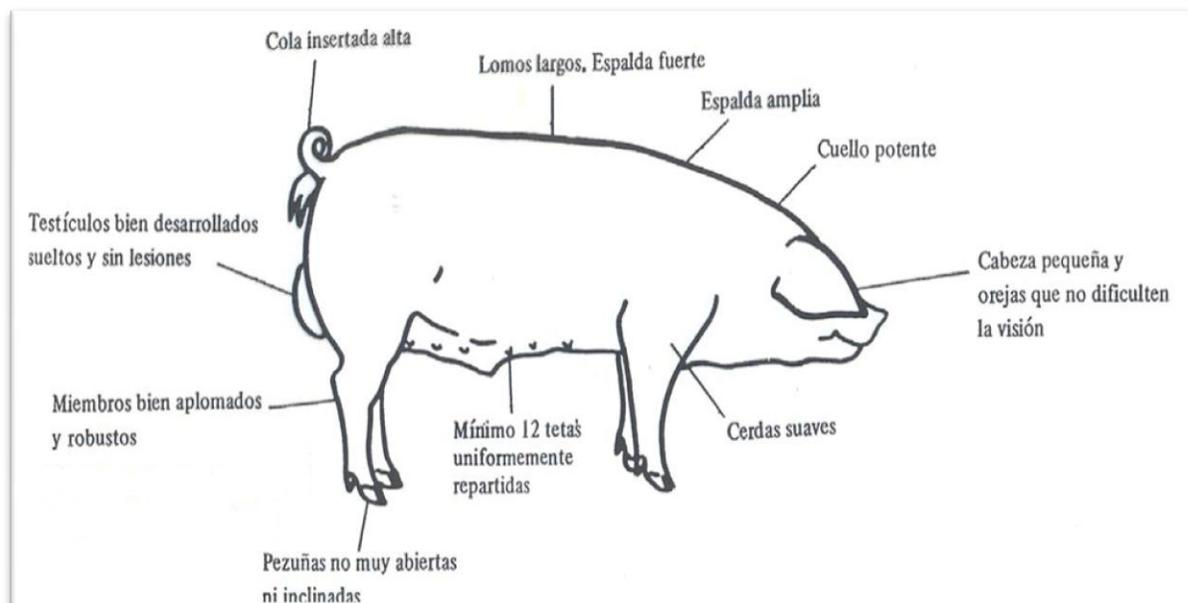


Figura 8. Características que debe tener un verraco para ser seleccionado
Fuente: Sánchez (sf.)



9.2. El procesamiento y almacenaje de semen

9.2.1. Extracción del semen

Cuando los verracos están habituados a saltar sobre el potro, la extracción del semen se debe realizar en un potro fijo ubicado en la sala de recolección. La sala de recolección debe asegurar las condiciones de higiene y seguridad tanto para el animal como para el trabajador durante la recolección.

Antes de realizar la extracción de semen, el verraco debe encontrarse con un buen grado de excitación, el cual depende de la raza y de la edad.

Existen varios métodos de extracción del semen:

-  Vagina artificial
-  Masaje manual
-  Electroeyaculación

No se debe proceder a la extracción de semen hasta que el líquido contenido en el saco prepucial sea expelido, ya que la contaminación del semen con este líquido tiene un efecto adverso sobre los espermatozoides (Mazzarri, 1984).

En principio el método de la vagina artificial es crear un ambiente de temperatura y presión similar al tracto genital de la hembra capaz de producir estímulos suficientes en el macho y provocar la eyaculación (Calderón, 2011).

El método más utilizado es el de masaje manual, el cual consiste en mantener presión firme a nivel del glande, recolectando el eyaculado en un recipiente de vidrio o plástico precalentados a 37°C y provistos de un embudo con gasa para retener la porción sólida, la cual se descarta (Mazzarri, 1984).

El método de electroeyaculación tiene un valor limitado en el examen de evaluación de la fertilidad del verraco, ya que no puede ser observada la libido y la habilidad de la monta. Su uso está indicado en verracos lesionados, de baja libido o animales viejos de gran valor (Calderón, 2011).



La duración de la eyaculación en el cerdo oscila entre 4 y 7 minutos y se compone de tres fracciones:

 Fracción pre-espermática, es la primera emisión del eyaculado, es de origen prostática, líquido transparente con pocos espermatozoides, suele tener una carga altamente contaminante y de escaso volumen 10-15 cc aproximadamente.

 Fracción espermática o rica en espermatozoides, es de color blanco y muy densa, de aspecto lechoso, la cual contiene una concentración de 500.000 a 1.000.000 de espermatozoides/cc) y un volumen cercano a los 100 cc esta es la fracción que más nos interesa recolectar para la inseminación artificial.

 Fracción post-espermática está constituido por secreciones de las glándulas accesorias y con escasos espermatozoides, es de color blanquecino transparente, con grumos gelatinosos a lo largo de su emisión, con un volumen aproximado de 200 cc cuya concentración espermática disminuye hasta 100.000 espermatozoides/cc (Kubus, 2011).

Durante toda la eyaculación, sobre todo en la primera y tercera fase se expulsan unos grumos gelatinosos conocidos como tapioca, procedentes de las glándulas de Cowper que actúan como tapón para el cérvix de la cerda en condiciones de monta natural. Este gel o tapioca no interesa recoger ya que provoca la gelificación del líquido seminal.



Foto 10. Fracción gelosa o tapioca
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



9.2.2. Evaluación del semen

La evaluación del semen es fundamental para detectar problemas de subfertilidad e infertilidad en el verraco, consecuencia de distintos factores que influyen sobre la calidad seminal, como los factores medioambientales, el estado nutricional, condiciones sanitarias, etc.



Foto 11. Evaluación microscópica de semen porcino
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

Una vez que el eyaculado llega al laboratorio, los parámetros que pueden evaluarse son los siguientes:

Color y olor: se observa si el color blanquecino del semen es nítido, o está enturbado con otros tonos, como marrón, rojizo o amarillento. La aparición de colores u olores anómalos puede ocurrir por alteraciones patológicas del aparato genital o por la mezcla del semen con orina durante la eyaculación (Kubus, 2011).

Temperatura: se mide la T° del semen en el vaso de recolecta antes de situarlo dentro del baño de María, a una T° entre 33-37°C, dependiendo de la forma de trabajar. Comprobar que la diferencia de T° entre el eyaculado recolectado y el baño de María no sea superior a 2°C, si esto ocurre, se ajusta siempre la T° del baño de María a la temperatura del semen, nunca al revés y no mantener más de 15 min el semen puro en el baño María antes de la dilución, para evitar daños en la membrana espermática.



Motilidad: se evalúa mediante visualización microscópica; colocando una gota de eyaculado en un portaobjetos atemperado a 38-39°C, y sobre ella se coloca el cubreobjetos. Para atemperar el material se necesita una platina calentable, estas se observan en 100x-200x (aumentos), evaluando el movimiento general y el tipo de movimiento individual (la valoración se realiza de 0-5%).

En el caso de la evaluación de la motilidad en el semen conservado, se llevan a cabo dos observaciones: una se realiza con una gota de semen diluido y atemperado y la otra con una gota de semen diluido al que se le añade una gota de solución de cafeína, que sirve para determinar la capacidad real de movimientos de los espermatozoides (Kubus, 2011).

Calidad de movimientos: Espermatozoides sin movimientos, espermatozoides con movimientos pobre (las cabezas de los espermatozoides quedan fijas y sólo se mueven las colas pudiendo girar sobre sí mismos), espermatozoides con desplazamientos en círculos y algunos progresivos, movimientos progresivos y sinuosos, movimientos progresivos y rápidos, movimientos progresivos muy rápidos.

Aglutinación: al evaluar la motilidad espermática se observan acúmulos de células más o menos grandes; es la aglutinación espermática esta se evalúa de 0 a +++, siendo las tres cruces una aglutinación muy evidente. Al evaluar la motilidad de las muestra, las células aglutinadas no se consideran en el porcentaje total de células en movimiento (Kubus, 2011).

Concentración: es fundamental su cálculo, ya que en función de la concentración y del volumen del eyaculado, se podrá calcular el número de dosis a preparar, consiste en la determinación del número de espermatozoides por unidad de volumen. Esta determinación se puede realizar por diferentes métodos, siendo los más usuales: cámaras de recuento celular (Bürker, Neubauer, Thomas), colorimetría, sistema integrado de contaje de espermatozoides mediante microscopía de fluorescencia (Nucleocounter), sistemas automáticos de análisis de imágenes CASA (Computer Assisted Semen Analysis) (Kubus, 2011).

Formas anormales (Atípicas): el cálculo de porcentaje de formas anormales puede realizarse:

-  En el momento del recuento del espermatozoide en la cámara de Bürker.
-  Realizando una tinción total y observando con el microscopio de campo claro con objetivos de 40x o 100x (aumentos) las formas anormales existentes en 50 a 100 células contadas.
-  Fijando una muestra con solución de citrato-formol y observando en un microscopio de contraste de fases, las morfoanomalías existentes en 50-100 células contadas con objetivos de 40x-100x aumentos (Kubus, 2011).



9.2.3. Dilución del semen

Después de la colección, el eyaculado debe diluirse dentro de aproximadamente 10 minutos, debido a que posteriormente su viabilidad decrece.

Durante el lapso requerido para la evaluación de la concentración, motilidad y el cálculo de las dosis, el eyaculado y el diluyente deben ser mantenidos a igual temperatura, preferentemente entre 32°C y 35°C, en un baño María o en gabinete temperado. Los cambios de temperatura pueden afectar la calidad del semen, es decir su longevidad y la fertilidad de la dosis de inseminación.

La dilución debe efectuarse en forma lenta y gradual, pero cuidadosa, pues de otro modo puede afectar a las células espermáticas. Algunos minutos tras la dilución debiera efectuarse una evaluación final de la motilidad, para descartarse eyaculados con tasas de motilidad menores a 70%. La utilización de tales dosis de semen de baja motilidad aumentaría las fallas de fertilidad (Kubus, 2011).

9.2.4. Almacenamiento

Las dosis de semen deben permanecer aproximadamente 90 minutos a temperatura de 20°C, luego deben almacenarse en una caja de aire acondicionado.

El rango ideal de temperatura de almacenamiento se sitúa entre 16°C y 18°C. A esta temperatura, el metabolismo espermático y el consumo de nutrientes se reduce, conservar en anaerobiosis; por lo no se debe dejar en las botellas un espacio de aire superior al 20% de su volumen.

El semen almacenado debe ser mezclado suavemente cada 12 horas, para mantener los espermatozoides en suspensión en el diluyente; las dosis seminales almacenadas previamente deben ser observadas en el microscopio (motilidad) para comprobar si guardan la suficiente viabilidad para ser utilizadas (Kubus, 2011).

Al utilizar diluyentes de almacenamiento corto BTS, el período de almacenamiento puede alcanzar a 2 o 4 días. Al utilizar Androhep o MR-A® (ver anexo 5), el tiempo de almacenamiento puede prolongarse hasta 7 días.



9.3. La detección del estro

La detección de celo es uno de los factores más importantes en el proceso reproductivo y una práctica de gran importancia sobre todo en granjas donde se aplica la técnica de inseminación artificial.

La manera más utilizada y efectiva para realizar la detección de celos es la visualización de los animales dos veces por día, detallando las características físicas de los genitales externos y los cambios en el comportamiento habitual.

Algunas características del celo son:

-  Tumefacción y coloración intensa de la vulva
-  Presencia de mucosidad en la vulva
-  Nerviosismo y pérdida de apetito
-  Abundante salivación
-  Gruñido característico
-  Montan y se dejan montar por otras cerdas
-  Reflejo de inmovilidad



Foto12. Prueba de presión dorsal
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

El macho generalmente gruñirá, salivará e intentará montar a la mayoría de las hembras. En las nulíparas, el estro puede durar solamente uno o dos días, pero en las cerdas adultas el ciclo es más largo. Algunos productores recomiendan trasladar tanto a las cerdas como al macho a un corral nuevo optimizando así la detección del estro.

Otra técnica ampliamente difundida consiste en aplicar presión manual sobre el lomo de las cerdas mientras están en presencia del macho para determinar si están en celo, en caso de que una cerda está en celo debe ser sacada del corral para que el cerdo circule entre las otras hembras.



9.4. Pasos para la aplicación del semen

 Limpiar la vulva con gasa y agua destilada, abrirlos labios vulvares e introducir el catéter previamente lubricado con unas gotas de semen o gel lubricante no espermicida.

 Desplazar suavemente el catéter hacia adelante y arriba en un ángulo de 45° grados dirigiéndolo hacia la columna vertebral para evitar introducirlo al meato urinario y dar suaves movimientos de empuje y rotación.

 Una vez introducido parte del catéter, se notará cierta resistencia, es la entrada al cérvix, rote el catéter en el sentido contrario a las agujas del reloj para que el extremo del mismo quede trabado en los pliegues del cuello uterino, que se encuentran turgentes y facilitan el sellado perfecto del catéter (Llovera, 1999; Guevara, 2013).

 Sacar la dosis del termo y rotarla para resuspender las células, romper el orificio de salida del semen y acoplar el frasco al extremo libre del catéter introduciendo lentamente el contenido, permitiendo que el semen fluya por gravedad. En las cerdas multíparas el contenido desciende fácilmente por gravedad, en las primerizas a veces es necesario una ligera presión.



Foto13. Limpieza de la vulva
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



Foto 14. Introducción del catéter en ángulo de 45°
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



Foto 15. Deposición del semen
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)



Una vez terminado el proceso dejar el catéter colocado en el cérvix para evitar reflujos del semen, esperar para que la cerda lo libere de manera fisiológica y retire el catéter suavemente rotándolo en sentido a las agujas del reloj. La duración de la inseminación debe ser entre 5 y 10 minutos (Llovera, 1999; Guevara, 2013).

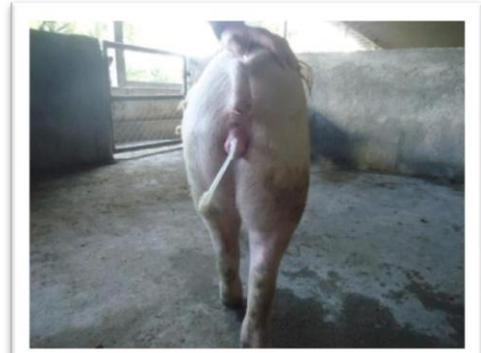


Foto 16. Finalización de IA
Tomada por Torrentes y Torrez (2013)

9.5. Técnicas de inseminación porcina

Según el punto de deposición del semen las técnicas de inseminación se agrupan como:

9.5.1. Inseminación cervical o standard (SAI)

En SAI fijamos el catéter al inicio del cérvix. El semen debe atravesar este laberinto y alcanzar el cuerpo del útero, desde donde se distribuye a ambos cuernos. Las técnicas utilizadas pretenden mejorar el paso del semen por el cérvix y conseguir que llegue suficiente cantidad al cuerpo del útero, para garantizar la fecundación.

Por eso se insemina con semen fresco, con el macho delante, estimulando la cerda con masajes, simulando la monta con la ayuda de mochilas u otro tipo de material y se aplican técnicas de autoinseminación (Gil, 2007).

9.5.2. Inseminación post cervical (PCAI)

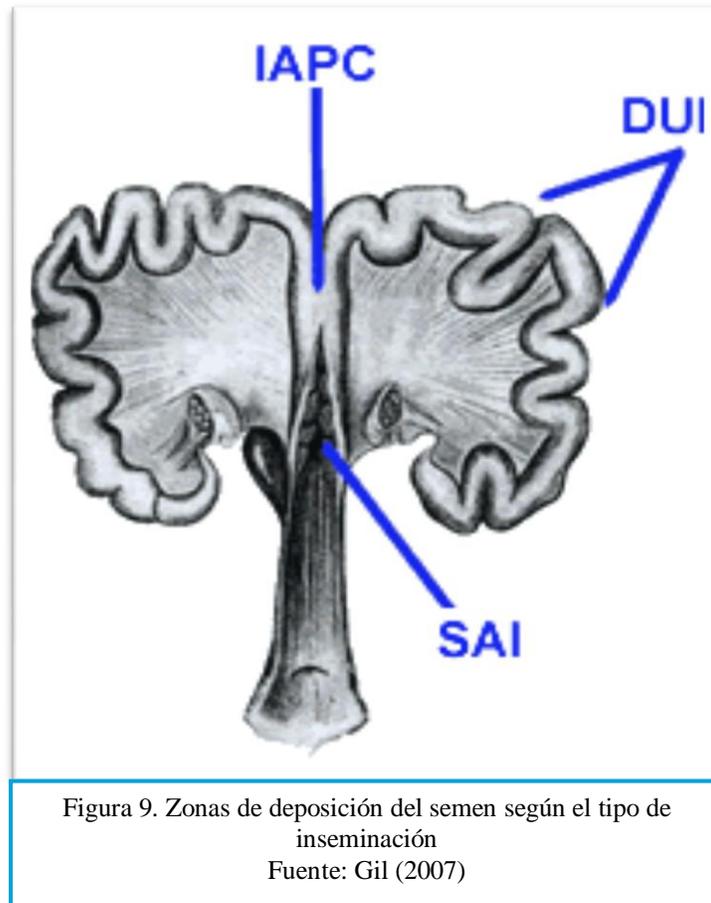
En PCAI se infunde el semen directamente en el cuerpo del útero. Esto permite la fecundación en ambos cuernos. Para ello se utiliza una cánula más larga, fina y flexible que un catéter convencional. Esta cánula está concebida para pasar entre las anfractuosidades del cérvix sin causar daños.

Para poder introducir la cánula con facilidad en el cérvix, se utiliza un catéter guía. La cánula post cervical se introduce por el interior de un catéter que previamente se ha fijado en el cérvix como se haría en una inseminación convencional (Gil, 2007).



9.5.3. Inseminación intrauterina profunda (DUI)

En DUI, el material utilizado es muy similar al empleado en PCAI, pero la cánula es considerablemente más larga. El objetivo es depositar el semen sólo en uno de los cuernos, lo más cerca posible de la unión útero-túbarica (UUT). Esto dificulta enormemente la fecundación bilateral, por lo que puede reducirse la prolificidad (Gil, 2007).





Capítulo **10**

MANEJO ZOOTÉCNICO POST IA





Las cerdas deben alimentarse bien para que haya buenos y numerosos lechones, agua limpia y suficiente, sombra, tranquilidad, se debe desparasitar 3 semanas antes del parto para evitar que las crías se contaminen y aplicar vitaminas. Antes del parto se debe bañar, limpiar bien la zona mamaria y la vulva.

En la etapa del día 1 al día 50, las hembras necesitan aire fresco y tranquilidad, en especial de los días 0-16 de gestación, no debe estar expuesta a temperaturas muy altas, ya que podría producirle un aborto. Si en 20-25 días una hembra vuelve a presentar celo significa que no está preñada (PREFIP III, 2012).

A los 30 días se le inyecta vitaminas (AD_3E) y se trasladan a jaulas para cerdas preñadas. En esta etapa las hembras no necesitan mucho alimento.

En la etapa de 51-100 días, la cerda necesita más energía y proteína, se le debe suministrar concentrado de buena calidad. Permanecerá en un lugar fresco, limpio y tranquilo, donde es importante que haya agua suficiente. A los 100 días se deben desparasitar e inyectar vitaminas (AD_3E).

En los últimos días de gestación (101-114 días) procurar que este en lugares frescos y suministrar alimentos de calidad; llevar a la cerda a la paridera en el día 110 y reducir la alimentación 24 horas antes del parto, debe consumir laxativos como salvado de trigo y agua a voluntad.

En las primeras 72 h después de la inseminación dar un máximo de 1.5-2.0 kg de alimento, en los 30 días después 2.0-2.5 kg de alimento, a los 95 días 3.5-4.0 kg y en el parto 3.0-3.5 kg y aumento en la ración de fibra este sistema de alimentación es con dietas que contienen 3.2 Mcal EM/kg (PREFIP III, 2012).



Capítulo **11**

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MADUREZ SEXUAL Y FERTILIDAD





11.1. Edad

La edad a la que las cerdas alcanzan la pubertad es uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de elegir la reposición, en ella ejercen un efecto, además de la genética, diferentes aspectos de manejo. El momento en el que las hembras alcanzan la pubertad va a depender, además de la genética, de distintos factores de manejo y de la respuesta de las cerdas jóvenes a éstos (Sala *et al.*, 2012).

11.2. Genética

Las cerdas de razas híbridas alcanzan la pubertad antes que las razas puras, pueden existir diferencias de hasta 20 días si se trata de razas híbridas o de razas puras.

11.3. Efecto del macho

El efecto del macho constituye un estímulo social que actúa para iniciar la actividad reproductiva, el comportamiento receptivo en la hembra y la fase folicular. El comportamiento receptivo (reflejo de inmovilidad) de una cerda en estro es una respuesta a los estímulos percibidos por los sistemas olfativo, auditivo, táctil y visual.

Está demostrado que el contacto directo con el macho es el estímulo natural más potente para las cerdas jóvenes. Por ello se debe desempeñar un papel fundamental en el manejo de estos animales. Además, las hembras que alcanzan la pubertad en edades más tempranas a través de la exposición al olor de un macho maduro (feromonas) tienen tasas de ovulación más altas, con un mayor potencial reproductivo, comparado con las hembras que no se exponen a este olor (Sala *et al.*, 2012).

Para que se produzca este efecto estimulante basta con un contacto directo continuo de 15-20 minutos al día, aunque es más recomendable que el contacto tenga lugar dos veces al día.

11.4. Movimiento de cerdas

La respuesta inicial a un estrés ligero es generalmente estimulante, por eso, tiene efectos beneficiosos en la reproducción. Ésta es la razón por la que se mezclan y transportan las cerdas nulíparas, para adelantar y sincronizar la pubertad. Sin embargo, si el estrés es prolongado y/o severo provoca una fase inhibitoria que afecta a todos los aspectos del control reproductivo.



11.5. Alojamiento

Las cerdas se deben alojar en grupo, con un mínimo de 1,5 m² por animal, aunque lo preferible son 2 m². Por razones prácticas, se recomiendan grupos de 8-12 animales una vez iniciada la exposición al verraco. Este tamaño es lo suficientemente grande para que el tiempo empleado sea rentable, a la par que suficientemente pequeño para permitir un contacto con el verraco que pueda estimular a las cerdas adecuadamente. No obstante, no deben estar alojadas cerca del verraco, para evitar que se acostumbren a ese estímulo y posteriormente el efecto macho sea menos efectivo (Sala *et al.*, 2012).

El tipo de superficie sobre el que se alojan también parece afectar la proporción de animales que alcanzan la pubertad. Varios productores porcinos han indicado que el alojamiento en un suelo parcial de cemento es mejor que uno sólo de slats. El principal problema de un suelo de slats son las lesiones en las pezuñas y en las patas.

11.6. Fotoperiodo

Existen numerosos estudios que indican que la complementación con luz artificial influye sobre la respuesta de la cerda ante el verraco en las épocas en las que la duración de las horas de luz es decreciente. Se sabe que la síntesis de melatonina se produce en la oscuridad, por lo que la mayor duración del fotoperiodo supone una menor síntesis de la misma. La melatonina tiene una función inhibitoria de la síntesis y/o liberación de las gonadotropinas hipofisarias (Sala *et al.*, 2012).

En general, se recomienda que las cerdas tengan alrededor de 15 horas de luz al día. En las épocas de fotoperiodo corto, debe emplearse luz artificial. La intensidad de luz debe ser de unos 300 lux. Se pueden utilizar 150 vatios por cada 1,5 metros de luz fluorescente, ya que es más parecida a la natural que la incandescente.

11.7. Estado corporal

La gordura excesiva ocasionada por la alimentación al libre acceso con alto nivel de energía, retrasa levemente la presentación de la pubertad. Si se mantiene ese nivel alimenticio, se afecta el potencial reproductivo de los ciclos posteriores (Duran *et al.*, 2006).



Capítulo 12

ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS





12.1. Síndrome de la cerda sucia

También conocido como síndrome de descargas vaginales agrupa a un conjunto de infecciones del tracto urogenital de la cerda que pueden cursar con distinta sintomatología: metritis, vaginitis, cistitis, nefritis y pielonefritis.

De todas estas infecciones, las descargas de flujo producidas como consecuencia de una endometritis, son las que a menudo se relacionan con procesos de infertilidad y pérdida de eficacia reproductiva dando lugar a repeticiones de celo cíclicas y acíclicas e incluso a la presentación de pseudogestaciones y camadas reducidas (Remujo, 2005).



Foto 17. Descarga vulvar
Fuente: 3tres3 (2010)

Este síndrome está asociado a distintos agentes: entre ellos *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pasterella multocida*, *Pseudomona aeruginosa*, *Actinomyces pyogenes*, *Corynebacterium spp.*, y con bastante frecuencia algunas especies de los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Enterococcus*.

El desarrollo de la enfermedad está asociado a higiene deficiente, particularmente como consecuencia de un mal estado del enrejillado que permite un contacto permanente con la suciedad, a cerdas inmunodeprimidas, a destetes tempranos posiblemente asociados con involuciones uterinas incompletas y a la falta de eliminación de infecciones residuales en el puerperio, también puede estar asociado a deficiencias nutricionales, agentes tóxicos así como a infecciones subclínicas en la cerda.

Diagnóstico

Por exploración vaginal con vaginoscopio en cerdas en celo: se encuentra el cuello abierto, moco acuoso abundante, disminución de los tubérculos papilares del cuello uterino, congestión, edema, y en cerdas en gestación: cuello cerrado, moco denso, mucosa pálida, abertura del cuello uterino y salida del tapón mucoso al final de la gestación, abortos, contenido serohemorrágico saliendo del cuello uterino, edema, congestión, endometritis/cervicitis, contenido purulento saliendo del cuello uterino, vaginitis, contenido purulento en vagina, contenido serohemorrágico o purulento saliendo de uretra (GVP, 2007).



Tratamiento y prevención

El tratamiento y control de este problema se basa principalmente en mantener la higiene del medio, evitando los acúmulos de suciedad y humedades donde se alojan los animales, la higiene en el manejo durante la recolecta y el procesado del semen, la inseminación y el parto; la eliminación de las cerdas con descargas vaginales y repeticiones de celo; alargar la duración de la lactación el mayor tiempo posible.

Una vez tomadas estas medidas fundamentales se puede reforzar el control con la aplicación de PGF_{2α} intramuscular de 36 a 48 horas postparto y un tratamiento antibiótico de amplio espectro. No deben practicarse lavados uterinos ya que estos contribuyen a la introducción de la infección (GVP, 2007).

12.2. Síndrome de disgalactia postparto (SDPP) o Síndrome de mastitis metritis agalactia (SMMA)

El síndrome disgalactia posparto (SDPP) en la cerda presenta una etiología multifactorial, pero siempre cursa con los mismos síntomas: disminución de la producción lechera de la cerda y retraso del crecimiento de los lechones. Los casos más graves se asocian con metritis y mastitis de las madres (SMMA) y se acompañan de una elevada mortalidad neonatal.

Al SMMA también se le conoce como falla lactacional, fiebre puerperal, mastitis coliforme y agalactia toxémica. Se pueden identificar tres focos principales de multiplicación bacteriana: el tracto urogenital, la glándula mamaria y el tracto digestivo (Remujo, 2005).



Foto 18. Mastitis en cerda
Fuente: Fanceda (2010)

Las cerdas afectadas tienen una producción de leche normal durante las primeras 12-14 horas después del parto seguido de una disminución en la producción láctea parcial o total en una o varias mamas, presentándose modificaciones organolépticas (grumos, color). A veces se acompaña de fiebre y anorexia de intensidad variable, mamitis, descarga purulenta (metritis, vaginitis, cistitis.), estreñimiento, síntomas locomotores (paresia en el tercio posterior), zonas del cuerpo cianóticas y síntomas nerviosos (temblores).

Lógicamente, los lechones de estas cerdas afectadas pierden peso y se debilitan, siendo más sensibles a otros procesos infecciosos y aumentando la tasa de mortalidad a lo largo de la paridera.



Diagnóstico

Debido a que el síndrome SMMA se caracteriza principalmente por agalactia o hipogalactia y por el retraso en el crecimiento o la muerte en los lechones, para establecer la causa del problema es necesario realizar un análisis que determine el número y frecuencia de las cerdas afectadas e identificar, de entre la etiología multifactorial, los elementos que pudieran influir.

Es común que otras enfermedades infecciosas (principalmente febriles) e intoxicaciones puedan provocar disminución de la producción láctea; sin embargo, el cuadro clínico en las cerdas afectadas, e incluso en los lechones, será diferente (García *et al.*, 1989).

Tratamiento y prevención

El tratamiento es sintomático, y debe iniciarse tan pronto como sea posible. La utilización de antibióticos es indispensable para tratar la fiebre puerperal, las mamitis, las metritis y las diarreas neonatales.

Las medidas más importantes para prevenir esta enfermedad son: la higiene de la cerda antes de que ingrese al paridero; así como el mantenimiento de condiciones óptimas en la sala de maternidad en cuanto a humedad, temperatura, higiene y manejo; de tal forma que se disminuye las condiciones que favorecen estados de tensión en las cerdas.

También debe considerarse el control de la alimentación durante la gestación y principalmente en el periodo periparturiente, lo que implica además de proporcionar una alimentación adecuada, agregar en la ración diaria aproximadamente 250g de salvado o 20-30g de sulfato de magnesio para evitar la constipación. Se aconseja que estos tratamientos preventivos se apliquen 5 días antes y 5 días después del parto (García *et al.*, 1989).

12.3. Parvovirus porcina

Producida por el parvovirus porcino (vPVP) este virus está incluido en el género *Parvovirus*, dentro de la familia Parvoviridae, de simetría cúbica y cuyo genoma está constituido por una sola cadena de ADN. El contagio es fundamentalmente directo, vía oro-nasal y, en ocasiones, por vía venérea, jugando de esta forma el verraco un papel esencial en la transmisión, en calidad de auténtico portador del virus en el semen o como simple diseminador mecánico entre las hembras susceptibles (Remujo, 2005).

Dado que estos virus tienen la particularidad de replicarse en células en división activa y que por tanto poseen un particular tropismo por las células de los tejidos embrionarios y fetales, el fracaso de la reproducción en cerdas es la principal y normalmente, única respuesta clínica a la infección por el vPVP.



Cuando la infección tiene lugar durante los cuatro primeros días de gestación, el efecto es el mismo que cuando la infección se produce vía venérea, provocando por tanto un retorno a celo cíclico. Cuando la infección tiene lugar a partir del 4º día de gestación, los óvulos fecundados se verán afectados de forma gradual, por difusión intrauterina del virus, produciéndose al cabo de un tiempo una reabsorción total de los tejidos y dando lugar a un retorno a celo tardío (24-30 días después del anestro anterior) (Remujo, 2005).



Foto 19. Aborto producido por vPVP
Tomada por MV. Justin Montiel (2012)

Cuando la infección tiene lugar en el período próximo a la nidación (9-12 días después de la fecundación) pueden ocurrir varias manifestaciones clínicas:

☞ Si la infección se produce inmediatamente antes de la nidación, puede ser que sólo se vean afectados los óvulos fecundados de un solo cuerno uterino, mientras que los del otro emigran, en consecuencia, la gestación continúa normalmente, traduciéndose en una reducción del tamaño de la camada.

☞ Si la infección se produce después de la nidación (fase embrionaria), el virus se diseminará y afectará a todos los embriones, con reabsorción total de los mismos, por tanto la cerda presentará un retorno a celo tardío, o bien la cerda no parirá después de un anestro (falsa gestación).

Cuando la infección se produce en fase fetal, es decir, a partir de los 30-35 días del comienzo de la gestación, la reabsorción de tejidos fetales no es posible, pero si se produce una deshidratación del feto (momificación), dando lugar a las siguientes situaciones:

☞ Si la infección ocurre al inicio de esta fase, todos los fetos pueden verse afectados de una forma progresiva y escalonada, al mismo tiempo que la gestación continúa su curso, no pariendo la cerda y por consiguiente, no retornando a celo después de un anestro, dando la impresión de ser cerdas infértiles.



También puede ocurrir que la afectación progresiva de todos los fetos no tenga lugar, puesto que pasados los primeros 60-70 días de gestación, éstos fetos son inmunocompetentes frente al virus, observando en el parto una camada de tamaño reducido (4-6 lechones), así como la expulsión de fetos momificados.

Diagnóstico

El PVP debe ser considerado un diagnóstico diferencial de la insuficiencia reproductiva del cerdo siempre que exista evidencia de muerte embrionaria o fetal, o ambas.

La identificación de antígeno vírico por inmunofluorescencia (IF) es un procedimiento de diagnóstico sencillo y confiable. Se preparan cortes de tejidos fetales con un criostato y se les hace reaccionar con reactivos estandarizados. En ausencia de repuestas fetal de anticuerpo, el antígeno se visualiza en los tejidos fetales incluso cuando se encuentran anticuerpos.

También se recomienda como prueba diagnóstica la detección de hemaglutinina vírica. Los tejidos se muelen en diluyente y se centrifugan, el líquido sobrenadante es investigado en busca de actividad aglutinante para eritrocitos de cobayo y es eficaz en ausencia de anticuerpo (Straw *et al.*, 1999).

Tratamiento y prevención

No existe tratamiento para la PVP, el uso de la vacuna es la única forma de asegurarse que las cerdas primerizas desarrollen inmunidad activa antes de la concepción, la vacunación se recomienda también para cerdas y verracos seronegativos, en estos casos se recomienda la vacuna inactivada (Straw *et al.*, 1999).

12.4. Leptospirosis porcina

Es una enfermedad infecciosa de carácter zoonótico causada por diferentes serovares de *Leptospira interrogans* y que afecta a un amplio número de especies animales domésticas y silvestres. La enfermedad es de naturaleza aguda y polisindrómica, siendo común la presentación en los animales de síndrome febril, trastornos reproductivos y alteraciones renales (Remujo, 2005).

En el ganado porcino, los trastornos reproductivos constituyen la manifestación clínica más frecuente. Así es posible observar abortos con y sin momificación, mortinatos y nacimiento de lechones débiles poco viables. Los fetos abortados suelen mostrar un tinte icterico y son de diferentes tamaños. Además también es posible el desarrollo de endometritis aguda.



Foto 20. Aborto por Leptospirosis
Fuente: Bahamonde (2010)



El cerdo ocupa un papel trascendental en las infecciones producidas por los serovares *pomona* y *tarassovi*, considerándose el reservorio natural de dichos microorganismos, aunque esporádicamente también se hayan aislado otros serovares en esta especie (*icterohaemorrhagiae*, *grippotyphosa*, *canicola*, *hardjo*, *australis*, *autumnalis*, *lora* y *muenchen*).

El contagio en el cerdo está muy relacionado con su comportamiento, como es el hociqueo en zonas húmedas y barrizales, los cuales pueden albergar leptospiras viables, de ahí que el proceso clínico esté muy ligado a explotaciones de carácter extensivo y por lo tanto al cerdo ibérico (Remujo, 2005).

Diagnóstico

Es de difícil diagnóstico clínico, normalmente se basa en resultados de procedimientos de laboratorio los cuales se dividen en dos grupos; el primero consiste en pruebas para la detección de anticuerpos, el segundo comprende las pruebas para la demostración de *Leptospira* en el tejido del cerdo (Straw *et al.*, 1999).

Tratamiento y prevención

El control de la leptospirosis depende del uso combinado de tres estrategias: el tratamiento antibiótico, la vacunación y el manejo. La vacunación induce a inmunidad de duración relativamente corta, la inmunidad contra la infección quizás nunca alcance el 100% y como mucho dura un poco más de tres meses.

El factor de manejo principal en el control de la leptospirosis es la prevención del contacto directo o indirecto con vectores de la fauna silvestre u otro ganado doméstico. Deben llevarse a cabo programas estrictos de bioseguridad de control de roedores dentro y a los alrededores del complejo de producción, cuando se enfrenta un brote de enfermedad clínica, la mejor opción es tratar tanto el stock afectado como el stock en riesgo con estreptomycin en dosis de 25 mg/kg de peso corporal, vacunar inmediatamente el stock en riesgo y luego iniciar un programa de vacunación regular (Straw *et al.*, 1999).

12.5. Brucelosis porcina

En el ganado porcino ibérico podemos constatar con relativa frecuencia la presencia de cuadros abortivos en fases intermedias y finales de la gestación, así como mortalidad neonatal, todos ellos producidos por Brucelas específicas (*Brucella suis*) o inespecíficas (*B. melitensis*), consecuencia en este último caso del contacto estrecho de cerdos con pequeños rumiantes.



Los verracos infectados pueden transmitir la infección por *Brucella suis* durante la monta, aislándose el microorganismo a partir del semen. Algunos lechones lactantes se infectan por el estrecho contacto perinatal con las cerdas, pero la mayoría alcanza los destetes libres de infección. Aunque posteriormente los animales de reposición pueden contagiarse por contacto, agua y/o alimentos contaminados o en sus primeras cubriciones. En cualquier caso, la enfermedad será normalmente más severa en los animales reproductores que en los lechones (Remujo, 2005).



Foto 21. Aborto en fase final de gestación producido por Brucelosis
Tomada por MV. Justin Montiel (2012)

Diagnóstico

El método de diagnóstico más preciso y tal vez el más sensible de la brucelosis porcina es el aislamiento de los microorganismos de *Brucella* por métodos de cultivo directo. Otras pruebas como la precipitación con Rivanol-seroaglutinación, 2-mercaptoetanol y de fijación de complemento (FC), se usan con frecuencia para el diagnóstico de la brucelosis en cerdos (Straw *et al.*, 1999).

Tratamiento y prevención

Ningún tratamiento como la antibiòticoterapia, suplementos dietéticos u otra quimioterapia, probaron ser efectivos y de conveniencia económica en la cura de cerdos con brucelosis (Straw *et al.*, 1999).

13.6. Síndrome Respiratorio Reproductivo Porcino (SRRP)

El agente causal de la enfermedad es un virus ARN con envoltura y de pequeño tamaño, clasificado en el orden Nidovirales, familia Arteriviridae, género *Arterivirus*. Dada la gran diversidad existente entre los distintos aislados de SRRP, éstos se clasifican en dos grandes tipos antigénicos: Europeo y Americano. Sí bien, cerdos de todas las edades se encuentran susceptibles los mayores problemas se producen en las cerdas gestantes y en los lechones lactantes (Remujo, 2005).



La enfermedad se caracteriza por 2 signos principales: causar aborto tardío en cerdas y un severo cuadro respiratorio en lechones, el primero incluye nacimientos prematuros, abortos de periodos retrasados, cerdos que nacen débiles y aumenta el número de lechones muertos en los nacimientos y momificados. En el segundo, las afecciones respiratorias tienen gran importancia, sobre todo en cerdos neonatales, en los que existe disnea como mayor característica, es frecuente que ocurra en cerdos de 3 semanas de edad, pero también puede ocurrir en cualquier edad.



Foto 22. Aborto por SRRP
Fuente: Arias *et al* (sf.)

En cerdas reproductoras suele observarse, anorexia, somnolencia y fiebre. Ocasionalmente muestran cianosis en orejas, vulva y cola. Las cerdas infectadas en el segundo tercio de la gestación, generalmente presentan abortos, momias e infertilidad generalizada que pueden durar de 2 a 3 meses.

Por otro lado, en los lechones, se observan algunas características como capa del pelo áspera, baja tasa de crecimiento, conjuntivitis, edema periorbital y temblores de los músculos; en ocasiones, cuando están parados, se observan como estatuas o extienden las piernas e incluso muestran parálisis posterior, antes del inicio de la debilidad y de la falta total de coordinación muscular (Remujo, 2005).

En los verracos, se observa anorexia, somnolencia, fiebre, así como bajo deseo sexual, pobre calidad seminal, expresada en volumen, motilidad y concentración espermática por debajo de los estándares y en aumento de anomalías de los espermatozoides; lo cual, definitivamente perjudican el potencial reproductivo de los machos.

Diagnóstico

En el diagnóstico de esta enfermedad deben de considerarse los siguientes factores: Historial de la explotación, signos clínicos y lesiones, registros de producción, serología y detección del virus. En general se debe sospechar de la enfermedad cuando existen signos clínicos de enfermedad respiratoria o insuficiencia reproductiva y/o bajo rendimiento productivo (Straw *et al.*, 1999).



Tratamiento y prevención

No existe un tratamiento específico para la enfermedad y lo único que se puede hacer es aplicar medidas profilácticas. Se deben separar los cerdos que presenten signos respiratorios, a lugares donde no haya corrientes de aire, evitar que se mezclen con otros animales y se debe evitar la superpoblación para evitar el estrés. Los antibióticos se han utilizado por la vía parenteral, en el agua o el pienso, para controlar las infecciones secundarias, se recomienda añadir tetraciclina al pienso de gestación durante 4 semanas, furazolidona al pienso de lactación e inyectar a los lechones con antibióticos de larga duración a los 3, 6 y 9 días de edad; además, dar tetraciclinas, sulfonamidas o tilosina durante 3 o 4 semanas a los cerdos en crecimiento (Straw *et al.*, 1999).

12.7. Peste Porcina Clásica (PPC)

La peste porcina clásica es una enfermedad viral altamente contagiosa y frecuentemente fatal que afecta a los cerdos tanto domésticos como salvajes. Virus de la familia *Flaviviridae*, género *Pestivirus*, CSFv (por sus siglas en inglés classical swine fever virus), cursa con síntomas como pirexia e inapetencias transitorias, muerte, resorción, momificación del feto, el feto nace muerto, nacimiento de cerditos vivos congénitamente afectados, aborto (poco frecuente). Temblor congénito, debilidad, enanismo,



Foto 23. Cerdo con temblor muscular
Fuente: VET-UY (2004)

escaso crecimiento durante semanas o meses y finalmente muerte, cerdos clínicamente normales pero con una viremia persistente, sin respuesta inmunitaria (Remujo, 2005).

Diagnóstico

Dada la gran variedad de síntomas y las diferentes formas de presentación, las pruebas de laboratorio son fundamentales para un correcto diagnóstico. Se deben remitir al laboratorio muestras de sangre, tonsilas, ganglio mesentérico, ganglio retrofaríngeo, íleon distal, riñón y bazo para su análisis, el estudio de laboratorio puede consistir en aislamiento directo del virus. Detección del ácido nucleico viral mediante la prueba de PCR o detección de anticuerpos específicos (Straw *et al.*, 1999).



Tratamiento

No existe tratamiento frente al virus de la PPC. La prevención contra la enfermedad se basa fundamentalmente en la toma de medidas de bioseguridad y biocontención. El control y erradicación se puede llevar a cabo mediante diversas medidas en las que se pueden incluir o no los programas de vacunación general o selectiva (Straw *et al.*, 1999).





BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN





La biotecnología de la reproducción comprende las técnicas (desde la inseminación artificial hasta la clonación) o conjunto de ellas que permiten aumentar la eficiencia reproductiva de los animales. Es uno de los productos más emblemáticos de la investigación del control y dominio de las ciencias de la vida y la zootecnia, porque logró incrementar con éxito, el progreso genético de los hatos, a través de las diferentes tecnologías aplicadas comercialmente (Palma, 2001)

Entre las técnicas más utilizadas en biotecnología de la reproducción porcina destacan:

13.1. Inseminación Artificial (IA) (convencional, postcervical e intrauterina).

La Inseminación Artificial (IA) en porcino puede practicarse depositando el contenido de las dosis seminales en el cérvix (IA convencional o cervical o SAI) o en el útero (IA intrauterina). Esta última modalidad presenta dos variantes: la IA postcervical (PCAI) cuando la dosis seminal se deposita inmediatamente tras el cérvix y la IA intrauterina profunda (DUI) cuando la dosis seminal se deposita en la cavidad de los cuernos uterinos. Los catéteres utilizados en cada una de estas modalidades varían en longitud y diámetro, dependiendo del tipo de IA que se practique y requieren de personal más preparado cuanto más profundidad alcanza la deposición de la dosis seminal.

Por lo general, la IA Convencional (SAI) y la IA Post Cervical (PCAI) suelen ser utilizadas para dosis seminales frescas o refrigeradas, y la IA Intrauterina Profunda (DUI) se reserva para dosis seminales criopreservadas o sexadas (Bonet *et al.*, 2006).

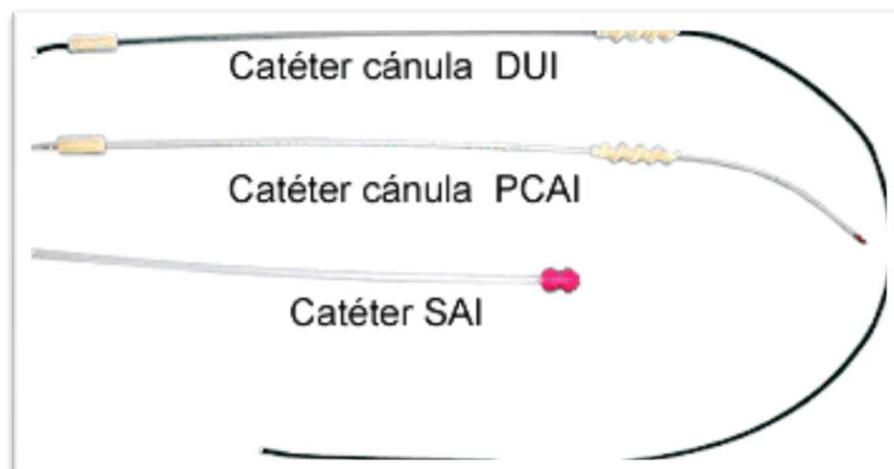


Figura 10. Tipos de catéteres: para Inseminación Cervical (SAI), un conjunto catéter-cánula para Inseminación Post Cervical (PCAI) y otro para Inseminación Intrauterina Profunda (DUI)

Fuente: Gil (2007)



13.2. Criopreservación de espermatozoides

La criopreservación espermática es una biotecnología de gran trascendencia, ya que tiene un papel relevante en la conservación y difusión de recursos genéticos (Domínguez *et al.*, 2010). Sin embargo, en la especie porcina no ha tenido éxito su utilización debido a la incapacidad de obtener resultados comparables a los del semen fresco o conservado mediante refrigeración a 15°C (Johnson *et al.*, 2000 citado por Domínguez *et al.*, 2010). Su utilidad ha quedado restringida puntualmente a la producción en pureza de núcleos de selección, bancos genéticos y transporte internacional, perdiéndose la gran disponibilidad espacio/tiempo que ofrece el semen congelado.

La criopreservación espermática, cuyo método consiste en la preservación del semen en un estado viable a temperaturas extremadamente bajas, es decir, es un proceso mediante el cual se logra la preservación del material genético contenido en los espermatozoides en el tiempo sin que sufran cambios en la integridad de su estructura, minimizando el daño que podría producir la formación de hielo intracelular, para lo cual se deshidratan las células antes del enfriamiento y se exponen a crioprotectores (Martin, 2000 citado por Roa *et al.*, 2005).

Los pasos utilizados para congelación de semen porcino son:

- 1.- Recolección de semen, tomando la fracción rica del eyaculado y mezclando con diluyente a 32° C.
- 2.- Se calcula la concentración seminal, y a partir de esta cifra, las dosis que se pueden obtener del eyaculado y cantidad de diluyente de congelación a emplear.
- 3.- Equilibrio previo a la centrifugación (23° C y 15° C).
- 4.- Centrifugación a 800 g por 10 minutos en centrifuga refrigerada a 15° C.
- 5.- Resuspensión y eliminación de plasma seminal.
- 6.- Adición de diluyente a 15° C para evitar shock térmico.
- 7.- Equilibrio térmico a 5° C (3 horas).
- 8.- Adición de diluyente con 3% de glicerol.
- 9.- Envasado.
- 10.- Congelación.



Foto 25. Termo para criopreservación de dosis seminales
Fuente: Minitube (sf)



11.- Almacenamiento en nitrógeno líquido a -196°C

Para descongelación: Además de la descongelación, es necesario restituir el volumen de las dosis antes de la inseminación, para lo cual se utiliza un diluyente capaz de proteger las células espermáticas de daños durante la descongelación y proveer de sustancias que aumenten la supervivencia, viabilidad y poder fecundante (Fuentes, 2000 citado por Roa *et al.*, 2005).



Glosario

Anastomosis: Refiere a la unión de unos elementos anatómicos con otros de la misma planta, animal o estructura mineral.

Anfractuosidades: Cavidad profunda y desigual.

Atipias: Cambio en la morfología celular normal.

Colículo seminal: Una porción prominente de la cresta uretral en la que se encuentra la abertura de la utrícula prostática y los orificios de los conductos eyaculadores.

Clivaje: Segmentación o división (mitosis) de la célula huevo o cigoto con reparto equitativo del material hereditario.

Cremaster: Músculo que se encuentra en el pliegue de la ingle y bolsas testiculares.

Dartos: Es una lámina de fibras musculares lisas de la bolsa testiculares.

Ergotionina: Es un antioxidante, presente en plantas y animales, encargados de regular la energía de las célula.

Esteroidogenesis: Formación de esteroides, esencialmente de las hormonas corticoadrenales o genitales.

Infunde: Inyectar o depositar.

Inositol: Compuesto orgánico de la familia de los polialcoholes presente en las membranas plasmáticas.

Longevidad: Duración de la vida.

Mesenterio: Es una membrana serosa que constituye un repliegue plano del peritoneo, principalmente de tejido conjuntivo, que contiene numerosos vasos sanguíneos y linfáticos con destino a las vísceras abdominales.

Mesepidídimo: Tejido trasparente que envuelve el epidídimo.

Mesosalpinx: Membrana revestida de peritoneo que recubre la trompa y forma el ligamento ancho del útero.

Mesovario: Ligamento suspensorio del ovario.

Oolema: Membrana plasmática del oocito, también llamado zona pelucida.

Parénquima: Tejido que hace funcional al órgano.



Prolificidad: Capacidad que tiene una hembra reproductora para tener en su parto una camada numerosa (número de lechones nacidos por parto).

Rete testis: Es una red de delicados túbulos situados en el hilio del testículo que transporta los espermatozoides desde los túbulos seminíferos de los conductos eferentes.

Vestíbulo vaginal: Área comprendida entre la vulva y la entrada de la vagina.



LITERATURA CONSULTADA

Abeydeera, L.R. 2002. *In Vitro* Production of Embryos in Swine. (en línea). Theriogenology 56(3) Consultado 26 sep. 2013. Disponible en: http://hannah.wrigley.me.uk/course_material-bmedsc/abeydeera.pdf

Barrios, J. 2012. Estructura y característica del aparato reproductor de la hembra. (en línea). Consultado el 16 nov. 2012. Disponible en: <http://jasielbarrios.es.tl/ESTRUCTURA-Y-CARACTER%CDSTICAS-DEL--APARATO-REPRODUCTOR-DE-LA-HEMBRA-.htm>

Batista, R.; Ceiro, F.; Grimon, M.; Legrá, D.; Aguilera, I.; Brea, O.; Neira, S. 2007. Evaluación del Porciento de fertilidad en sementales con uso de semen porcino refrigerado en la granja Integral Palmas Altas (Evaluation of the Percent of fertility in sires with use of swinish semen refrigerated in the Integral farm "Palmas Altas"). Revista Electrónica de Veterinaria REDVET/ 8(6). Consultado 23 sep. 2013. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060713.pdf>

Belstra, B. 2002. Intrauterine (transcervical) and fixed-time artificial insemination in swine: a review. Swine News. 25(2). (en línea). Consultado 29 sep. 2013. Disponible en: http://www.ncsu.edu/project/swine_extension/swine_news/2002/mar02.pdf

Bonet, S.; Briz, M.D.; Pinart, E.; Sancho, S.; Bussalleu, E.; Yeste, M.; Casas, I.; García, E.; Fàbrega, A.; Torner, E. 2006. Biotecnología de la Reproducción Porcina: Estado actual y futuro de las técnicas de análisis seminal. (en línea). Consultado 30 jun. 2013. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Reproduccion/Biotecnologia%20en%20reproduccion.pdf>

Bonet, S.; Casas, I.; Holt, W.V.; Yeste, M. 2013. Boar Reproduction: Fundamentals New Biotechnological Trends. London, UK. Springer-Verlag Berlin. Springer Heidelberg New York Dordrecht London. 632 p.

Calderón, E. 2011. Manejo del semen. (en línea). Consultado el 10 jun. 2013. Disponible en: <http://www.slideshare.net/syandrea/recoleccion-del-semen-de-cerdo>



Calle, J.; Corrales, J.D.; Yepes, S.A.; Cañas, J.J.; Ramírez, J.; Mesa, C. 2006. Inseminación intrauterina profunda en cerdos. (en línea). Consultado 18 may. 2013. Disponible en: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20porcina/inseminacion%20intrauterina%20profunda.doc>

Contreras, I. 2009. Protocolo corto de sincronización del celo, mediante la aplicación de cloprostenol y el uso del efecto macho, en ovejas westafrican en condiciones tropicales. (en línea). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/8467/1/T30737.pdf>

Domínguez, J.C.; Cisale, H.; Kirkwood, R.; Breininge, E.; Gonzalez, R.; Tejerina, F.; Alegre, B.; Alegre, E.; Peláez, J.; García, J.C.; Bernal, S.; Cárdenas, S.; Cordova, C.A.; Abad, M.; Abad, F.; Manjarin, R.; Martín, D. 2010. La criopreservación del semen porcino. (en línea). Consultado 18 sep. 2013. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/729/ARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO/La-criopreservacion-del-semen-porcino.html>

Duran, F.; Roldan, J.C. 2006. Volvamos al campo: Manual de explotación y reproducción en porcino. México DF., MX. Grupo Latino Ltda. p 214-217.

Equipo Técnico de Kubus. 2011. Manual Práctico para Profesionales: Biotecnología Veterinaria: Inseminación artificial porcina: como ganar eficiencia con la reproducción de tu ganado porcino. 3ed. Madrid, ES. Mainzer Producción Gráfica. 122 p.

Escobar, F.J. 2003. Inseminación Artificial en la cerda. (en línea). Consultado 07 jul. 2013. Disponible en: <http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/viijornadasdeinvestigacion/mesa10/Inseminaci%F3n%20Artificial%20en%20la%20cerda.pdf>

Flowers, W. 2003. "Future" reproductive technologies –applied results of trans cervical insemination and other studies related to artificial insemination. (en línea). Consultado 19 may. 2013. Disponible en: http://www.ncsu.edu/project/swine_extension/ncporkconf/2003/flowers.htm



Flowers, W. 2010. Anatomía y fisiología del verraco. (en línea). Consultado 13 jun. 2013. Disponible en: <http://66.147.240.151/~porcicul/articulos/?seccion=reproduccion&tema=rep026>.

Franco, J. 2010. Inseminación Artificial. (en línea). Consultado 30 Jun. 2013. Disponible en: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20porcina/Jorge%20Franco/INSEMINACION%20ARTIFICIAL%20EN%20PORCINOS.pdf>.

Fuentes, M.; Pérez, L.; Suárez, Y.; Soca, M. 2006. Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria REDVET/ 7(1). Consultado el 29 oct. 2012. Disponible en: <http://www.um.es/anatvet/interactividad/ingles/pigs/Anatom%EDa%20Interactiva%20del%20Cerdo.pdf>

Gadea, J. 2001. La evaluación de la capacidad fecundante de los espermatozoides porcinos mediante la fecundación *in vitro* (Revisión). (en línea). Consultado 28 sep. 2013. Disponible en: http://www.inia.es/gcontrec/pub/gadea_1161096472765.pdf

Galina, G.; Valencia, J. 2009. Reproducción de Animales Domésticos. 3ed. LIMUSA. México, D.F., MX. 219 p.

García, O.; Lobo, G. 1989. Enfermedades de los cerdos. México, DF., MX. Trillas, S.A. p 131-136.

GVP (Gestión Veterinaria Porcina). 2007. Síndrome de la cerda sucia. (en línea). Madrid, ES. Consultado 28 sep. 2013. Disponible en: <http://www.acromax.net/vistas/noticia/Sindrome-de-la-cerda-sucia.aspx>

Gil, F.; Ramírez, G.; Ayala, M.D.; López, O.; Latorre, R.; Martínez, F.; Sánchez, C.; Arencibia, A.; Orenes, M.; Vazquez, J.M. 2008. Anatomía interactiva del cerdo. (en línea). Madrid, ES. Consultado 14 jul. 2013. Disponible en: <http://www.um.es/anatvet/interactividad/ingles/pigs/Anatom%EDa%20Interactiva%20del%20Cerdo.pdf>

Gil, J. 2007. Inseminación artificial en porcino según el punto de deposición de la dosis seminal. (en línea). Consultado 29 nov. 2012. Disponible en: http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/inseminacion-artificial-en-porcino-segun-el-punto-de-deposicion_1973/



Glossop, C. 2000. Next Generation AI- New Developments to Efficiency. Boar Semen Preservation. (en línea). Consultado 29 sep. 2013. Disponible en: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/pdf/bab15s03.pdf>

Guevara, L. 2013. Manual de Inseminación Artificial en porcino. Ministerio Agropecuario y Forestal-Misión Técnica de Taiwán. Managua, NI. 11 p.

Llovera, M. 1999. Técnica de Inseminación Artificial. (en línea). Consultado 15 ago. 2013. Disponible en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/fericerdo/llovera.htm>

Niemann, H.; Rath, D. 2001. PROGRESS IN REPRODUCTIVE BIOTECHNOLOGY IN SWINE. (en línea). Theriogenology 56(3). Consultado 26 sep. 2013. Disponible en: <http://www.ufpel.edu.br/biotecnologia/gbiotec/site/content/paginadoprofessor/uploadsprofessor/bbcc32a7cc8c990c92a29352c7c0de6e.pdf>

Mazzarri, G. 1984. Control de la Reproducción e Inseminación Artificial en Cerdos. (en línea). Consultado 03 dic. 2012. Disponible en: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd15/texto/control.htm

Mercado, E. 2011. Caracterización de la congelabilidad y mejora de los diluyentes de crioconservación espermática en porcino ibérico. (en línea). Consultado 30 jun. 2013. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/14442/1/T33326.pdf>

Pan, P.K.; Sándigo, A.; Guevara, L. 2008. Inseminación artificial porcina con semen fresco. Ministerio Agropecuario y Forestal-Misión Técnica de Taiwán. Managua, NI. 24 p.

Padilla, M. 2007. Manual de porcicultura. (en línea). San José, CR. Consultado 26 jul. 2013. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00111.pdf>

Palma, G.A. 2001. Biotecnología de la reproducción, ciencia, tecnología y sociedad. (en línea). Consultado 30 jun. 2013. Disponible en: <http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20ZOOT%20C3%89CNICAS/CARRERA%20DE%20INGENIER%20C3%8DA%20EN%20INDUSTRIAS%20AGROPECUARIAS/07/Biotecnolog%C3%ADa%20II/biotecnologia.pdf>



Pérez, B.; Lorenzo, J.L.; Yenes, P.; Trejo, A.; García, P. 2001. A SHORT HYPOOSMOTIC SWELLING TEST FOR THE PREDICTION OF BOAR SPERM FERTILITY (en línea). *Theriogenology* 56(3). Consultado 26 sep. 2013. Disponible en: <http://194.30.13.80/AdministracionWeb/imagenes/gvporcina/the56.pdf>

PREFIP III (Proyecto regional de prevención, control y erradicación de la peste porcina clásica en Centro América, Belice, Panamá y República Dominicana). 2012. Manual para el manejo de cerdos sector semitecnificado. Managua, NI. OIRSA. p 24-27

Ramírez, N. 2013. Manual de inseminación artificial en cerdas. (en línea). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32115/1/ramirezcamposnetzahualcoyotl.pdf>

Remujo, P. 2005. Trastornos reproductivos porcinos de origen infeccioso. (en línea). Consultado 15 jul 2013. Disponible en: http://www.uco.es/dptos/sanidadanimal/img/infecciosas/Trastornos_reproductivos.pdf

Roa, N.; Tamasaukas, R.; Silva, A.; Sánchez, J. 2005. Criopreservación de semen suino en Venezuela. Una revisión. (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET/* 6 (3). Consultado 18 sep. 2013. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050504.pdf>

Rocha, G. 2005. Desarrollo de técnicas para mejorar la calidad de dosis de semen para la inseminación artificial porcina. Tesis. Doctor en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colima, MX. p 12. (en línea). Consultado 07 jun. 2012. Disponible en: http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Gonzalo_Rocha_Chavez.pdf

Sala, R.; Hernández P, R.; Pérez, B; García, P. 2012. Factores que influyen en la pubertad de las cerdas. (en línea). Consultado 30 ene. 2013. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/9176/ARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO/Factores-que-influyen-en-la-pubertad-de-las-cerdas.html>

Straw, B.E.; D'Allaire, S.; Mengeling, W.L.; Taylor, D.J. 1999. Enfermedades del cerdo tomo I. 8ed. Buenos Aires, AR. Inter-Medica 2000. p 178-180, 198-202, 252-255, 297-298, 465-466.



ANEXOS



Anexo 1. Características de SAI vs. PCAI vs. DUI

	SAI	PCAI	DUI
Longitud aproximada del catéter / cánula / cánula (cm)	54	73	148
Reducción del volumen de la dosis	no	si	si
Reducción N° espermatozoides	no	si	si
Volumen dosis recomendado (ml)	90	30	5
N° espermatozoides normalmente usados (millones)	3000	1000	150
N° mínimo de espermatozoide recomendados (millones)	1500	500	150
Más dosis por eyaculado	no	si	si
Menor número de verracos	no	si	si
Reducción coste instalación y mantenimiento de verracos	no	si	si
Mayor uniformidad de cerdos a matadero	no	si	si
Mayor utilización de verracos genéticamente superiores	no	si	si
Mejor índice de transformación	no	si	si
Mejor velocidad de crecimiento	no	si	si
Menor coste kg carne	no	si	si
Reducción tiempo de inseminación	no	si	no
Facilidad de utilización en rutina de trabajo	si	si	no
Utilización en todo tipo de cerdas	si	no	no
Utilización en cerdas destetadas	si	si	si
Utilización en nulíparas poco desarrolladas (1er y 2º celo)	si	no	no
Utilización en nulíparas bien desarrolladas (3er y 4º celo)	si	si	si
Disponibilidad de semen para fecundación en ambos cuernos	si	si	no
Fecundación bilateral	si	si	¿?
Óptimos parámetros reproductivos	si	si	no
Mayor rentabilidad semen congelado	no	si	si
Uso con semen sexado	no	¿?	si



Anexo 2. Características macroscópicas y microscópicas del semen

Volumen	200 ml (50-500)
Color	Blanco grisáceo o blanquecino lechoso
Olor	Inodoro con fuerte olor a testosterona <i>sui generis</i>
Motilidad individual	60 - 80%
Grado de aglutinación	0 - +++
Concentración	250.000-300.000 esp/cc
pH	6,8 - 7,8
Atipias primarias	10%
Atipias secundarias	20%



Anexo 4. Fracciones del eyaculado



A- Fracción pre espermática, B- Fracción espermática, C- Fracción post espermática, D- Fracción Gelosa o Tapioca



Anexo 5. Composición de los diluyentes más utilizados en IA

Composición (en g/l) de los diluyentes de inseminación artificial porcina más utilizados

	IVT	Kiev	BTS	Zorlesco	MRA	ZORPVA	Reading	Modena	Androhep
Glucosa	3	60	37	11.5	+	11.5	11.5	25 ^a	26
Cloruro sódico	24.3	3.7	6.0	11.7	+	11.65	11.65	6.90	8.0
EDTA		3.7	1.25	2.3	+	2.35	2.35	2.25	2.4
Bicarbonato sódico	2.4	1.2	1.25	1.25	+	1.75	1.75	1.00	1.2
Cloruro potásico	0.4		0.75		-		0.75		
Acetilcisteína	0.05								
HEPES									9.0
BSA				5.0	+			3.00	2.5
TRIS				6.5	-	5.5	5.5	5.65	
Ácido cítrico				4.1	-	4.1	4.1	2.00	
Cisteína				0.1	+	0.7	0.7	0.05	
Trehalosa							1		
PVA						1	1		
Acetato potásico					+				
MOPS					+				
mOsm	290	380	330	240	290	275	300	282	309
pH		7.2	7.2		6.9			6.9	6.8

a : glucosa monohidrato

IVT (du Mesnil du Buisson y Dauzier, 1959); Kiev (Plisko, 1965); BTS (Pursel y Johnson, 1975); Zorlesco (Gottardi et al., 1980); MR-A (Martín Rillo, 1984); ZORPVA (Cheng, 1985); Reading (Revell y Gossop, 1989); Modena (Moretti, 1981); Androhep (Weitze 1990)



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE VETERINARIA**

MANUAL DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PORCINA



Managua, Nicaragua
Octubre 2013