

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



"INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PORCINA"

POR:

PAULO CESAR NAVARRO ARGUMEDO

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO MAYO DEL 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

“INSEMINACION ARTIFICIAL PORCINA”

POR:

PAULO CESAR NAVARRO ARGUMEDO

MONOGRAFÍA

**MONOGRAFÍA DEL C. PAULO CESAR NAVARRO ARGUMEDO
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DE LOS ASESORES
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

**MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS
ASESOR PRINCIPAL**

**MC. DAVID VILLARREAL REYES
ASESOR**

**MC. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

“INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PORCINA”

POR:

PAULO CESAR NAVARRO ARGUMEDO

MONOGRAFIA

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

**MVZ SILVESTRE MORENO ÁVALOS
ASESOR PRINCIPAL**

**MC. DAVID VILLARREAL REYES
VOCAL**

**MVZ. RODRIGO I. SIMON ALONSO
VOCAL**

**MC. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS
VOCAL SUPLENTE**

**MC. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

AGRADECIMIENTOS:

A mi padre "DIOS " por darme la vida y permitir tener una familia tan maravillosos.

A mis padres:

Jesús Navarro Guerrero y Ana Maria Argumedo Valles

Por darme la vida, por todo el sacrificio que ustedes realizan no solo por mi sino por todos sus hijos, por confiar en mí, y por su apoyo incondicional que siempre me han dado y por guiarme por el camino del bien, y por darme la mejor herencia que pueda existir una carrera profesional. ¡Gracias padres!

A mi "ALMA MATER" por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios y por darme los conocimientos básicos con los cuales he de ejercer mi profesión.

A las personas que mas que nadie me dieron apoyo:

Claudia Argumedo, Silvestre Moreno, Lorena Ríos, y en especial a mis abuelos Alejandro Argumedo y Ofelia Valles, por todo su apoyo incondicional ya sea moral o económico ya que sin ustedes no estaría adonde me encuentro y por preocuparse por mí y por que siempre que los necesito siempre están para escucharme. ¡Gracias!

A mis asesor y sinodales gracias por perder un poco de su valioso tiempo en apoyarme para realizar este trabajo.

A todos mis amigos que encontre en esta Universidad, Alfonso, Omar, Agustín, Ray, Isabel, David, Jafeth, Arturo, Alejandra, Ana, gracias por darme su amistad incondicional y por todo su apoyo, ¡gracias! A todos mis amigos de aquí de Torreón Lizeth, Clara, Juan, Alejandro, ¡gracias!

DEDICATORIA:

A mis padres, abuelos, tíos y amigos, que gracias a ellos estoy realizando un sueño, no solo mío si no de toda la familia.

INDICE

Introducción.....	01
Historia.....	02
Anatomía de la Hembra.....	05
Vulva.....	05
Vagina.....	05
Cerviz.....	06
Útero.....	06
Endometrio.....	07
Miometrio.....	07
Perimetrio.....	07
Oviducto.....	08
Principales Funciones del Oviducto.....	09
Mantenimiento del Cigoto.....	09
Fecundación.....	09
Mantenimiento de los Espermatozoides.....	09
Ovario.....	10
Histología del Ovario.....	10
Corteza.....	11
Epitelio superficial.....	11
Folículos en Diferentes Estados de Desarrollo.....	11

Folículos Primordiales.....	11
Folículos Primarios.....	12
Folículos Terciarios.....	12
Folículo Maduro o de Graaf.....	13
Folículos Atresicos.....	13
Estructuras No Foliculares.....	14
Cuerpo Hemorrágico.....	14
Cuerpos Luteos en Diferentes Estados de Desarrollo o Regresión.....	15
En el Cuerpo Luteo Pueden Distinguirse Dos Tipos de Células Luteas.....	15
Cuerpo Blanco.....	15
Anatomía del Macho.....	17
Testículos.....	17
Conductos Genitales.....	19
Conducto del Epidídimo.....	20
Conducto deferente.....	20
Glándulas Sexuales Accesorias.....	20
Glándulas Ampulares.....	21
Glándulas Vesiculares.....	21
Próstata.....	21
Glándulas Bulbo Uretrales.....	22
Uretra.....	22
Pene.....	23
Prepucio.....	23
Ciclo Estral de la Cerda.....	25

Etapas del Ciclo Estral.....	25
Cambios que Ocurren Durante el Ciclo Estral.....	25
Pro estro.....	25
Estro.....	26
Meta estro.....	27
Diestro.....	27
Mecanismo Lúteo lítico.....	27
Endocrinología del Ciclo Estral.....	28
Estrógenos.....	28
Progesterona.....	28
LH y FSH.....	29
Recolección de Semen.....	31
Entrenamiento del Verraco.....	31
Material para la Recolección de Semen.....	33
Métodos para la Recolección de Semen.....	33
Método de la Mano enguantada.....	34
Preespermática.....	37
Espermática.....	37
Posespermática.....	37
Evaluación del Semen.....	39
Evaluación y Fertilidad.....	39
Aspecto y volumen.....	39
Edad.....	39

Estado de Salud.....	39
Temperatura Ambiental.....	40
Frecuencia de Eyaculacion.....	40
Diluyentes.....	40
Funciones del Diluyente.....	42
Nutrientes.....	42
Regulación del PH.....	43
Presión Osmótica.....	43
Tipos de Diluyentes.....	49
Procedimiento para la Inseminación Artificial Porcina.....	49
Detección de Estros.....	49
Signos Pre-estrales.....	50
Horario.....	52
Signos y Comportamiento de una Hembra en Calor.....	52
Puntos Importantes de una Buena Inseminación.....	53
Manejo Después del Servicio.....	54
Método de la Inseminación.....	56
Conclusiones.....	60
Bibliografía.....	61

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Cuadro 1.- Concentraciones de hormonas en el transcurso del ciclo estral de la cerda..	30
Cuadro 2.- Diluyentes agrupados por la duración.....	46
Cuadro 3.- Composición de los diluyentes de inseminación artificial Porcina mas utilizadas.....	48
Cuadro4.- Estro de la cerda y tiempo apropiado para la inseminación.....	54
Figura1.- Órganos genitales de la cerda vista dorsalmente.....	08
Figura 2.- Folículo de graaf.....	14
Figura 3.- Secuencia de la maduración folicular y la formación del cuerpo luteo.....	16
Figura 4.- Genitales del verraco.....	19
Figura5.- Área de recolección y maniquí.....	32
Figura 6.- Extracción de semen con mano enguantada.....	34
Figura 7.- Posición de la mano para la extracción del semen.....	36
Figura 8.- Uso de semental para detectar celo.....	50
Figura 9.- Introducción de la varilla.....	57
Figura 10.- Varilla con rosca.....	58

INTRODUCCIÓN

La Inseminación Artificial (IA) en su sentido más amplio se define como la transferencia de los gametos del macho para llegar al óvulo por medios distintos al apareamiento natural y la constituye una técnica que ha permitido unos avances acelerados en los programas reproductivos y genéticos del cerdo.^{20, 35}

La eficiencia reproductiva tiene gran importancia en producción porcina y puede evaluarse a través de la productividad de la cerda, es decir, por la cantidad de lechones producidos por hembra y por año.³ La productividad de la cerda puede estar influenciada por numerosos factores, y puede mejorarse empleando tecnologías reproductivas, como la inseminación artificial.³⁷

La inseminación artificial forma hoy en día una parte integral de la rutina de trabajo en todo tipo de explotaciones porcinas, desde granjas núcleo hasta granjas comerciales.⁸ Durante los últimos 10 años su uso se ha incrementado enormemente; se estima que en la actualidad de los 76 millones de cerdas en el PDmundo, más del 30% son inseminadas. Los países de la Comunidad Europea encabezan la lista del uso de IA con un 58.7% de cerdas inseminadas, siendo Francia, Finlandia y España los principales. En la región del Pacífico y Asia el 39% de las cerdas son inseminadas, mientras que en América Latina el porcentaje de utilización de IA es de 30%. Y se prevé que para este año (2005) la utilización de la IA en el mundo será de un 80%.²⁵

El incremento en el uso de la IA se debe a diferentes factores como el hecho de que contribuye al mejoramiento genético por medio del uso de sementales de

calidad comprobada, y que los parámetros reproductivos obtenidos son comparables e incluso superiores a aquellos utilizando monta natural.²⁴

La IA también reduce las posibilidades de introducción de enfermedades a las explotaciones, a diferencia de la introducción de animales. Algunas otras ventajas de su uso incluyen una disminución del número de sementales necesarios en granja, facilita el manejo reproductivo al reducir el tiempo, y el trabajo necesario, así como un mejor control de la calidad del semen.²

El aumento en el uso de IA ha contribuido a un incremento en la utilización de semen comercial, lo cual a su vez ha favorecido el desarrollo de centros de producción de semen o Centros de Transferencia Genética (CTGs). Dichos centros tienen la ventaja de que pueden estar aislados de brotes de enfermedades, pueden establecer laboratorios de excelente calidad para el procesamiento del semen, el personal empleado puede tener un entrenamiento mucho más especializado que la gente en granja, y se tiene una producción más eficiente.²⁵

HISTORIA

La inseminación artificial porcina (IA) fue iniciada por Ivanow en Rusia en los primeros años del siglo XX. Por lo tanto la IA en cerdos no es de ninguna manera una nueva técnica. En Granjas Estatales de Rusia, se diseñó un sistema para la colección y procesado de semen; así como para la inseminación artificial en cerdos durante 1930; aunque había poca aplicación comercial de este sistema en esos años se siguió utilizando.²

En 1956 Chris Polge reincorporó la IA a la industria del cerdo; quién resaltó los beneficios de un proceso que facilitó el uso individual más extendido de un jabalí superior que sería posible a través del servicio natural; un sistema que ofreció a todos los productores, sin tener en cuenta el tamaño de la manada, accede a los jabalíes más buenos disponibles.⁸

A pesar de que desde 1956 Polge describió los procedimientos necesarios para la aplicación a nivel de granja, no fue sino hasta 1966 que en Holanda se incrementó de manera notable el uso práctico y comercial de la IA con más de 120,000 inseminaciones anuales, en particular debido a las consecuencias de un severo brote de Fiebre Aftosa en 1962.^{8, 16}

Es en las décadas de los 60's y 70's cuando se presenta un incremento notable de la aplicación masiva de la IA en las granjas de Dinamarca, la ex-Unión Soviética, China y las Repúblicas Federal y Democrática de Alemania. Durante los 80's, el crecimiento de la IA fue paulatino y paralelo al desarrollo de nuevos diluyentes siendo éstos mas específicos, así como de técnicas adecuadas para el procesamiento y manejo del semen.²⁵

Durante éste período en Europa se difunde mucho el uso de los servicios de inseminadores profesionales en las regiones con mayor progreso porcícola, quienes dependerían en la mayoría de los casos de centros de IA (CIA's) o centros de transferencia genética.²⁵

También se difundió el servicio de entrega de semen diluido por parte de los CIA's a través de eficientes sistemas del correo oficial o de la mensajería privada. Durante este período, se inicia el uso del semen congelado, principalmente con el objetivo de introducir material genético con bajos riesgos sanitarios.²⁵

A pesar de que la técnica de IA no ha variado esencialmente de lo que ya se conocía desde la década de los 60's, es hasta los 90's cuando el uso de la IA tuvo un crecimiento explosivo en el resto del mundo, con sus respectivas variaciones de un país a otro.⁶

Además de su implementación en granjas porcícolas tecnificadas de diversos tamaños, la IA fue incorporada en las mega empresas donde se tienen que modificar instalaciones y sus procesos en las áreas de servicios para la adopción de esta técnica en el 100% del pié de cría. Algunas de las razones para la incorporación de la IA en todos los niveles de producción se debieron a la disponibilidad a precios accesibles de los insumos necesarios para la recolección, procesamiento, envasado, además del manejo del semen diluido, así como de los diversos consumibles para la aplicación de las dosis.⁸

En la actualidad, la inseminación artificial porcina es una técnica reproductiva de amplia aplicación en todo el mundo, aunque el grado de utilización en los diversos países es muy variable. En los países europeos en general la aplicación de la inseminación artificial es muy elevada, llegando a tasas superiores al 80% (Holanda, Francia, Alemania, España, Noruega, Finlandia.), mientras que, por el contrario, en Estados Unidos el porcentaje de utilización de la inseminación artificial es aún reducido (50%), aunque en los últimos años se ha producido un incremento muy destacable.^{8, 16}

Según las últimas estimaciones en el mundo se realizan unas 19 millones de inseminaciones, de las cuales el 99% de la práctica total se realiza con semen refrigerado a 15–20°C.^{8, 16}

ANATOMIA DE LA HEMBRA

El aparato reproductor de la hembra (Fig. 1) consta de afuera hacia dentro de vulva, vagina, cérvix, útero (endometrio, miometrio y perimetrio), cuernos uterinos, oviducto y ovario estando suspendidos por los ligamentos anchos del útero.³⁵

Vulva

Es la estructura que está en contacto con el exterior, por lo cual tiene un epitelio plano estratificado queratinizado y es el órgano donde se inicia el aparato reproductor y urinario de la cerda, en esta estructura se pueden observar la signología del estro, la cual se presenta con turgencia y enrojecimiento, en la base de esta estructura se encuentra el clítoris, órgano de alta sensibilidad.^{12, 35}

Vagina

Es un órgano tubular que relaciona el cérvix con la vulva. Tiene un epitelio plano estratificado no queratinizado. El grosor de este epitelio se modifica por la actividad hormonal, por lo que en la etapa estrogénica (proestro y estro) el epitelio se engruesa como consecuencia del incremento en el número de capas (hasta 20), lo que no sucede en la etapa luteínica (metaestro y diestro), en la que la progesterona provoca una disminución en el número de estratos, adelgazándose. El epitelio descansa en una lámina propia formada de tejido conjuntivo y que varía de laxo a denso de manera similar al cérvix. En la capa muscular de la vagina se presentan fibras musculares con disposición circular y longitudinal entremezcladas.³⁵

Cérvix

Es la porción más caudal del útero, y se proyecta dentro de la cavidad de la vagina, actuando como esfínter que evita la entrada de gérmenes al interior del útero. Se caracteriza por tener una luz reducida y paredes muy gruesas, constituyendo una barrera entre el útero y la vagina, exceptuado durante el estro, en el que el cérvix se dilata.¹²

En el cérvix se distinguen dos porciones: el endocérvix y el exocérvix, el primero localizado hacia la luz del cuerpo uterino, y el segundo localizado hacia la luz de la vagina, los cuales se distinguen fundamentalmente por las características de la mucosa, donde el endocérvix presenta epitelio de revestimiento que es cilíndrico simple, con células secretoras de moco, mientras que en el exocérvix el epitelio es estratificado plano sin queratina, que corresponde al mismo epitelio que la vagina. El reto de las capas son comunes al endocérvix y al exocérvix.³⁵

Útero

Este órgano consta de dos cuernos, un cuerpo y un cuello o cérvix. El útero de la cerda se clasifica como bicornual debido a que el cuerpo es más pequeño que los cuernos. Los cuernos están flexionados o enrollados y pueden medir hasta unos 120 a 150 cm. de longitud, mientras que el cuerpo del útero es corto. Dicha longitud es una adaptación anatómica para la producción exitosa de camadas grandes.¹² El cuello úterino se caracteriza por una pared gruesa y una luz estrecha, su conducto presenta varias prominencias, estas tienen la forma de bordes transversales o alternas en espiral que se conocen como anillos cervicales (por lo general son cuatro), en la cerda estos anillos están dispuestos en forma de tirabuzón y se adaptan al contorno de la punta del pene del verraco.¹²

El cuerpo y los cuernos uterinos presentan tres capas histológicas:

Mucosa, también llamada endometrio.

Capa muscular del órgano, o miometrio.

Serosa o perimetrio.

Endometrio

En la cerda, a diferencia de las otras especies, el endometrio está formado por un epitelio pseudoestratificado columnar. Sin embargo, en algunas zonas aisladas el epitelio puede ser cúbico simple. La lamina propia también forma parte del endometrio, y está formada por tejido conjuntivo laxo areolar, en el cual pueden identificarse células como eosinófilos, macrófagos, linfocitos, neutrófilos y células cebadas, entre otros. En la lámina propia-submucosa se encuentran glándulas tubulares revestidas por epitelio cilíndrico simple, que proliferan notablemente durante el metaestro y el diestro. Estas glándulas están encargadas de la secreción de la “leche uterina” que alimentará al embrión antes de su implantación.³⁵

Miometrio

Consta de tres capas de músculo liso; una capa circular adyacente a la mucosa, por lo que se denomina submucosa; una capa intermedia con fibras oblicuas en varias direcciones, donde existen grandes vasos sanguíneos, llamándose a esta porción capa vascular y una capa longitudinal localizada junto al perimetrio que suele llamarse estrato o capa subserosa.³⁵

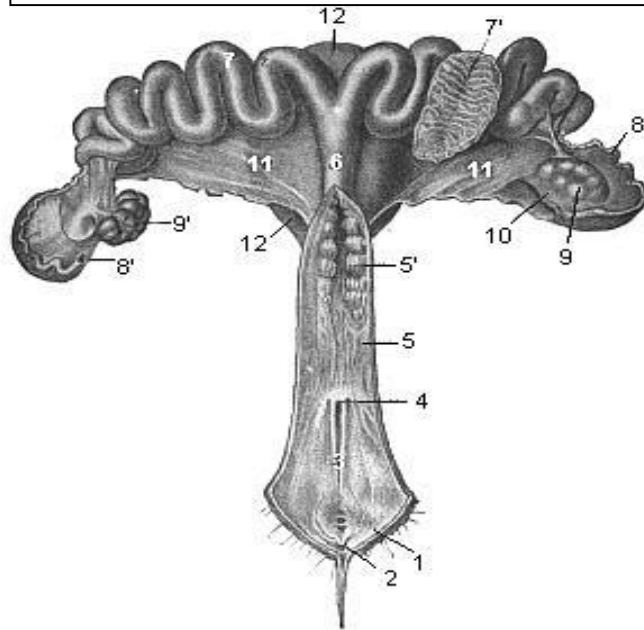
Perimetrio

Esta capa está formada por tejido conjuntivo laxo areolar además de un mesotelio peritoneal.

Oviducto

Los oviductos son un par de conductos sinuosos que se encargan de transportar el ovocito hasta el útero. El oviducto se divide en tres porciones: infundíbulo, ámpula e istmo.¹²

Fig. No 1.- Órganos genitales de la cerda vista dorsal³⁵



1, labio de la vulva; 2, glánde del clitoris; 3, vulva; 4, orificio uretral externo; 5, vagina; 5', cuello del útero; 6, cuerpo del útero; 7, cuernos del útero, uno de los cuales ha sido abierto 7' para mostrar los pliegues de la membrana mucosa; 8, trompa uterina; 8', orificio abdominal de la trompa; 9, 9', ovarios; 10, bolsa ovárica; 11, 11', ligamentos anchos del útero; 12, vejiga urinaria. (del Atlas de Leisering.)

El infundíbulo es la porción adyacente al ovario y del cual se proyecta la fimbria, que está formada por prolongaciones digitiformes que tienen como finalidad la captura el óvulo. El ámpula es la dilatación del oviducto que se extiende desde el infundíbulo hasta el istmo, por su pared es delgada y el diámetro de su luz es grande. En el ámpula se lleva a cabo la fertilización. El istmo es la parte del

oviducto que comunica con el útero a través del orificio tubarico-uterino, y se caracteriza por una pared ancha y una luz reducida.³⁵

Principales funciones del oviducto.

Transporte de gametos. Transporta el óvulo y los espermatozoides simultáneamente en direcciones opuestas. La transportación del óvulo ocurre a través de las células altamente ciliadas de la fimbria y del infundíbulo y la de los espermatozoides es a través de contracciones peristálticas de la túnica muscularis del istmo. Los cigotos permanecen en el oviducto alrededor de 3-4 días antes de ser transportados al útero (también por función del oviducto). La unión uterotubal controla, en parte, el transporte de espermatozoides desde el útero hasta el oviducto.

- **Mantenimiento del cigoto.** El fluido del oviducto provee un ambiente adecuado para la fecundación y para las divisiones iniciales del cigoto. El volumen de fluido secretado por ambos oviductos varía a través de las diferentes fases del ciclo estral. El volumen es bajo durante la fase luteal, aumenta cuando inicia el estro, llega a su máximo un día después del estro, y luego disminuye a los niveles característicos de la fase luteal.
- **Fecundación.** Ocurre generalmente en el ámpula del oviducto.
- **Mantenimiento de los espermatozoides.** En algunas especies, el fluido del oviducto tiene una influencia directa en la respiración de los espermatozoides y en el inicio del desarrollo embrionario inicial. La presencia de proteínas únicas especializadas en el fluido del oviducto

implica que las células epiteliales secretoras del oviducto pueden estar envueltas en una actividad secretora específica.

Las contracciones del oviducto facilitan el mezclado del contenido del oviducto, ayudan a despojar el óvulo de sus capas externas, promueven la fecundación aumentando las probabilidades del contacto entre el huevo y los espermatozoides, y regulan parcialmente el transporte del óvulo. La peristalsis del oviducto tiende a atrasar ligeramente el progreso del óvulo en vez de transportarlo.

Ovario

Los ovarios de la cerda son un par de órganos fluctuantes, situados detrás de los riñones. En la cerda inmadura los ovarios son ovalados, con un peso de 3,5 a 10 gramos y miden de 3 a 5 centímetros, a la madurez tienen apariencia de mora debido a los múltiples folículos y/o cuerpos lúteos (CL), los folículos ováricos porcinos miden normalmente entre 7 y 8 mm., y los CL entre 12 y 15 mm. de diámetro.^{12, 35}

Los ovarios cumplen dos funciones primordiales:

1. Producción de hormonas (secreción endocrina).
2. Producción de células germinales u óvulos (secreción exocrina), por está razón los ovarios pueden considerarse como glándulas anfocrinas.

Una cerda puede ovular de 10 a 30 óvulos durante el mismo estro.

Histología del ovario

El ovario es un órgano parenquimatoso, en el que pueden observar dos porciones: una cortical externa y una medular interna. A la zona cortical o corteza se le denomina también zona parenquimatosa, por la presencia de estructuras

funcionales como son: Folículos en desarrollo, folículos atrésicos, cuerpos hemorrágicos, cuerpos lúteos funcionales y en regresión. La zona medular se denomina a su vez zona vascular, ya que en esta región del órgano se encuentran los vasos sanguíneos, nervios y tejido conjuntivo, así como restos embrionarios de la red ovárica.³⁵

Corteza

En la corteza pueden observarse las siguientes estructuras histológicas:

Epitelio superficial o germinativo.

Folículos en diferentes estados de maduración.

Cuerpos lúteos en diferentes estados de desarrollo o regresión.

Epitelio superficial. El epitelio superficial del ovario es de tipo cúbico simple, siendo una modificación de la capa visceral del peritoneo que protege al ovario, y a su vez se continúa con el mesovario que es la porción del ligamento ancho del útero que sostiene al ovario (figura 3).

Folículos en diferentes estados de desarrollo. Las células germinales están rodeadas de diversas estructuras, que en conjunto reciben el nombre de folículos, los cuales de acuerdo a la etapa de desarrollo en que se encuentran se clasifican en primordiales, secundarios, terciarios, maduros o de Graaf, y folículos a trésicos.

Folículos primordiales

Los folículos primordiales son el único tipo de folículos presente en hembras antes de la pubertad. Tienen una estructura constituida por un ovocito primario (detenido en la metafase de la primera división meiótica), rodeado de una sola capa de células aplanadas, llamadas células foliculares. Sin embargo, al llegar a la pubertad se desarrollan otros tipos de folículos a partir de los folículos

primordiales: folículos primarios, secundarios, terciarios y maduros o de Graaf (Fig.2).³⁵

Folículos primarios

Contienen un ovocito primario rodeado por varias capas de células foliculares, que en vez de ser aplanadas se han transformado en cúbicas (figura 3).¹²

Folículos secundarios

Contienen un ovocito primario rodeado por varias capas de células foliculares (Fig. 2), llamadas ahora células de la granulosa, las que se encuentran separadas del ovocito por una cubierta mucoide que rodea a éste, llamada zona pelúcida, y que esta formada por glicoproteínas producidas por el ovocito.¹²

La zona pelúcida es atravesada por las microvellosidades de las células de la granulosa más cercanas al ovocito, de tal forma que se establece una comunicación funcional entre el ovocito y las células de la granulosa que lo rodean. Además, el folículo secundario presenta externamente una capa de células de la teca, que se forman a partir de la diferenciación de las células del estroma que rodean a los folículos. Es posible distinguir una teca interna vascularizada y una teca externa fibrosa.¹²

Folículos terciarios

Al desarrollarse el folículo secundario, las células de la granulosa producen líquido folicular en respuesta a las gonadotropinas. El líquido se almacena paulatinamente en el espacio intercelular, formando fisuras entre ellas, las cuales se van uniendo hasta construir una cavidad (antro folicular). Los folículos con antro se denominan folículos antrales o terciarios.¹²

Folículo maduro o de Graaf

Conforme el folículo terciario continúa almacenando líquido, llega a crecer a tal grado que protuye sobre la superficie del ovario. En este momento se le denomina folículo maduro o de Graaf.¹²

Como respuesta al pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH) poco antes de la ovulación se reanuda la meiosis del ovocito primario, lo que resulta en la formación del ovocito secundario y del primer cuerpo polar.¹² El ovocito secundario vuelve a quedar suspendido en la segunda división meiótica, estado en el que es expulsado durante la ovulación. Al ser expulsado, el ovocito secundario permanece rodeado por la zona pelúcida y una capa de células de la granulosa denominada corona radiada.³⁵

Folículos atrésicos

No todos los folículos primordiales que comienzan a desarrollarse logran madurar hasta llegar a la ovulación; de hecho sólo un número reducido de éstos lo logra. El resto de los folículos no ovulados degenera progresivamente, mecanismo que se conoce como atresia folicular. Existen dos tipos de atresia folicular: a) la atresia quística, cuando un proceso de degeneración del folículo mantiene por cierto tiempo el antro folicular antes de desaparecer, y b) atresia obliterativa, en la cual rápidamente desaparece el antro folicular.^{12, 35}

Estructuras no foliculares

Cuerpo hemorrágico

Se forma después de la ovulación, al producirse la ruptura de la pared ovárica y por ende de los vasos sanguíneos, por lo que el folículo se llena de sangre, dando origen al cuerpo hemorrágico, a partir del cual se formará el cuerpo lúteo al ser invadido el coágulo por células de la granulosa y de la teca.

Fig. No 2.- Folículo de De Graaf y su estructura

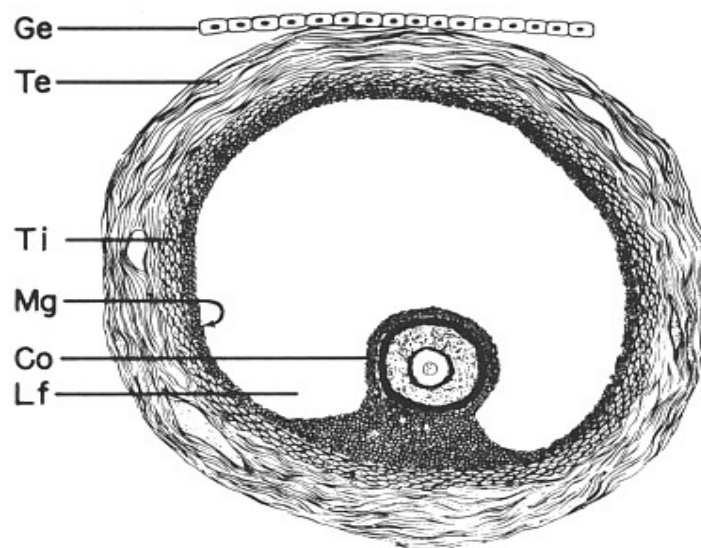


Ilustración del folículo de De Graaf.
Co, cumulus oophorus; Ge, epitelio germinal;
Lf, licor folicular; Mg, membrana granulosa;
Te, teca externa; Ti, teca interna.

En Reproducción de los mamíferos. C.R. Austin y
R.V. Short (eds.) Cambridge, Prensa de la
Universidad de Cambridge.

Cuerpos lúteos en diferente estado de desarrollo o regresión

Las células del cuerpo hemorrágico que correspondían (Fig. 3) a las de la granulosa y a las de la teca interna comienzan una transformación denominada luteinización que consiste en el aumento de volumen (hipertrofia) y del número de las células (hiperplasia), las cuales además sufren modificaciones bioquímicas y morfológicas. El proceso de luteinización da por resultado el desarrollo de células con capacidad esteroideogénica, ahora reciben el nombre de células lúteas. La estructura que se forma por la inacción del cuerpo hemorrágico con células lúteas se conoce como cuerpo lúteo.³⁵

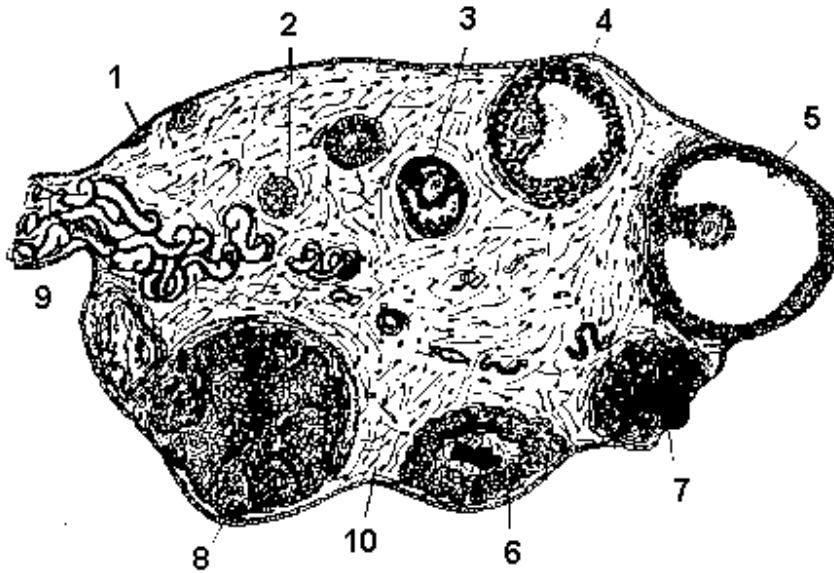
En el cuerpo lúteo pueden distinguirse dos tipos de células lúteas:

a) Células lúteas grandes, se originan a partir de las células de la granulosa, y son células poligonales con núcleos esféricos prominentes y vesiculares que producen Oxitocina.

b) Células lúteas pequeñas, se forman a partir de las células de la teca interna y generalmente se encuentran en la periferia del cuerpo lúteo, formando pequeños grupos celulares (son las responsables de producir la Progesterona. Los cuerpos lúteos permanecen en los ovarios por 15 días aproximadamente, pero si ocurre la gestación persisten hasta el momento del parto.³⁵

Cuerpo blanco. Si no se presenta la gestación, el cuerpo lúteo desarrolla regresión (lúteolisis), ocurriendo proliferación del tejido conjuntivo, formándose una cicatriz denominada cuerpo blanco, que está será reabsorbida paulatinamente.³⁵

Fig. No 3.- Secuencia de la maduración folicular y la formación del cuerpo lúteo



- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1) Epitelio germinativo. | 6) Cuerpo amarillo con fibrina y coágulo sanguíneo central. |
| 2) Folículo primario. | 7) Cuerpo lúteo hemorrágico. |
| 3) Formación del folículo cavitario. | 8) Cuerpo lúteo completamente formado . |
| 4) Folículo próximo a la maduración. | 9) Vasos sanguíneos. |
| 5) Folículo maduro. | 10) Tejido conectivo. |

ANATOMIA DEL MACHO

El aparato reproductor del macho consta de: testículos, conductos espermáticos, vesículas seminales, la próstata, las glándulas de Cowper, la uretra y el pene (Fig. 4).³⁶

Testículos

Están localizados dentro del escroto, el cual es una estructura derivada de la piel, los testículos son órganos exocrinos y endocrinos. La función exocrina es la producción celular (espermatozoides) y la función endocrina es la producción tanto de las células de Leyding como de Sertoli.^{12, 36}

Los testículos, están envueltos por una cápsula, la túnica albugínea, la cual está compuesta por tejido conjuntivo denso, a su vez esta túnica la cubre la capa visceral de la túnica vaginal, de la túnica albugínea se producen los tabiques o estratos que en el caso del verraco son profundos y gruesos, y que por la parte medial del testículo se unen y forman lobulillos.¹

En los lobulillos testiculares que se forman están los túbulos seminíferos, los cuales se originan desde el mediastino testicular en forma de espiral como adenómeros tubulares. Los túbulos están revestidas por un epitelio estratificado que consiste de tres partes o zonas: basal, intermedia y superficial. Las células estratificadas son las células espermatogénicas (células germinales) y las células de Sertoli.^{35, 36}

Las espermatogonias son las células más inmaduras de la línea germinal y se ubican sobre la membrana basal, se dividen por mitosis para producir los espermatoцитos primarios, los cuales son células más voluminosas que dan paso

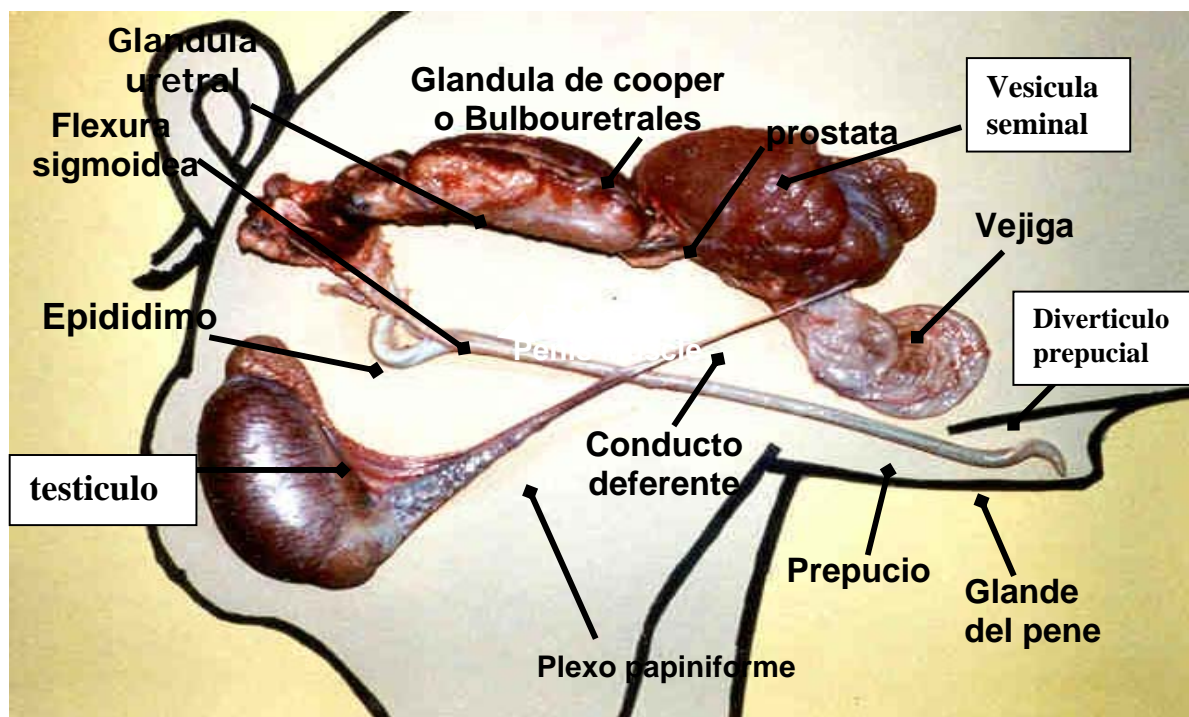
ala primera división meiótica a los espermatocitos secundarios y estos a las espermatídes, las cuales son células haploides que en estadios tempranos se caracterizan por su forma esférica y sus núcleos pálidos, forman grupos celulares en el borde del epitelio seminífero, las espermatídes tardías poseen núcleos pequeños y oscuros cuando estas se liberan a la luz tubular se le denominan espermatozoides.³⁵

Las líneas celulares espermáticas no son idénticas entre sí, existen diferencias entre los diferentes segmentos, y dan origen a diferentes tipos de asociación celular.³⁵

Por otra parte, las células de Sertoli se encuentran en menor cantidad que las células germinales, tienen núcleos pálidos de forma oval o triangular con frecuentes escotaduras y nucleolos prominentes. Por fuera de la membrana basal del túbulo seminífero existen células planas y contráctiles denominadas células mioideas. El tejido conectivo que separa los túbulos seminíferos contienen células poliédricas productora de testosterona, las células intersticiales (o de Leyding), con núcleo esférico y su citoplasma acidófilico, con aspecto espumoso.¹²

En la porción terminal de los túbulos seminíferos disminuye el número de células germinales y aumenta el de las células de Sertoli, existiendo un segmento donde solo se encuentran estas últimas, y es donde se une el túbulo seminífero con el túbulo recto, el cual tiene un epitelio simple en el caso del verraco y en los bordes apicales presentan vesículas, estos túbulos desembocan en una red de canales anastomóticos conocidos como *rete testis*, la cual está revestida por un epitelio plano o cúbico simple.³⁵

Fig.No.- 4. Genitales del verraco



Conductos genitales

De la *rete testis*, se originan los conductos eferentes, los cuales conectan la red testicular con el conducto del epidídimo. Los conductos eferentes varían en cantidad de 6 a 20 conductos de forma de espiral. Poseen un epitelio cilíndrico simple o pseudoestratificado con algunas células ciliadas, las cuales forman una corriente la cual facilita el movimiento de los espermatozoides hacia los grandes conductos. Las porciones contorneadas y ampliadas de estos túbulos conectan con el conducto epididimario y construyen la cabeza de este órgano.³⁶

Conducto del epidídimo

Es un tubo espiral que junto con el tejido conjuntivo y músculo liso, forman la cabeza, cuerpo y cola del epidídimo. Este se continúa con el conducto deferente.³⁶

El conducto epididimario sigue un trayecto en zigzag y su estructura varía en los diferentes niveles del epidídimo. El epitelio que lo reviste es cilíndrico pseudoestratificado con estereocilios, alcanzan su mayor altura a nivel de la cabeza del epidídimo para disminuir paulatinamente hacia la cola. El conducto está rodeado por una capa de células musculares lisas, delgadas a nivel de la cola. La túnica de la submucosa es de tejido conjuntivo areolar en la parte central y de tejido conjuntivo denso en la periferia, la cual es una continuación de la túnica albugínea. Los espermatozoides se almacenan en el epidídimo durante su maduración.³⁵

Conducto deferente

Une el conducto epididimario a la uretra pélvica. Está revestido por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado que se convierte en cilíndrico simple en la porción distal. La lámina propia de la submucosa es de tejido areolar. La mucosa está muy plegada. La túnica muscular es gruesa y con dos capas distintas: interna y externa con fibras entremezcladas en cada capa, sin distinción entre ellas.³⁶

Glándulas sexuales accesorias

Las glándulas genitales accesorias incluyen las glándulas ampulares, glándulas vesiculares, glándulas prostáticas y glándulas bulbouretrales. En general son glándulas tubulares o tubuloacinares ramificadas que a menudo presentan dilataciones vesiculares.³⁵ El epitelio secretor de estas glándulas se clasifica como

pseudoestratificado porque aun cuando sus células principales son columnares (a veces cúbicas como en la próstata), se observan células basales ocasionales.³⁶

Estas secretan líquidos serosos y mucosos, los cuales llevan a cabo diversas funciones. Al unirse estas secreciones, sirven como alimento para los espermatozoides eyaculado, limpia y lubrica el conducto uretral, sirve como vehículo de los espermatozoides a sí como para formar un tapón en los órganos de la hembra para la fertilización.³⁵

Glándulas ampulares

Cerca de su desembocadura en la uretra, los conductos deferentes se dilatan para formar el ampula del conducto deferente, son ramificadas de tipo tubular, con dilataciones saculoides, de epitelio columnar simple.³⁶ En el caso del verraco se considera que estas ámpulas son poco desarrolladas. Secretan un líquido seroso blanco.¹

Glándulas vesiculares

También llamadas vesículas seminales, son estructuras verdaderamente vesiculares donde los adenómeros se abren en la luz del saco en forma de vejiga o vesículas. En el verraco son glándulas compactas de superficie lobulada, con epitelio glandular columnar simple, es una estructura de forma de piña.³⁵ Su secreción es blanquecina, gelatinosa que sirve como vehículo y contiene grandes cantidades de fructuosa la cual se usa como fuente de energía para el espermatozoide eyaculado.¹

Próstata

Es una glándula seromucosa que consiste en dos partes: cuerpo y la porción diseminada. En el caso del verraco se considera mayormente una porción

diseminada, cuyos adenómeros se distribuyen en la submucosa de la uretra pelviana.³⁵

La próstata es una estructura túbulo alveolar compuesta, que esta revestida por células secretoras en forma cuboidal y por un epitelio de transición al unirse a la uretra.^{35, 36}

La porción diseminada se localiza en la parte dorsal de la uretra y se extiende lateral y ventralmente para cubrir totalmente la uretra. Su secreción tiene la función de incrementar la motilidad espermática, así como contribuir con la formación del tapón vaginal.¹

Glándulas bulbo uretrales

Se conocen también como glándulas de Cowper. Son glándulas pareadas que se localizan dorso-lateral a la uretra pélvica. Son túbulo-alveolares compuestas. Es un órgano con cápsula de tejido conjuntivo denso con músculo liso. Su secreción es para limpiar y lubricar la uretra.¹²

Uretra

La uretra transporta tanto la orina como el semen y puede dividirse en una porción pelviana y una peneana.¹² La uretra pelviana está revestida por un epitelio de transición que puede hacerse cilíndrico o cúbico estratificado hacia la porción distal. El tejido conectivo subepitelial a todo lo largo de la uretra contiene tejido eréctil con espacios cavernosos (venas) de pared fina.³⁵ En la uretra pelviana este tejido forma el estrato cavernoso (vascular). Por fuera de este se ubica la próstata, cerca de la vejiga la tunita muscular de la uretra presenta dos capas longitudinales, interna y externa y una capa media circular de músculo liso.¹²

La uretra peneana corre por la cara ventral del pené, esta revestida por una combinación de epitelio de transición, estratificado cúbico y cilíndrico simple. Los espacios cavernosos más grandes forman el cuerpo esponjoso que esta rodeado por una túnica albugínea. A excepción de unas pocas fibras musculares lisas, la pared de la uretra peneana carece de túnica muscular.³⁵

Pene

Consta de un cuerpo y un glande. Por ambas regiones pasa la uretra peneana con su cuerpo esponjoso. El cuerpo del pene, se caracteriza por poseer dos estructuras de tejido eréctil denominados cuerpos cavernosos. Cada cuerpo está revestido por una túnica albugínea de tejido conectivo denso con fibras elásticas. La túnica es especialmente gruesa en el verraco y contiene fibras musculares lisas. La túnica profundiza y forma una red de trabéculas entre las que se ubica el tejido eréctil esponjoso. Los espacios cavernosos reciben sangre de las arterias, las paredes de estos vasos poseen engrosamiento semejante a almohadillas constituidas por asas longitudinales de fibras musculares lisas y células epiteliales con fibras elásticas. La porción distal del pene, el glande, es de forma de tirabuzón en el verraco.³⁵

Prepucio

Es un pliegue tubular de la piel que cubre el extremo libre del pene. Consta de dos porciones una parietal y otra visceral, la primera de las cuales presenta dos capas, externa e interna. La capa externa de la hoja parietal es una piel típica que continua con la piel abdominal. El orificio prepucial se refleja hacia dentro y forma una capa interna del prepucio parietal que a su vez, se refleja hacia delante y se inserta en el extremo del pene formando la capa visceral del prepucio, hacia la

parte superior forma un pliegue cerrado a modo de saco ciego, llamado divertículo prepucial, en ese sitio se acumula materia orgánica.¹

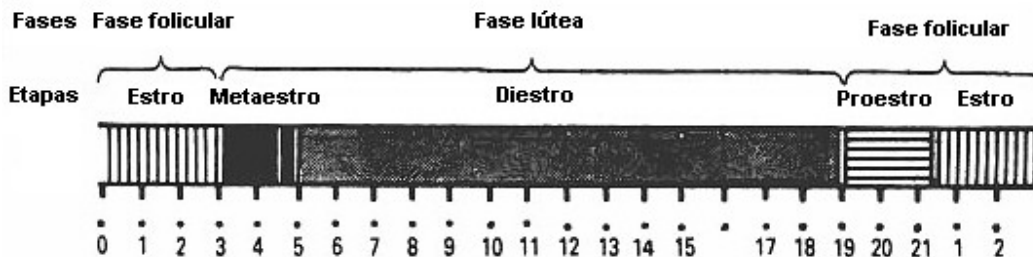
CICLO ESTRAL DE LA CERDA

El ciclo estral es un proceso biológico y fisiológico que tiene como finalidad preparar las condiciones para que ocurra la monta, fertilización, la anidación y el desarrollo del feto.³⁶

La cerda presenta ciclos estrales a lo largo de todo el año, por lo que se clasifica como hembra poliestrica continua. Estos ciclos se interrumpen durante la gestación, la lactancia y hasta siete días después del destete; algunas alteraciones endocrinas también inhiben su presentación.^{12, 36}

Etapas del ciclo estral

El ciclo estral de la cerda dura 21 días, con un intervalo de variación de 18 a 24 días; a lo largo de estos 21 días se reconocen dos fases y cuatro etapas, como lo muestra la figura



Cambios que ocurren durante el ciclo estral

Proestro

La duración del proestro es de dos a tres días y se caracteriza por el crecimiento folicular. Entre 10 y 20 folículos crecen rápidamente, al tiempo que hay un descenso en el número de folículos más pequeños. Durante esta etapa, la progesterona desciende a su nivel más bajo. El nivel de estrógenos aumenta a causa del crecimiento folicular, lo cual provoca el incremento del tamaño e

hiperemia de la vulva. Estos cambios de la vulva se pueden apreciar entre 2 y 6 días antes del celo y son más evidentes en la hembra primeriza.¹

Los cambios en el comportamiento son graduales. La cerda se muestra alerta, busca al verraco y esta atenta a los movimientos de la explotación. Puede adoptar una actitud de macho y trompear e intentar montar a otras hembras. Atrae al verraco, pero no lo acepta.³⁶

Estro

El primer estro, generalmente ocurre entre los 5 y 8 meses de edad y está influenciado por muchos factores externos e internos. Se presenta una gran cantidad de cambios que se manifiestan gradualmente en el cerebro, ovarios y tracto reproductivo, los cuales preceden la manifestación de la pubertad.⁵

El estro (celo) dura de 2 a 3 días. De acuerdo con su presentación durante la vida de la cerda, se clasifican en:

- a) Puberal: es el primer estro e indica el inicio de la pubertad.
- b) Postpartum: se presenta de 1 a 3 días después del parto y generalmente es anovulatorio.
- c) Posdestete: ocurre al 7.5 ± 2.5 días después del destete.
- d) Recurrente: el que se presenta durante el periodo no lactante hasta la concepción.

Durante el estro, los folículos maduros alcanzan un tamaño de 9 a 11 Mm. y casi al final de esta etapa ocurre la ovulación.³⁶

En esta etapa, el tamaño de la vulva disminuye. En ocasiones se puede observar la salida de un líquido mucoso opalescente a través de los labios. La cerda se muestra in quieta, atenta a todo lo que ocurre a su alrededor; busca intensamente

al verraco o al personal de la explotación, emite gruñidos similares a los del macho, su apetito disminuye y se deja montar.¹

En presencia del macho, la cerda centra su atención en él, dirige sus orejas en esa dirección, se le aproxima y desarrolla el fenómeno de inmovilización, que consiste en que la cerda permanece quieta, arquea el dorso y permite la monta.

El inicio del celo coincide con el momento de la liberación del pico ovulatorio de LH.³⁶

Metaestro

Durante los dos días siguientes al estro se forman los cuerpos lúteos a partir de la teca interna y la granulosa. En un principio, se les denomina cuerpos hemorrágicos, ya que la sangre ocupa el interior del folículo colapsado. Con la formación de los cuerpos lúteos se inicia la producción de progesterona.¹²

Diestro

Durante esta etapa, que es la más larga del ciclo, los cuerpos luteos alcanzan su máximo desarrollo y reciben un considerable aporte sanguíneo. Al mismo tiempo en el ovario existen alrededor de 50 folículos pequeños e inmaduros.

En esta etapa la hormona que predomina es la progesterona, hasta que se producen la regresión de los cuerpos luteos.³⁶

Mecanismo luteolítico

Hacia el final del diestro, entre los días décimo cuarto y decimosexto del ciclo, ocurre la regresión de los cuerpos lúteos en ausencia de la preñez (Cuadro 1). La prostaglandina F2 alfa luteolítica empieza a producirse el día 11, pero los cuerpos lúteos son susceptibles a su acción a partir del día 12 o 13.

Por esta razón las prostaglandinas no se utilizan para sincronizar el celo en cerdas. La prostaglandina F2 alfa llega al ovario tanto a través de una vía local (de la vena uterina a la arteria ovárica) como por una vía sistémica (a través de la circulación general). Así, la lúteolisis se efectúa por una vía combinada.³⁶

Endocrinología del ciclo estral

El cuadro N° 1 Resume la endocrinología del ciclo estral.

Estrógenos

Durante el proestro, el nivel de estrógenos aumenta gradualmente hasta alcanzar su pico de secreción al final de esta fase. Este aumento coincide con el descenso del nivel de progesterona. Durante el estro, el nivel de estrógenos desciende y permanece bajo durante la fase lútea del ciclo.

Los estrógenos provocan que la cerda entre en celo e inducen la liberación de LH, con lo cual se terminan el momento de la ovulación.³⁶

Progesterona

El nivel de esta hormona es bajo durante la fase folicular del ciclo. Al iniciarse la fase lútea, aumenta gradualmente y presenta un pico en su secreción a la mitad del diestro, entre los días 8 y 12 del ciclo. Su nivel desciende de manera precipitada durante los días 14 y 18 del ciclo.

Existe relación positiva entre el número de cuerpos luteos y la cantidad de progesterona secretada.³⁶

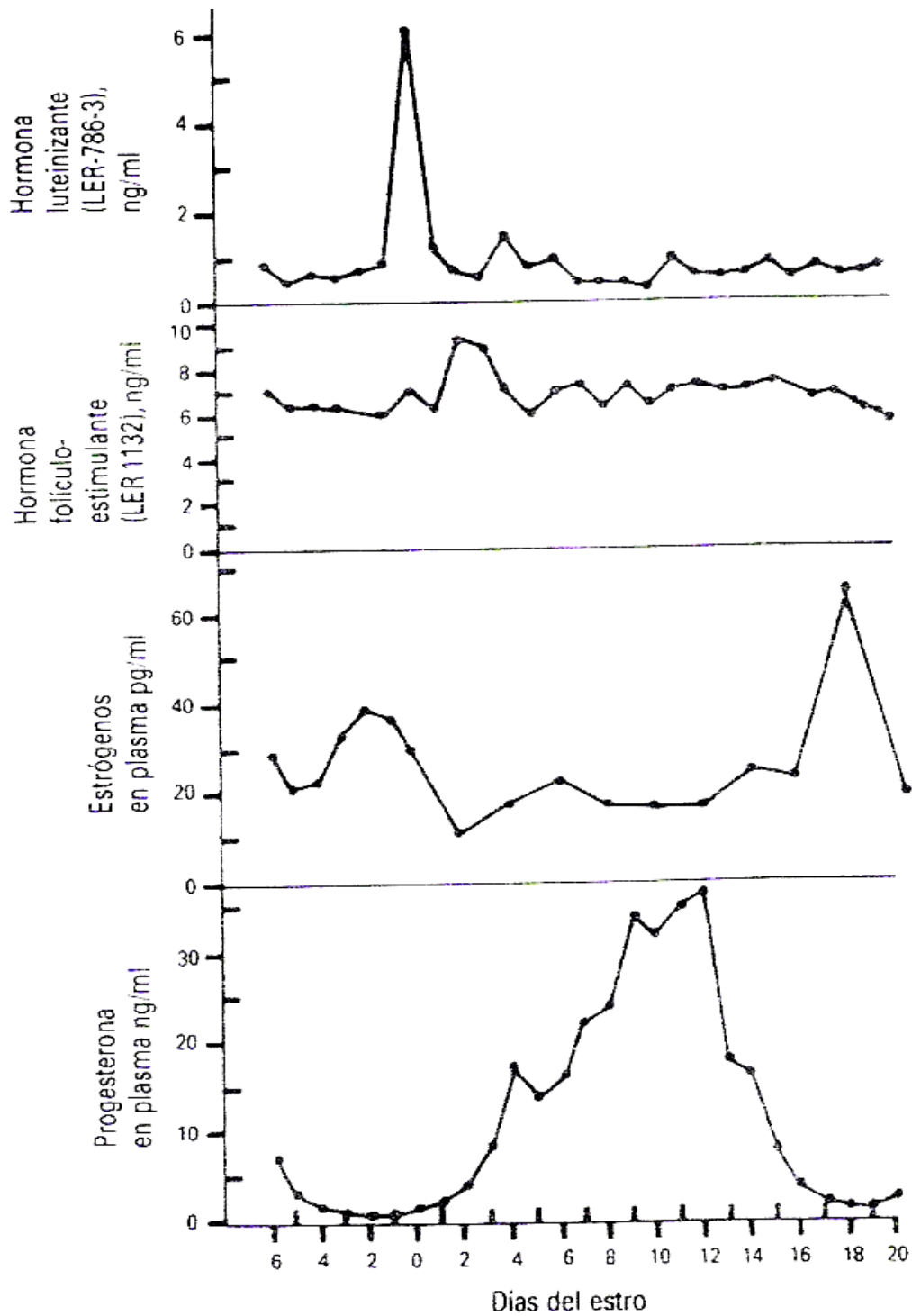
LH y FSH

La FSH provoca el desarrollo folicular y la LH el crecimiento y madurez que les permite llegar a la ovulación.⁵

La adenohipófisis sintetiza LH durante la fase lútea, pero la secreta en cantidades mínimas.⁵ La liberación del pico ovulatorio de la LH coincide con el inicio del estro; después de ese brusco incremento, su nivel desciende y permanece a niveles basales durante el resto del ciclo.³⁶

La FSH presenta un pico de secreción en el plasma periférico dos o tres días después del comienzo del celo.³⁶

Cuadro No 1.- Concentraciones de hormonas en el transcurso del ciclo estral de la cerda



RECOLECCIÓN DEL SEMEN

Entrenamiento del verraco

Se lleva al verraco hacia la cerda maniquí (potro) en el área de recolección, para el cual se utiliza un “potro” construido con una estructura metálica, forrado de tela o alfombra y que pueda ser ajustable a diferentes alturas (Fig.5).¹²

El entrenamiento consiste en sacar diariamente al cerdo, de preferencia a la misma hora todos los días y llevarlo al área de recolección por no más de 20 minutos.¹

Dentro del proceso de entrenamiento se deben tomar en cuenta algunos aspectos como son los siguientes:

- El potro debe de ser de altura adecuada, con un poco de movimiento, para llamar la atención del verraco.
- Una vez que el cerdo ha intentado subirse, es importante no interrumpir el entrenamiento.
- Colocar al macho en un corral adyacente al del potro y permitir que observe la colección en un verraco ya entrenado, esto lo estimulará, y empezará a conocer el área.
- Durante las primeras colecciones, debe tenerse especial cuidado para no causar daño en el pene, por ejemplo, algún roce con el potro o demasiada presión, también debe evitarse interrumpir la colección.

Fig. No 5.- Área de recolección y maniquí



La mejor manera de adiestrar a un verraco nuevo para que monte el maniquí es inmediatamente después de que otro cerdo lo ha hecho, ya que los verracos que observan a otros montar cerdas vivas o maniqués tienen mayor libido o impulso sexual y se ha demostrado que la estimulación sexual del cerdo antes de la recolección del semen incrementa el número de los espermatozoides en el eyaculado.¹²

Las primeras eyaculaciones del cerdo normalmente no se colectan, debido al alto porcentaje de espermatozoides inmaduros; a partir de la segunda colecta se comienza a evaluar el semen. Si por algún motivo un semental no es colectado durante 15 días o más, se recomienda no utilizar ese semen para la IA, únicamente para evaluación, ya que el porcentaje de anomalías es elevado.¹

Material para la recolección del semen:

- Termo. Éste puede ser de los que se utilizan para transportar alimentos.
- Vaso de Berzelius graduado, sin pico, o una bolsa de plástico, teniendo cuidado de graduarla perfectamente.
- Embudo. Generalmente son de plástico, de unos 8 cm. de diámetro, como el termo.
- Gasas. Éstas deben ir dobladas en dos dentro del embudo, para evitar que pase la tapioca (ultima fase del eyaculado) junto con el semen, generalmente se ponen dos y una tercera que se amarra al embudo.
- Sanitas. Estas son toallas de papel que sirven para evitar el escurrimiento de líquido proveniente de los divertículos prepuciales hacia la mano.

Métodos para la recolección del semen

Una vez que se tienen a los animales seleccionados y entrenados para trabajar se procede a la recolección.

Existen varios métodos para la obtención del semen.

- Vagina artificial.
- Electroeyaculación.
- Mano enguantada

El primer método muy pocas personas lo llevan a cabo, por lo que esta prácticamente en desuso.²¹ La electroeyaculación se justifica solamente en los sementales imposibilitados para la monta y cuyo semen sea muy valioso (de alta

genética). La técnica mas recomendable, por su facilidad y economía, es la de “mano enguantada” como se muestra en la Figura 6.¹

Método de la mano en guantada

Es la mas recomendable por su facilidad y economía la cual es ayudada por la utilización del potro, el verraco desenvaina y, utilizando un guante de polivinilo o plástico desechable, aunque se recomiendan dos y se quita el de enzima solo antes de agarrar el pene, se ejerce presión sobre la porción espiral del pene, procurando que los dedos se ajusten a los surcos del pene.¹

Fig. No.- 6 Extracción de semen con mano enguantada



Antes de la eyaculación, es de suma importancia haber exprimido los divertículos prepucales, los cuales contienen residuos de orina que pueden contaminar el semen con mucha facilidad, debido a su alto contenido bacteriano, esto debe

realizar con la mano opuesta a la que va a sostener el pene para evitar cualquier tipo de contaminación.¹

El operador se coloca a la derecha del maniquí y cuando asoma el extremo del pene, lo agarra fuertemente del tirabuzón siguiendo sus movimientos antero posteriores sin forzarlo y, en el momento en que éste se encuentra totalmente erecto, se fracciona dando comienzo a la eyaculación. Para excitar mejor al verraco se pueden hacer contracciones con la mano.²¹

El extremo del pene se agarra con el pulgar por la base y la parte posterior del tirabuzón, mientras con los dedos índice y medio se siguen los surcos que lo rodean quedando la palma de la mano en la parte superior (Figura 7). En ocasiones, los movimientos rotatorios no permiten agarrar el pene con facilidad y si el verraco comienza a eyacular, aunque la posición de la mano no sea correcta, se debe mantener esta forma a pesar de no ser la más óptima, puesto que durante la eyaculación no debe cambiarse la posición de la mano, ya que si el verraco no siente bien fijada la extremidad del pene se excitaría nuevamente con movimientos rotatorios y golpes de riñón siendo difícil fijarlo de nuevo.²¹

Fig. No 7.- posición de la mano para la extracción del semen¹



En cuanto a la presión, no se aplica la misma en todos los sementales, unos necesitan más que otros, esto lo determina la experiencia del técnico, siendo importante no lastimarlo. Al igual que ocurre con la presión ejercida para la eyaculación, el tiempo que toma alcanzar la eyaculación puede ser desde 6 hasta 25 minutos, esto no es una característica de la raza, sino que es propia de cada verraco.¹

Durante la eyaculación es importante no desviar el pene dándole direcciones defectuosas, por que podría ponerse en contacto con las gasas del termo y estas podrían lastimarlo, lo cual causará dolor al verraco y la eyaculación puede verse interrumpida.^{1, 21}

La tapioca del eyaculado se debe filtrar con una gasa para evitar la masa gelatinosa que produce esta secreción procedente de las glándulas de Cowper, la cual sería causa de obstrucción del material utilizado en la inseminación.¹

Al término de la eyaculación el verraco se relaja descendiendo poco a poco del maniquí. En ocasiones del animal queda algo inmóvil, pero no conviene forzarlo para que regrese a su corral esperando con un poco de paciencia a que se recupere.²¹

El eyaculado del cerdo tiene, aunque no están delimitadas, tres fracciones.

- **Preespermática.** Contiene alta carga contaminante, es transparente, líquida y de escaso volumen, 10 – 15 ml aproximadamente.
- **Espermática.** O rica en espermatozoides, es de color blanco, muy densa y de consistencia lechosa, de volumen aproximado de 100 ml.
- **Posespermática.** Es pobre en espermatozoides, “tapioca”, es de color transparente, con grumos gelatinosos producidos por las glándulas bulbo uretrales (o de Cowper) y gran cantidad de plasma seminal (secreción que sirve de vehículo a los espermatozoides, aportándoles nutrientes y factores antimicrobianos e inmunodepresores) que se derivan principalmente de las vesículas seminales y de la próstata.^{12, 35}

Las vesículas seminales proveen la mayor parte de la proteína y fructosa del eyaculado, mientras que las secreciones prostáticas son altas en electrolitos, los cuales aumentan la motilidad espermática.¹²

De las fracciones del eyaculado, pueden ser colectadas tanto la fracción espermática como la Posespermática. Es importante manejar la evaluación del

semen con rapidez y eficacia, a fin de evitar una disminución acelerada de temperatura, esto puede evitarse al agregar unos 100ml del diluyente, previamente calentado a 35 c°, al vaso colector.¹

El plasma seminal ha sido investigado con resultados que sostienen que no hay ningún compuesto del mismo que sea imprescindible para la fertilización, pero ay algunos componentes que son de importancia potencial, aunque su función no está claramente definida. A si mismo han investigado los factores que controlan el proceso de transporte espermático en el ganado porcino, observando la existencia de elevados niveles de estrógenos testiculares en el plasma sanguíneo y seminal son muy importantes para la función reproductiva, tanto en el macho como en la hembra. La presencia de estrógenos seminales aumenta la frecuencia de las contracciones uterinas y probablemente mejora el transporte espermático.¹

Es recomendable que la persona que realice la colección no sea la misma que lleve acabo la evaluación, ya que de esta manera el proceso colección – evaluación será mucho más rápido e higiénico, más aun si son varias colecciones las que se realizan durante el día. Después de cada colección, debe lavarse el área del potro, esto con dos propósitos, el primero, facilita la eliminación de la tapioca, ya que esta una vez seca dificulta la tarea, y el segundo, evita que el animal próximo a ser colectado se distraiga.¹

EVALUACIÓN DEL SEMEN

Evaluación y fertilidad

Requisitos mínimos de una muestra de semen probablemente fértil de un verraco, incluye

1. Motilidad de por lo menos el 65%
2. Anormalidades morfológicas menores del 20%
3. Por lo menos 100 millones de espermatozoides por ml, un mínimo de 60 a 75 ml producidos por eyaculado.

Aspecto y volumen

Los parámetros por medio esperados son de 250 a 340 ml de volumen total, del cual cerca del 20% consiste en espermatozoides; la diferencia resultante son los líquidos pre espermáticos y pos espermáticos. La edad, estado de salud, ambiente, el procedimiento de recolección de semen, la estación del año, frecuencia de recolección y las diferentes razas influyen en el volumen total y la conservación de los espermatozoides.¹²

Edad. La producción de semen después de la pubertad es baja y se va incrementando hasta alcanzar el nivel máximo a los 24 meses de vida. La calidad del eyaculado es más o menos constante de los 12 a los 35 meses de edad, disminuyendo marcadamente después. Un macho joven no debe emplearse como reproductor hasta dos 8 mese de edad.¹

Estado de salud. Cualquier proceso infeccioso que produzca fiebre de 40°C originará una interrupción del proceso normal de espermatogénesis, misma que se

manifestará a los 40 a 45 días después, mediante eyaculados azoospermicos o con un incremento en la cantidad de anomalías de carácter primario.¹

Temperatura ambiental. Un incremento constante de ésta, por arriba de 28 °c puede traer una disminución en la cantidad de espermatozoides y del volumen del eyaculado acompañado de un aumento en la cantidad de anomalías en los espermatozoides, principalmente de la gota cito plasmática proximal, defectos de cola y cabezas anormales.¹

Frecuencia de eyaculación. Las eyaculaciones frecuentes y regulares disminuyen la cantidad total de espermatozoides. Un semental adulto no tiene problemas de fertilidad y nacimiento de lechones cuando monta o es colectado hasta seis veces por semana pero si las colecciones son seguidas puede disminuir la calidad del semen y afectar dichos parámetros.¹

Concentración espermática

La concentración en la fracción rica en espermatozoides del semen, se aproxima, a $6 - 10 \times 10^8$, espermatozoides por ml. mientras que la concentración final, preespermáticas y pos espermáticas son menores.¹²

DILUYENTES

Por diluyente entendemos la solución acuosa que permite aumentar el volumen de las células espermáticas y mantener el nivel de fertilidad adecuado.

Los espermatozoides se encuentran en el plasma seminal que suministra los nutrientes necesarios para mantener una elevada actividad metabólica necesaria para el proceso de transporte espermático a través del genital femenino. En el eyaculado, esta actividad metabólica solo puede mantenerse durante un periodo

de tiempo muy limitado, como es conocido desde los primeros estudios sobre la conservación del semen porcino para poder conservar los espermatozoides durante periodos prolongados es necesario que se reduzca la actividad metabólica de los espermatozoides, mediante la dilución en un medio adecuado y la reducción de la temperatura.⁸

Se recomienda que el diluyente sea preparado mínimo una hora antes de ser utilizado para lograr la homogenización de sus componentes. La capacidad "buffer" del diluyente requiere un mínimo de treinta minutos para activarse. Una vez diluido, es conveniente utilizarlo dentro de las 24 horas siguientes a su preparación.³⁵

Las peculiares particularidades que presenta el espermatozoide porcino hace que sea muy sensible al shock térmico,²⁶ que produce una alteración de la viabilidad espermática; la composición lipídica de sus membranas se ve afectada. Así, cuando se reduce la temperatura los movimientos laterales de los fosfolípidos que componen la membrana se ven reducidos y se producen separaciones de fases lipídicas, situación asociada a alteraciones irreversibles de las proteínas de las membranas. Todo hace que se altere la funcionalidad de la membrana espermática y la viabilidad celular se vea comprometida. Esta susceptibilidad al choque por frío, supone en la práctica que las muestras seminales deban ser conservadas a 15-20°C, ya que una reducción en la temperatura de almacenamiento limita la viabilidad de las muestras seminales.⁸

La conservación a estas temperaturas moderadamente reducidas limita la capacidad de almacenamiento de las muestras por una parte porque no puede reducirse el metabolismo celular y por otra porque no pueden controlarse las

condiciones microbiológicas con la misma efectividad de temperaturas inferiores (5°C).⁸

Por otro lado, el efecto de dilución lleva a que determinados compuestos presentes en el plasma seminal estén en muy bajas concentraciones en el semen diluidos y alteren la viabilidad espermática, como por ejemplo la reducción de la concentración de potasio (K⁺), o de proteínas plasmáticas. Estas pérdidas deben compensarse con la adecuada formulación del diluyente, así por ejemplo la adición de albúmina sérica bovina (BSA), ya que se ha demostrado que esta adición estimula la motilidad y mejora las tasas de fertilidad del semen.⁸

Funciones del diluyente

Para llevar a cabo su misión el diluyente debe aportar los nutrientes necesarios para el mantenimiento metabólico de la célula espermática (glucosa), la protección frente al shock térmico por frío, controlar el pH del medio, la presión osmótica y la inhibición del desarrollo microbiano.⁸

Nutrientes

El espermatozoide tiene capacidad de producir la energía necesaria para mantener su metabolismo celular y generar el movimiento del flagelo, principalmente a través de las vías glicolíticas. Estos procesos se desarrollan en las mitocondrias localizadas en la porción intermedia del espermatozoide. La fuente de energía más frecuentemente utilizada en la composición de los diluyentes es la glucosa, aunque se han usado otras (galactosa, fructosa, ribosa o trehalosa) sin que los resultados hayan superado a la glucosa.⁸

Regulación del pH

El pH del semen recién eyaculado se encuentra próximo a 7.4 ± 0.2 , al igual que otros fluidos orgánicos, y cuando se reduce este pH al mismo tiempo se reduce el metabolismo energético del espermatozoide y su motilidad. El metabolismo glicolítico siendo la glucosa el carbohidrato principal que desarrolla el espermatozoide hace que el pH intracelular disminuya y el metabolismo celular quede reducido. El ácido láctico es el principal metabolito de este proceso y ha sido utilizado como índice de calidad seminal.²⁸

La adición de agentes tamponadores ayudan, a controlar el pH del medio. Entre los agentes más simples se encuentran el bicarbonato y el citrato (sódico) que presentan una capacidad de tamponar limitada, mientras que otros tamponadores más complejos (TES, HEPES, MOPS, TRIS) pueden regular el pH en un rango más amplio y no son dependientes de la temperatura (MOPS y HEPES).

El pH de los diluyentes normalmente utilizados oscila entre 6.8 y 7.2, pero hemos de tener en consideración que el pH de estos medios no se estabiliza hasta pasado unos 60-90 minutos del inicio de la dilución en agua y que los distintos diluyentes presentan un diferente patrón de cambio de su pH a lo largo del tiempo.²² Por lo que se han de tomar las medidas oportunas en el proceso de preparación de los diluyentes antes de su uso, para evitar problemas en el proceso de conservación.⁷

Presión osmótica

El espermatozoide porcino presenta una presión osmótica de 290-300 mOsM, y es capaz de tolerar un rango de presiones osmóticas bastante amplio (240-380 mOsM). Diversos estudios han evaluado la tolerancia a diversas presiones

osmóticas, llegando a la conclusión que ni la motilidad ni la viabilidad espermática se ve afectada por la presión osmótica en rangos comprendidos entre 250 y 290 mOsm,⁷ mientras que cuando se reduce por debajo de 200 mOsm se detecta una reducción significativa de la motilidad.^{7, 10}

En cualquier caso, los diluyentes isotónicos (300 mOsm) o ligeramente hipertónicos son los que mejores resultados han dado en condiciones de utilización comercial. Para regular la presión osmótica se utiliza principalmente sales de iones inorgánicos como el cloruro sódico y potásico.¹⁰

Tipos de diluyentes

A nivel práctico en las condiciones actuales de producción los diluyentes se han clasificado en dos grandes grupos, los que tienen como objetivo la conservación a corto plazo (menos de 1-3 días), o aquellos que tienen por objetivo la conservación a largo plazo (más de 4 días) (cuadro 2). Los primeros se utilizan principalmente en estructuras de distribución de las dosis seminales a corta distancia (propias de los sistemas europeos, donde la producción de dosis seminales en la misma granja es frecuente) mientras que los de largo plazo son propios de estructuras como las presentes en los USA o Noruega donde la distancia entre el lugar de producción seminal y el lugar donde va a ser utilizado es grande.⁷

Las ventajas que aportan los diluyentes de larga duración son la posibilidad de transporte a largas distancias, permiten realizar pruebas diagnósticas sobre el semen antes de ser utilizadas, como pruebas mediante técnicas PCR (Reacción de Polimerazo en Cadena) para detectar la presencia de diversos virus o análisis completos de la calidad seminal, permite una mejor organización de las tareas en

los centros de recolección de semen y facilita en gran medida la distribución de las muestras a las granjas de reproducción.¹⁰

Los primeros diluyentes rusos estaban basados en soluciones de glucosa con tartrato de sodio o potasio o sulfato sódico y peptonas, manteniendo en cualquier caso bajos niveles de electrolitos.⁶ Posteriormente en la década de los 50, se produjo el desarrollo de los diluyentes para el ganado bovino, basados en yema de huevo con fosfato o citrato y leche, y se hicieron algunas adaptaciones para conservar semen porcino.⁶ De entre todos, cabe destacar la adaptación del diluyente Illinois Variable Temperatura (IVT) que se utilizaba para la conservación de semen en el ganado vacuno a temperatura ambiente.⁴ Este IVT medio está basado en una solución de glucosa, citrato, bicarbonato y yema de huevo, pero necesitaba ser gaseado con CO₂ para reducir la actividad metabólica (Cuadro 3).⁴ En la década de los 60, se produce una gran innovación consistente en la adición de un agente quelante (EDTA), que permitiría bloquear la acción del calcio como mediador de los procesos de capacitación y reacción acrosómica. Es cuando aparece el diluyente Kiev (Plisko, 1965) que posteriormente ha sido modificado y recibido otras denominaciones (EDTA, Merck I, Plisko, Guelph). Este medio Kiev permitió una amplia difusión de la IA porcina y todavía sigue utilizándose con éxito en nuestros días.²⁶

En la década de los 70, destaca la intensa labor que se realiza en el centro Beltsville (USA) acerca del estudio de las posibilidades de conservación de los espermatozoides porcinos.²⁶

Cuadro No 2 Diluyentes agrupados por la duración

Diluyentes agrupados por la duración	
Corta duración (1-3 días)	Larga duración (más de 4 días)
BL-1 (Beltsville Liquid)	Acroma
BTS (Beltsville Thawing Solution)	Androep
IVT (Illinois Variable Temperatura)	Modena
Kiev	MR-A
Vital	MULBERRY III
	Reading
	X-Cell
	Zorlesco
	Zorpva

En la década de los 70, destaca la labor que se realiza en el centro Beltsville (USA) acerca del estudio de las posibilidades de conservación de los espermatozoides porcinos, bajo la dirección de Pursel y Johnson se realizaron un gran numero de ensayos para poner a punto diluyentes para refrigeración (BL-1) y congelación (BF-5), pero sin duda la mayor difusión la alcanzan con el medio BTS (Betsville Thawing Solution) diseñado en un principio como medio de descongelación y que fue adaptado al semen refrigerado.⁸ Probablemente el BTS sea el más usado en la actualidad en todo el mundo.¹⁵ Este medio se caracteriza por añadir una pequeña cantidad de potasio, que permite mantener la actividad de la bomba sodio potasio y evita la reducción de potasio intracelular que estaría asociada con la disminución de la motilidad.²⁶

El primero de los diluyentes de los denominados de larga duración fue el Zorlesco, que se caracteriza por ser un medio bastante más complejo, con la adición de TRIS como regulador del pH, albúmina sérica bovina (BSA) y cisteína en su composición. Esta cisteína (como otros compuestos con grupos sulfhidrilo) permitiría estabilizar las membranas e inhibir el proceso de capacitación.¹⁶ La utilización de este diluyente en condiciones de campo no produjo unos resultados satisfactorios, en parte debido a desequilibrios en su composición que suponen una presión osmótica final reducida (240 mOsm), (Cuadro 3). Posteriormente, Moretti (1981) crea el diluyente Modena, incrementando la proporción de glucosa y eliminando la BSA del medio Zorlesco, pero los resultados de fertilidad obtenidos tampoco son satisfactorios.¹⁵

Por otra parte, en España, en 1987 Rillo y Alias desarrollan el medio y aunque no se ha hecho pública su composición cuantitativa (protegida por razones comerciales) si la cualitativa. Este medio ha dado muy buenos resultados como diluyente de larga duración.⁸

En esta misma época se diseñaron dos diluyentes de larga duración en el Reino Unido, ZORPVA y Reading. Estos son medios complejos basados en el medio Zorlesco ligeramente modificado y al que se le añade alcohol de polivinilo como macromolécula (PVA) con lo que mejora el porcentaje de acrosomas intactos. Estos diluyentes tienen un costo superior a los diluyentes de corta duración y con unos resultados no superiores a los obtenidos con otros diluyentes, por lo que realmente no se ha extendido su uso.²⁷ En los últimos años han aparecido nuevos diluyentes, tal como Acromax, X-Cell, Androhep Plus, Vital, SpermAid, Mulberry III, los cuales se encuadran dentro del grupo de larga duración. Lamentablemente, la

composición cuantitativa de estos medios no es conocida, ya que está protegida por razones comerciales, aunque no se duda de las bondades de estos diluyentes.²⁷

Cuadro No 3.- Composición (en g/l) de los diluyentes de inseminación artificial porcina mas utilizados

Composición (en g/l) de los diluyentes de inseminación artificial porcina mas utilizados									
	IVT	Kiev	BTS	Zorlesco	MRA	ZORPVA	Reading	Monera	Androhep
Glucosa	3	60	37	11.5	+	11.5	11.5	25 a	26
Citrato 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		
Acetilcisteina	0.05								
HEPES									9.0
BSA				5.0	+			3.00	2.5
TRIS				6.5	-	5.5	5.5	5.55	
Acido cítrico				4.1	-	4.1	4.1	2.00	
Cisterna				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

Fuente: Gadea, 2003.

Hasta el momento se dispone de escasa información de los resultados de fertilidad en estudios comparativos realizados por centros independientes, por tanto deberemos esperar hasta que esta información se haga pública.⁸

En cuanto a los diluyentes empleados en los procesos de congelación del semen porcino hemos de decir que están basados en la utilización de la yema de huevo y glicerol como agentes crioprotectores, una concentración elevada de azúcares y la adición de un agente detergente (Orvus et paste). De los diluyentes utilizados destacamos el medio lactosa-yema de huevo que es el más frecuentemente empleado y el descrito en 1975 por Pursel y Johnson denominado BF-5, en cuya composición se incluye glucosa, yema de huevo y TRIS como agente regulador del pH, que se utiliza en los procesos de congelación en píldoras (pellets) sobre nieve carbónica.⁸

Procedimiento para la inseminación artificial porcina

Detección de estros

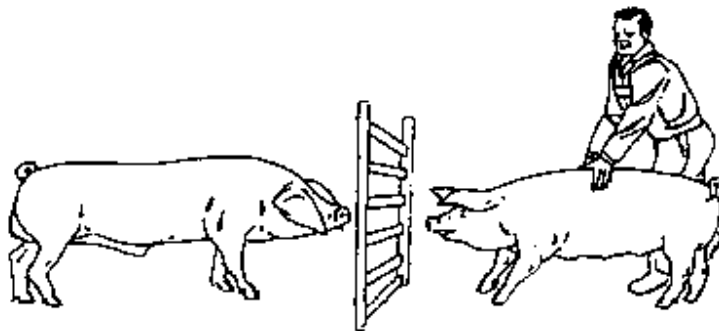
Una adecuada detección de calores es la clave para el éxito en IA.³² La detección de estros debe ser llevada al cabo lenta y metódicamente cada día.¹³ Una buena detección de estros permitirá al encargado estimar el horario para la inseminación más certeramente.³³

Retrasar la detección de estros hasta una hora después de alimentar.

Mantener una buena empatía con los animales; esto permitirá que la detección sea más fácil, “establezca una afinidad”.

Realizar la detección de calor dos veces al día, contando con la presencia de un semental como se muestra en la figura 8.

Fig.No.-8, Uso de semental para detectar celo



Utilizar sementales maduros con buen libido. Y permitir que la exposición al macho sea adecuada para estimular a las hembras.³⁷

Signos pre-estrales:³⁶

1. Muerde la jaula
2. Trepa
3. Vocaliza
4. Está inquieta
5. Busca al macho
6. Tiene la vulva edematizada, color rojo cereza.

- La detección de calor debe hacerse cuidadosamente. Se deben palpear los flancos y ubre antes de realizar la “prueba de inmovilidad”. No hay que olvidar: “ser el macho”.
- Un encargado experimentado puede detectar calor viendo a las cabezas y observando la respuesta de las hembras al macho.
- Hay que permitir que la exposición al macho sea prolongada cuando se detectan estros. Las primerizas tienden a estar más nerviosas en presencia del macho debido a la falta de exposición. Si se detectan calores en corrales, no use un macho agresivo.
- Las primerizas tienden a mostrar signos de calor 48 - 72 horas antes de llegar al estro.²¹

No permitir que la hembra se habitúe al macho. Exposición demasiado prolongada a un macho, en multíparas y primerizas, hace que la detección de estros se dificulte.³²

Alojar los sementales alejados, tomando en consideración la dirección del viento, de las destetadas y hembras ciclando. La exposición corta, intensiva al macho produce fuertes reflejos de inmovilidad y facilita la detección de calores.³²

Detectar calores e inseminar posteriormente. Una hembra sólo puede mantener un reflejo de inmovilidad durante 8-12 minutos por hora y está físicamente imposibilitada para mostrar otro reflejo de inmovilidad durante otra hora. Una inseminación realizada durante este “periodo refractario” será una pérdida de tiempo. Las contracciones, si las hay, serán débiles y habrá mucho reflujo.^{36, 37}

Horario

La colocación de semen de buena calidad en el tiempo y lugar adecuado es esencial para una IA exitosa. La buena detección de calor permitirá que se planee mejor el horario de inseminación.²⁷ Es importante saber y entender algo de la fisiología de la reproducción para poder predecir adecuadamente el tiempo de ovulación y así determinar el horario de inseminación. Los siguientes puntos clave muestran las reglas básicas.¹²

Signos y comportamiento de una hembra en calor

- Orejas erguidas.
- Pérdida de apetito.
- Lomo arqueado.
- Temblor.
- Ojos vidriosos.
- Cola erguida y agitándose hacia arriba y abajo.
- Descarga mucosa cristalina de la vulva. Vulva ligeramente edematizada, color rojizo
- Soporta la “prueba de inmovilidad”. Reflejo de inmovilidad.^{32, 36}

“No todos los signos se mostrarán en todas las hembras, diferentes hembras muestran esto en formas diferentes y el *arte del encargado* consiste en la habilidad de poder identificar y responder a los signos mostrados.”³⁶

Una buena detección de calores es un componente esencial para lograr una IA exitosa.^{23, 33} Recuerde que el semen requiere estar dentro de la hembra 6-8 horas para permitir que la “capacitación” (maduración del esperma) se lleve a cabo.²¹

Por lo tanto, es esencial que el semen se encuentre dentro de la hembra antes de la ovulación y esté “listo y esperando” cuando el óvulo es desprendido.³⁰

Las hembras que entran en calor en un periodo corto de tiempo después del destete tienen un estro largo y ovulan durante la última cuarta parte de este periodo. Por el contrario, animales que entran en calor mucho después de haber sido destetados, tendrán un estro relativamente corto y ovularán en un periodo de tiempo relativamente corto después de mostrar estro.¹

La meta deberá ser inseminar al menos dos veces por periodo estral, con aproximadamente 12 horas entre inseminaciones (cuadro 4). Cuando se empiece con IA, es beneficioso que se insemine 3 veces en 24 horas, AM/PM/AM o PM/AM/PM.

Puntos importantes para una buena inseminación

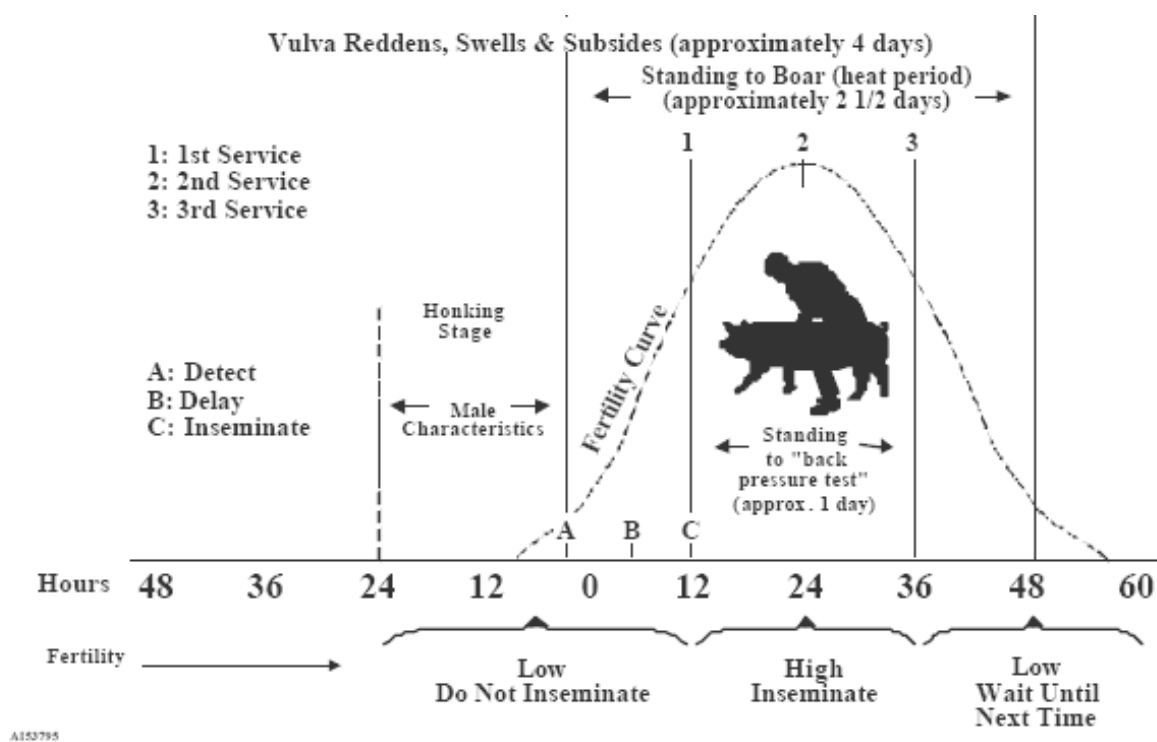
La colocación correcta del catéter es esencial para una buena inseminación. Un catéter limpio debe “conectar” en los pliegues cervicales.³² Esto formará un sello hermético, maximizando los efectos de estimulación y por lo tanto, minimizando descargas o reflujo.²¹

Los puntos más importantes que necesitan seguirse durante el proceso de inseminación.

- Determinar el estro usando la “prueba de inmovilidad”.
- Limpiar la vulva utilizando una toalla de papel seca. Toallas mojadas o húmedas pueden remover y poner en suspensión estiércol y bacterias que pueden contaminar la punta del catéter o la bacteria en suspensión puede entrar en la hembra con las contracciones uterinas durante la inseminación.

- Estimular a la hembra imitando las técnicas del macho (presión en el lomo, palmeo los hombros, flancos y la ubre).
- Abrir la bolsa de Cochette. (Revise las instrucciones de la Guía).
- Debe realizarse la IA en el tiempo adecuado (ideal 5 - 6 minutos).^{21, 37}

Cuadro. No.- 4. Estro de la cerda y tiempo apropiado para la inseminación



Manejo después del servicio

La colocación del semen es sólo una parte del proceso de monta. El transporte del semen en la hembra debe ser auxiliado, mediante la implementación de los siguientes procesos:

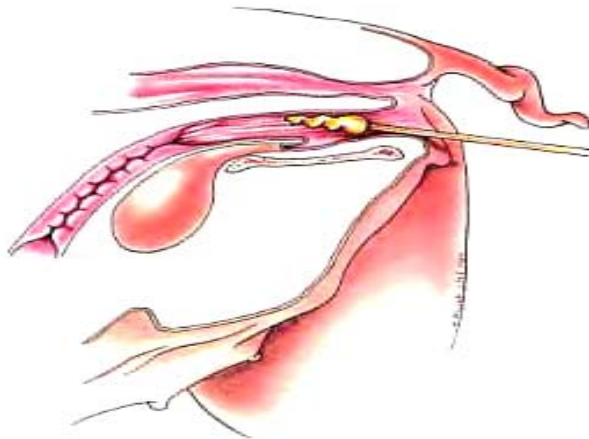
- La exposición del macho deberá ser por un mínimo de 10 minutos post-servicio. Esto se realiza fácilmente en un sistema de corrales mediante la rotación de un grupo de corrales. Este semental tiene una función esencial en el proceso de inseminación. Manteniendo la exposición al macho, el transporte de semen continúa mediante las contracciones uterinas y el reflujos se minimiza.¹⁷
- Retira al macho después de este tiempo y no lo volver a exponer a las hembras hasta la siguiente inseminación.

Método de la inseminación

La exactitud en la inseminación de cerdas es muy importante en los programas de inseminación artificial.²⁷ Si la inseminación no se hace correctamente no podrá conseguir el valor óptimo de sus verracos.²⁴

- Asegurarse de que la cerda lleva en celo por lo menos 12 horas.
- Tener paciencia: En primer lugar sitúe a la cerda al lado del verraco, separados solamente por una puerta a través de la cual se puedan ver como se muestra en la Fig. 8. El macho recorrerá agresivamente los bordes del corral con lo que estimulará a la hembra. Apoye luego firmemente una mano sobre el lomo de la cerda.
- Esta se quedará totalmente inmóvil al lado del verraco. Finalmente, apoyar con más fuerza o siéntese sobre el lomo de la cerda (prueba de cabalgue). Si permanece quieta ya está lista para ser servida.²¹
- Eliminar suciedad y materia fecal de la vulva con una toalla de papel absorbente.³²
- Sacar la varilla de inseminar de su protector y aplique una pequeña cantidad de lubricante no espermicida a unos 3 cms de la punta.²¹
- Insertar la varilla, dirigiéndola en ángulo hacia arriba, para prevenir la perforación de la vejiga.¹⁵
- Seguir el mismo ángulo de inclinación de la cadera del animal, (Fig.9).³¹

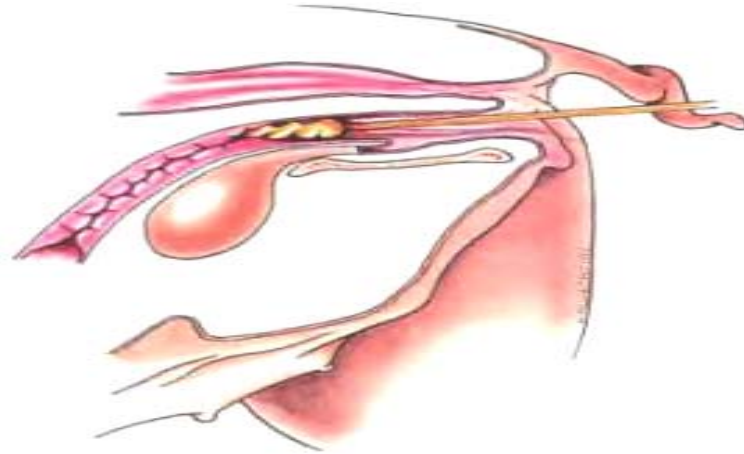
Fig.No.-9 .Introducción de la varilla.



Existen distintos tipos de catéteres: pipetas descartables tipo “tirabuzón” o “esponja” y de goma llamadas pipetas de Melrose.²¹

- No se deben usar jabones, detergentes ni desinfectantes.³¹
- Desplazar suavemente la pipeta hacia delante y arriba dirigiéndola hacia la columna vertebral.³²
- Insertar la varilla con una presión uniforme. Si se trata de una varilla con rosca gírela en sentido contrario a las agujas del reloj. De esta manera se facilitará la penetración por el cuello uterino (Fig. 10). Después que la varilla pasa dos de los anillos cervicales, habrá mayor resistencia a la penetración.²¹

Fig. No 10.- Varilla con rosca



Varilla tipo rosca en el orificio Cerviño-vaginal, se debe de girar en sentido inverso para que penetre en el cérvix.

- Si se trata de una varilla terminada en punta con goma espuma no se deberá girar. En lugar de eso se a de jalar de ella ligeramente para ver si la cerda la retiene. En ese momento la varilla deberá estar en la posición correcta para proceder con la inseminación.²¹
- Cuando la misma toque el cervix uterino girar la pipeta 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. Acoplar el frasco al extremo libre del catéter introduciendo lentamente el contenido.³²

- Acoplar el recipiente del semen a la varilla y levántelo en posición invertida. Apretarlo suavemente para eliminar el aire que quedó encerrado en la varilla.³²
- Ahora el semen debe fluir con poca o ninguna presión sobre el recipiente. La cerda deberá dejar pasar el semen a su propia velocidad.³
- Es importante de estimular a la cerda durante la inseminación. Frotarla por debajo y empujar sobre sus flancos al mismo tiempo que se le aplica una presión suave sobre el lomo.³ De esta manera se estimulan las contracciones del útero, que contribuyen a mover el semen desde el cuello del útero hacia los oviductos.²¹
- Es importante simular el tiempo que se toma un verraco para servir a una cerda.²¹
- Al vaciar todo el contenido del recipiente del semen, no retirar la varilla para que baje todo el semen y para sacar la varilla se gira en sentido de las manecillas del reloj.¹⁷
- Ya que se ha retirado la varilla se anota la fecha de inseminación y el semental de donde provino el semen.²¹

salida de la cánula”.³⁷

CONCLUSIONES

Por lo recabado en este trabajo se puede concluir que la inseminación artificial es de gran importancia para la industria porcícola permitiendo la reducción de enfermedades de transmisión sexual, disminuye el número de sementales y permite una mejora genética más rápida, ya que se pueden utilizar sementales de gran valor genético, permitiendo unos avances acelerados en los programas reproductivos y genéticos del cerdo, con un aprovechamiento del semental hasta de 15 veces más con la IA y unas 30 veces con la inseminación post cervical todo esto puede ser posible siempre y cuando se tenga un buen manejo del proceso tomando en cuenta este trabajo como referencia

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Arancibia, S. K., MVZ, EPA, Martínez. R. Mejoramiento Animal Reproducción en Cerdos. Primera edición 1999.
- 2.-Becerril, Á. J. Manejo del semen desarrollo de los programas de inseminación artificial, 2003.
3. - Clapper, J.. Artificial Insemination of Swine. College of agriculture & biological sciences / South Dakota state university / USDA. October 2000.
4. - Du, M., Du B. F., Dautier L.. Improvement of practical use of preservation techniques for boar semen by saturation of the diluent with carbondioxide. Ann. Zootech. Suppl. 8, 81-96, 1959.
- 5.- Esbenshade, K.. Secretos y ciencia del ciclo estrual. National Hog Farmer. Publicaciones Profesionales C.A. Av. Bolívar Norte, Centro Comercial y Profesional Avenida Bolívar, Piso 3 Ofic. 323. Copyright 2001.
6. - Foote, R. H. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. J. Anim. Sci. Biography and History Series, 1-10. 2002.

7. - Fraser, L., Gorszczaruk K., Strzezek J... Relationship between motility and membrane integrity of boar spermatozoa in media varying in osmolality. *Reprod. Domest. Anim.* 36, 2001.
- 8.-Gadea, M. J. Los diluyentes en la IA porcina. Departamento de Fisiología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia, 2003.
- 9.- Gil, J., Tortades J. M., Alevia A... Inseminación artificial pots cervical. Segunda parte. Artículo publicado en la revista portal veterinaria, 2004.
- 10.- Gilmore, J. A., Du J., Tao J., Peter A. T., Critser J. K... Osmotic properties of boar spermatozoa and their relevance to cryopreservation. *J. Reprod. Fétil.* 107, 1996.
- 11.- Grepe, N... Crianza de Porcinos. Grupo Editorial Iberoamericana S. A. de C. V. 2001.
- 12.- Hafez, E. S. E., Hafez B... Reproducción e Inseminación en Animales. Séptima edición. Interamericana, 2002.
- 13.- Hideo, UEAD, Tabachi K. and Kazuaki W. T... Intraperitoneal Insemination of the Guinea Pig with Synchronized Estrus Induced by Progesterone Implant. *Exp. Anim.* 47 (4), 271 – 275, 1998.
- 14.- Johnson, L. A.. Freezing of boar spermatozoa: fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawing procedure. *J. Anim. Sci.*, 40, 99-102. 1975.

- 15.- Johnson, L. A., Aalbers J. G., Groote H. J. G.. Artificial insemination of swine: Fecundity of boar semen stored in Beltsville Thawing Solution (BTS), modified modena (MM), or MR-A and inseminated on one, three and four days after collection. *Zuchthyg* 23, 49-55, 1988.
- 16.- Johnson, L. A., Weitze K. F., Fiser P., Maxwell W.M.C... Storage of boar semen. *Anim. Reprod. Sci.* 62, 143 –172. 2000.
- 17.- Knox, V. R.. Implementing A Successful Swine Artificial Insemination Program. Swine Reproductive Extension Specialist. Department of Animal Sciences. University of Illinois Champaign-Urbana. 217-244-5177. 2003.
- 18.-König. Inseminación Artificial de la Cerda. Editorial Acriba. 1978.
- 19.-Martínez, J. M., Vázquez J., Roca X., Lucas M. A., Gil I., Parrilla J. L., Day. Minimum number of spermatozoa required for normal fertility alter deep intrauterine insemination in non-sedated sows. *Society for Reproduction and fertility.Reproduction*, 123.163 – 170. 2002.
- 20.- Martínez, E. A., Vázquez J. M., Roca J., Lucas,X., Gil M.A., Parrilla I., Vázquez J. L. and Day B. N.. Successful non-surgical deep intrauterine insemination with small numbers of spermatozoa in sows. *Journals of Reproduction and Fertility*. 2001.

21. - Moisés, S... Monografía Inseminación Artificial Porcina. Facultad de Agronomía y Zootecnia Departamento de Producción Animal Cátedra de Zootecnia General, 2001.
22. - Newth, M. S., Levis D. G... Change in pH boar semen extenders. Nebraska Swine Report. 1999.
- 23.- Peña, F. J., Domínguez J. C., Alegre B., Peláez J... Effect of vulvomucosal ingestion of PGF2 Alfa at insemination on subsequent fertility and litter size in pigs under field conditions. Animal Reproduction Science 52, 63 – 69. 1998.
- 24.- Pérez, M. M... Factor humano en la inseminación artificial. Artículo publicado por la revista portal veterinaria.2004
- 25.- PIC, México. Visión Técnica. Septiembre. Los 6 hábitos de Inseminadores altamente efectivos. 2000
- <http://www.porcicultura.com/articulos/ia/habitos.htm>
26. - Pursel, V. G., Johnson L. A.. Freezing of boar spermatozoa: fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawing procedure. J. Anim. Sci., 40, 99-102, 1975.
- 27.- Reed, H. C. B.. Commercial requirements for an effective fresh semen diluent. Reprod. Dom. Anim. Suppl. 1, 255-270, 1990.

28. - Rigau, T., Piedrafita J., Reverter J., Canal M., Rodriguez G. J. E... The rate of L-lactate production: a feasible parameter for the fresh diluted boar semen quality analysis. Anim. Reprod. Sci. 43, 161-172, 1996.
29. - Rillo, M. S. How AI is progresing in Spain. Pig Intern (may) 24-28. 1984.
30. - Rozeboom, K. J., Troedsson M. H. T., Hodson H. H., Shurson G. C. And Crabo B. G... The importance of seminal plasma on the fertility of subsequent artificial inseminations in swine. J. Anim. Sci. 78:443–448, 2000.
- 31.-Sánchez, S. R.. Métodos de aplicación de la dosis seminal en inseminación artificial porcino. Artículo también publicado en la revista Albeitar nº40. Noviembre 2000.
- 32.- Sterle, J., Safranski T.. Inseminación artificial porcina., Detapartment of Animal Sciences. Universidad de Missouri- Columbia, 2000.
- 33.- Steverink, D. W. B., Soede N. M., Bouwman E. G., Kemp B.. Semen backflow after insemination and its effect on fertilisation results in sows. Animal Reproduction Science, 54, 109 – 119, 1998.
- 34.- Todd, S. M.. Inseminación Artificial Intrauterina (trasscervical) y de Tiempo Fijo en Cerdas. Cerdos Tecnología Internacional, Año 5, No. 59, Septiembre, Publicación de Midia Relaciones S. A. de C. V. 2002.
- 35.-Trujillo, O. M. E., Martínez G. R. G. La piara reproductora primera edición, 2002.
- 36.- Valencia, M. J... Fisiología de la reproducción porcina. Trillas, 2002

37.-Williams S... Inseminación artificial post cervical. Articulo publicado en la revista portal veterinaria, 2004.