

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MANUAL PRÁCTICO DE LA REPRODUCCIÓN  
DEL VERRACO: ESTUDIO DE REVISIÓN.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**  
PRESENTA

**ANGÉLICA PINEDA ACEVEDO**

ASESORES

MVZ. MCV. Gerardo Ramírez Hernández

MVZ. MC. Susana Espinosa Hernández.

MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres Luz María y José Luis por su apoyo en mis decisiones durante la carrera.*

*A mis hermanas Guadalupe, Lydia y Cristina por apoyarme y por sus consejos.*

*A mi sobrino Toñito por compartir dudas y aciertos conmigo.*

*A Rodolfo por estar siempre al pendiente de mi familia, por su apoyo y sus consejos.*

*A Hilda Rueda, Héctor Moncada, Grisell Moreno, Miguel Terrazas, Aldo Mejía, Diana García, Yadira Miranda, Claudia Rangel, Minelia Pineda, Abigail Bravo, Álvaro Ortega, Hugo García, Miguel Velazquillo, Edson Ivan. Gracias por su amistad y compañerismo.*

*A los MVZ. Francisco Castrejón Pineda y Arturo Carmona por sus sabios consejos y su amistad.*

*A los MVZ Hugo García Morales y José Pulido Reyes por su entera disposición cuando los necesite, por sus enseñanzas y su amistad.*

*Al Departamento de Producción Animal: cerdos por aceptarme para realizar mi servicio social y este manual.*

*A los integrantes del jurado a los MVZ María Elena Trujillo, Roberto Martínez Gamba, Humberto Ramírez, Gerardo Ramírez, María de Lourdes Juárez, gracias por el tiempo que le dedicaron a la revisión de este trabajo.*

*A mis asesores MVZ MCV. Gerardo Ramírez Hernández y MVZ. MC. Susana Espinosa Hernández*

*Y a una persona que sea convertido en alguien muy especial en mi vida a*

*la cual le doy gracias por estar conmigo, por brindarme su apoyo, su*

*confianza y sobre todo su amor muchas gracias.*

*ING. Pedro Mora Hernández*

*Te amo*

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Resumen	1
Introducción	2
<b>Capítulo I Anatomía e histología del aparato reproductor del verraco</b>	
1.1 Testículos	4
1.1.2 Epidídimo	6
1.1.3 Conductos deferentes	6
1.1.4 Vesículas seminales	7
1.1.5 Próstata	7
1.1.6 Glándulas bulbouretrales o de Cowper	7
1.1.7 Uretra	8
1.1.8 Pene	8
1.1.9 Prepucio	8
1.1.10 Divertículo prepucial	8
1.2 Estructura del espermatozoide	9
<b>Capítulo II Fisiología y Endocrinología</b>	
2.1 Hormonas involucradas en la reproducción del verraco	11
2.1.2 Interacción hormonal	12
2.2 Espermatogénesis	14
2.3 Espermatocitogénesis	16
2.4 Espermiogénesis	16
2.5 Maduración del espermatozoide	16
2.6 Capacitación de los espermatozoides	16
2.7 Reacción acrosomal	17
<b>Capítulo III Pubertad</b>	
3.1 Definición de Pubertad	19
3.2 Factores de manejo que afectan la pubertad en el macho	20

## **Capítulo IV Evaluación física del verraco**

<b>4.1</b>	<b>Valor genético</b>	<b>25</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Características reproductivas</b>	<b>25</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Características de producción</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Características de la canal</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Características morfológicas</b>	<b>28</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Alteraciones genéticas</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Examen Clínico</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Condición corporal</b>	<b>31</b>
<b>4.4.</b>	<b>Examen de la libido</b>	<b>32</b>
<b>4.5.</b>	<b>Examen del semen</b>	<b>32</b>

## **Capítulo V Instalaciones para el semental**

<b>5.1</b>	<b>Alojamiento del semental</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Área de colecta</b>	<b>36</b>
<b>5.3</b>	<b>Potro de colección</b>	<b>37</b>

## **Capítulo VI Medicina Preventiva**

<b>6.1.</b>	<b>Cuarentena y adaptación</b>	<b>39</b>
<b>6.2.</b>	<b>Aplicación de vitaminas y minerales</b>	<b>40</b>
<b>6.3.</b>	<b>Desparasitación</b>	<b>41</b>
<b>6.4.</b>	<b>Vacunación</b>	<b>41</b>
<b>6.5.</b>	<b>Pediluvios</b>	<b>42</b>
<b>6.6.</b>	<b>Lavados prepuciales</b>	<b>43</b>
<b>6.7.</b>	<b>Corte de vellos prepuciales</b>	<b>43</b>
<b>6.8.</b>	<b>Baño</b>	<b>44</b>
<b>6.9.</b>	<b>Medidas de bioseguridad en el área de colecta</b>	<b>44</b>
<b>6.10.</b>	<b>Personal</b>	<b>45</b>

## **Capítulo VII Entrenamiento y colección de semen**

7.1 Tiempo de entrenamiento	46
7.2 Preparación del termo colector	48
7.3 Métodos de obtención de semen	49
7.4 Calendario de colección	51

## **Capítulo VIII Evaluación y procesamiento del semen para la obtención de dosis seminales**

8.1 Material	53
8.2 Características Macroscópicas	54
8.3 Características Microscópicas	55
8.4. Cálculos de dosis seminales en base a las características evaluadas	64
8.5. Elaboración de dosis de semen	66
8.6. Dilución	67
8.7. Diluyentes	67
8.8. Función de los principales ingredientes del diluyente	68
8.9. Clasificación de los diluyentes	70
8.10. Agua	72
8.11. Almacenamiento de las dosis seminales	73
8.12. Transporte de las dosis seminales	75
8.13. Registros	75

## **Capítulo IX Factores que afectan la reproducción en los sementales**

9.1 Problemas de conducta	78
9.2 Problemas físicos	78
9.3 Problemas no infecciosos	80
9.4 Instalaciones y manejo	82
9.5 Problemas infecciosos	83
9.6 Eliminación de sementales	85

<b>Lista de cuadros</b>	<b>Página</b>
1. Principales hormonas en la reproducción del verraco	12
2. Condición corporal del semental	32
3. Ventajas y desventajas en diferentes tipos de corrales	35
4. Número de dosis seminales por año dependiendo de la edad del verraco y de las colectas por semana	51
5. Calendario establecido con base en la edad del semental	52
6a. Clasificación de anormalidades espermáticas	60
6b. Causas de anormalidades espermáticas más comunes	62
7. Formula del B.T.S	71
8. Diluentes de media, larga y extra larga duración	72
9. Registro de colección	76
10. Registro de control de calidad del semen	77
11. Virus encontrados en el semen	84
12. Bacterias encontradas en semen de verraco	85

<b>Lista de figuras</b>	<b>Página</b>
1. Aparato reproductor del verraco	9
2. Partes del espermatozoide	10
3. Interacción de FSH, LH y testosterona en machos	14
4. Proceso de Espermatogénesis	15
5. Proporción espermátidas/espermatozoides en el testículo a diferentes edades	20
6. Semental tomando agua de un bebedero colocado adecuadamente	34
7a. Corral de colecta	36
7b. Salidas de emergencia para el trabajador	36
8. Dimensiones generales de un potro de colección	37
9. Potro de colección fijo a la pared	38
10. Termo previamente atemperado	48
11. Termo con filtros	49
12. Obtención del eyaculado	51
13. Revisión de la temperatura en el eyaculado	55
14. Cámara de Neubauer	57
15. Conteo celular mediante la utilización de la cámara de Neubauer	58
16. Cámara de Burker	59
17. Anormalidades espermáticas	61
18. Homogenización del diluyente con el semen	68
19. Mezcla del antibiótico con el diluyente	69
20. Conservador para dosis seminales	74

## **RESUMEN**

**PINEDA ACEVEDO ANGÉLICA.** MANUAL PRÁCTICO DE LA REPRODUCCIÓN DEL VERRACO: ESTUDIO DE REVISIÓN. (Bajo la asesoría de los MVZ MCV. Gerardo Ramírez Hernández y MVZ. MC. Susana Espinosa Hernández).

El presente manual es una recopilación de información que se obtuvo de diversas fuentes como son libros, artículos científicos, tesis, páginas web, la cual se analizó y procesó con el fin de obtener los datos de mayor relevancia en aspectos básicos de la reproducción que resultan de especial interés en el verraco, con la finalidad de que sirva como referencia práctica en la explotación del semental. Está dirigido para médicos veterinarios y personas encargadas de explotaciones porcinas; sin embargo, también lo pueden consultar estudiantes, técnicos en producción pecuaria y zootecnistas. Este manual está compuesto por nueve capítulos. El primero destaca aspectos anatómicos e histológicos del aparato reproductor del verraco. El segundo enfatiza el control de la secreción endócrina y la fisiología en la reproducción. En el tercero se incluye el tema de pubertad y los factores que la afectan. La evaluación del verraco, se analiza en el capítulo cuarto. El quinto está constituido por el tema de instalaciones. En el sexto se trata medicina preventiva, en el séptimo se hace referencia al tema de entrenamiento y colección de semen. En el octavo se describe la evaluación y procesamiento del semen para la obtención de dosis seminales. Por último en el décimo se mencionan factores que afectan la reproducción en los sementales.

## **INTRODUCCIÓN.**

En México la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos. Si bien su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) es mínima, alrededor del 0.3%, su relevancia reside en que proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población.

En México la producción de carne de cerdo es de 1.18 millones de toneladas métricas. Las proyecciones (2005-2014) hechas por la Organización para el Desarrollo y Cooperación Económica (OECD) y por la Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indican que el consumo per cápita de carne de cerdo en México aumentará de 9.70 a 11.20 Kg., por lo que la industria tendrá que enfrentar este aumento con una mayor producción, eficiencia en el manejo, y mercadeo de los productos de origen porcino, para no depender de la importación de carne y productos procesados de cerdo. Además de adquirir nuevas tecnologías y obtener mayores rendimientos. Así la utilización de reproductores machos, permitirá obtener en las granjas una mayor eficiencia reproductiva, con menor índice de repetición de estros y camadas más numerosas. El uso de la Inseminación Artificial (IA), repercutirá en mayores beneficios económicos al productor.

Para asegurar un mayor éxito con la aplicación de esta última algunos de los aspectos importantes a considerar son: el manejo del semental, el procesamiento del semen, transportación y elaboración de las dosis.

Lo que conlleva a que el personal (técnicos pecuarios y Médicos Veterinarios Zootecnistas) encargado de una granja, entre otros aspectos se

capacite continuamente sobre los conocimientos básicos de la reproducción del macho, ya que esto le permitirá mantener en óptimas condiciones al verraco, que se reflejará en un adecuado desempeño reproductivo del mismo.

Es por ello que este manual tiene por objeto proporcionar una guía para llevar a cabo el manejo del semental con eficiencia.

## **SUMMARY**

**PINEDA ACEVEDO ANGÉLICA.** MANUAL PRACTITIONER OF THE REPRODUCTION OF THE VERRACO: REVISION STUDY.

(Bajo la asesoría de los MVZ MCV. Gerardo Ramírez Hernández y MVZ. MC. Susana Espinosa Hernández).

The manual present is a information compilation that was obtained from diverse sources as they are books, scientific articles, thesis, pages Web, which was analyzed and processed with the purpose of collecting the data of greater relevance in basic aspects of the reproduction which they are from special interest in the verraco, with the purpose of which serves like practical reference in the operation as the stallion one. It is directed for veterinary doctors and people in charge of pig operations; nevertheless, also it students, technicians in cattle production can consult and zootecnistas. This manual is made up of nine chapters. First it emphasizes anatomical and histológicos aspects of the reproductive apparatus of the verraco. The second emphasizes the control of the endócrina secretion and the physiology in the reproduction. In third one includes the subject of puberty and the factors that affect it. The evaluation of the verraco, is analyzed in the chapter fourth. Fifth it is constituted by the subject of facilities. In sixth preventive medicine treats, in seventh reference to the subject becomes of training and collection of semen. In the eighth the evaluation is described and processing of semen for the obtaining of seminal doses. Finally in tenth factors are mentioned that affect the reproduction in the stallion ones.



# CAPÍTULO I.

## ANATOMÍA E HISTOLOGÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DEL VERRACO

La anatomía es la ciencia que estudia la forma, estructura interna y externa de los seres vivos; mientras que la histología proviene del vocablo *histos*, tejido y *logos*, tratado. Es la ciencia que trata del estudio de los tejidos.

El conocer algunos aspectos anatómicos del aparato reproductor es importante, ya que proporcionará los conocimientos básicos al personal encargado de la granja al momento de realizar la colecta y la técnica de inseminación artificial para eficientar su labor.

El aparato reproductor del verraco se clasifica en órganos sexuales primarios (testículos) y órganos sexuales secundarios (conductos excretores, glándulas accesorias, pene y prepucio) (**Figura 1**).

**1.1.1 Testículo:** Órgano principal del macho, se localizan en la parte caudal del animal y son fácilmente visibles ya que tienen una posición externa al cuerpo. Su función es la de producir espermatozoides y hormonas como la testosterona, el estradiol y la inhibina. Hay dos tipos celulares importantes: las células de Leydig que producen testosterona y las de Sertoli, que son células de soporte de las células germinales.<sup>1, 2, 3, 4</sup>

Los testículos se forman en la cavidad abdominal durante el desarrollo embrionario y posteriormente descienden a la bolsa escrotal al momento del nacimiento.

Las envolturas que recubren al parénquima testicular de afuera hacia dentro son:

- **Escroto.** También conocido como saco escrotal, la cual es una estructura derivada de la piel. Está formada por siete capas, de las cuales dos son musculares. De éstas dos últimas, la más superficial es el dartos y la más profunda el cremáster.
- **Dartos.** Forma parte del escroto y está constituido por tejido conectivo fibroelástico adherido a la dermis y células musculares lisa, que junto con el músculo cremáster intervienen en el mecanismo termorregulador de los testículos. La primera frunce la piel y la segunda aproxima los testículos al abdomen. La piel del escroto es más sensible ante el frío y el calor que la de otras zonas del cuerpo.
- **Fascia escrotal.** Derivada de las fascias de los músculos oblicuos abdominales.
- **Túnica vaginal.** Es un repliegue peritoneal que envuelve al testículo cuando desciende de la cavidad abdominal al escroto.<sup>4</sup>

El testículo esta conformado por:

1. **Estroma:** Es una capa de tejido conjuntivo denso e irregular con algunas fibras elásticas que sostienen al parénquima, conocido como túnica albugínea. De ésta se originan trabéculas gruesas que penetran hacia el parénquima y lo separan en lobulillos completos.
2. **Parénquima.** Esta formado por túbulos seminíferos, los cuales se continúan con los túbulos rectos y la red testicular o rete testis, así como por células intersticiales o de Leydig, las cuales cumplen una función endócrina. Se localizan también los conductos eferentes, que conectan

la red testicular con el conducto del epidídimo.

Cada túbulo seminífero está revestido por tejido epitelial, apoyado sobre una membrana basal y rodeada por una cápsula de tejido conjuntivo, fibroblastos, células reticulares y células musculares. El epitelio de cada túbulo es de tipo estratificado especializado, compuesto por células de la línea espermatogénica y células de sostén llamadas células de Sertoli.

Las células de Sertoli tienen morfología piramidal, con un núcleo grande, una base ancha que descansa en la membrana basal del túbulo, y un borde apical. El contorno de estas células es muy irregular y presenta depresiones llamadas procesos citoplasmáticos en donde se encuentran sostenidas las células de la línea espermática. Las células de la línea espermatogénica están integradas por espermatogonias, espermátocitos primario, secundarios, espermátida y espermatozoides.<sup>1, 2, 3, 4</sup>

En cerdos adultos estos órganos miden de 10 a 15 cm de largo, 5 a 8 cm de ancho y cada uno llega a pesar 0.450 kilogramos (kg).<sup>1, 2, 3, 4</sup>

**1.1.2 Epidídimo:** Es un conducto considerablemente largo, esta estructura se encuentra unida al testículo, posee tres porciones que son: cabeza, cuerpo y cola. El epitelio que lo reviste es cilíndrico pseudoestratificado, 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. Las principales funciones de este son: transporte, maduración y almacenamiento de espermatozoides.<sup>3, 4</sup>

**1.1.3 Conductos deferentes:** 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. Su función primordial es en el momento de la eyaculación impulsando a los espermatozoides.<sup>1, 3, 4</sup>

**1.1.4 Vesículas seminales:** Son glándulas de tipo tubuloalveolar compuesto, formadas por epitelio glandular de tipo pseudoestratificado cilíndrico, miden 15 cm de longitud y 7 cm de diámetro, pesan aproximadamente 200 g. Se encuentran dorsalmente con relación a la vejiga y desembocan a los conductos deferentes, secretan un líquido de color gris, el cual contiene grandes cantidades de fructuosa que los espermatozoides utilizan como fuente de energía.<sup>1, 2, 3, 4</sup>

**1.1.5 Próstata:** Esta glándula está formada por un cuerpo que mide 2.5 a 3 cm de ancho por uno de diámetro y una parte diseminada que se localiza a lo largo de la superficie dorsal y lateral de la uretra, cubierta parcialmente por las vesículas seminales. Su parénquima está representado por glándulas de tipo tubuloalveolar compuesto. La secreción de la próstata es antes y durante la eyaculación. Se encarga de limpiar y lubricar la uretra, así como de dar volumen al semen, la secreción de esta glándula aumenta la motilidad espermática y da al semen su color característico.<sup>1, 3, 4</sup>

**1.1.6 Glándulas bulbouretrales o de Cowper:** Son pequeños órganos pares, localizados en forma dorso lateral a la uretra, cada glándula tiene una longitud de 16 cm. de largo, tres de diámetro y pesa 85 g aproximadamente. Se encuentran rodeadas por músculo estriado esquelético. La secreción de éstas es de tipo mucoso y sirve para limpiar y lubricar la uretra. En el cerdo esta secreción es parte del eyaculado y forma un tapón en el cervix, que impide el reflujo de espermatozoides, es conocida como “tapioca”, esta fracción si es

colectada produce aglutinación espermática.<sup>1, 3, 4, 5</sup>

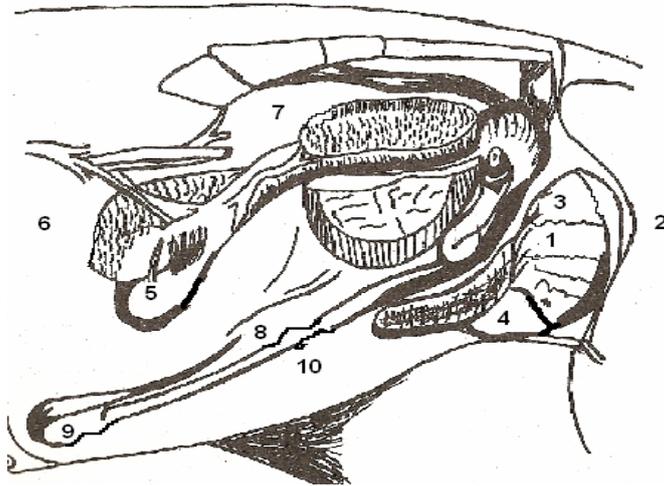
**1.1.7 Uretra:** Este órgano tiene una doble función; transportar la orina de la vejiga y el semen del conducto deferente durante la eyaculación. La uretra se divide en pélvica y peneana. La primera comprende desde su origen en la vejiga, hasta el lugar donde desembocan los conductos deferentes, los conductos eyaculadores de las vesículas seminales y algunos conductos prostáticos. La uretra peneana esta ubicada en la porción ventral del cuerpo del pene y termina en el meato urinario.<sup>3, 4, 5</sup>

**1.1.8 Pene:** Este órgano tiene una doble función ya que sirve como salida común tanto para la orina como para el semen, este último es depositado en el cérvix de la cerda. El pene es fibroelástico y se caracteriza porque el tejido eréctil está asociado con tejido conjuntivo. El pene esta dividido en raíz, cuerpo y glande. El cuerpo está constituido por el cuerpo cavernoso, los músculos retractor del pene (flexura sigmoidea o “S” peneana) y bulbocavernoso donde corre la porción peneana de la uretra. El glande es el extremo del pene, corresponde a la porción libre de éste, de forma espiral, rodeado por el prepucio. Durante la erección la presión sanguínea aumenta en los espacios cavernosos y esto endereza la flexura, lo que alarga el pene de 45 a 50 centímetros (25% más que estando flácido).<sup>1, 3</sup>

**1.1.9 Prepucio:** Es un pliegue invaginado de piel que rodea la extremidad libre del pene, cuenta con numerosos ganglios linfáticos en la pared dorsal sobre su porción ancha, existe una abertura circular que conduce a un fondo de saco llamado divertículo prepucial.<sup>4</sup>

**1.1.10 Divertículo prepucial:** Se ubica dorsalmente con respecto al orificio del

prepucio, aquí se acumula orina, semen y células de descamación. Para la colección del semen es necesaria su limpieza para evitar la contaminación del semen mismo.<sup>3, 4, 5</sup>



**Figura 1.** Aparato reproductor del verraco. Tomado de Fragosos VM <sup>1</sup>

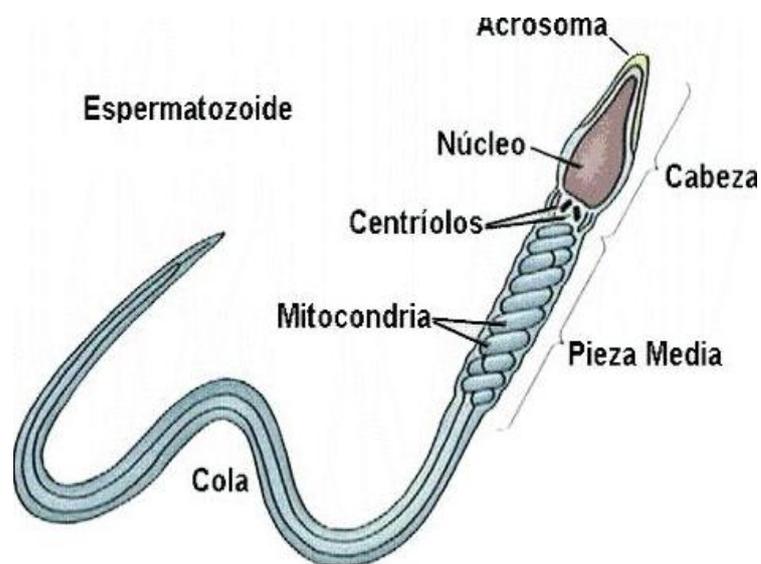
- 1) Testículo.
- 2) Escroto.
- 3) Cola del epidídimo.
- 4) Cabeza del epidídimo.
- 5) Conducto deferente.
- 6) Glándulas vesiculares.
- 7) Glándulas bulbouretrales.
- 8) Pene.
- 9) Divertículo prepucial
- 10) Músculo cremaster.

### **1.2 Estructura del espermatozoide.**

El espermatozoide es una célula especializada que ha evolucionado para realizar la función de fertilizar al ovocito. Esta compuesta por dos estructuras:

1. La cabeza, que es una estructura plana, compuesta por el núcleo, está cubierto de  $\frac{2}{3}$  a  $\frac{3}{4}$  partes por el acrosoma.

2. La cola o flagelo contiene la máquina metabólica que produce energía y provee un mecanismo propulsor para la motilidad, esta formada por el cuello y las piezas media, principal y terminal (**Figura 2**). Todo el espermatozoide esta cubierto por una membrana plasmática llamada plasmolema.<sup>1, 4, 6</sup>
3. El cuello es una porción corta y estrecha que contiene un par de centriolos y un segmento de conexión que forma nueve anillos fibrosos, que rodean al axonema, este transcurre por el centro de la pieza media, rodeado por las nueve fibras longitudinales del segmento de conexión del cuello y una zona externa de mitocondrias alargadas, hasta la pieza principal, donde dichas fibras se localizan envueltas por fibras externas de orientación circular, que finalizan en la pieza terminal, esta sección del espermatozoide se encuentra formada por el axonema.<sup>1,2,4</sup>



**Figura 2.** Partes del espermatozoide. Tomado de: APB2 Espermatogénesis<sup>7</sup>

## CAPÍTULO II.

### ENDOCRINOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

La reproducción en mamíferos es muy compleja ya que involucra una serie de procesos que deben estar muy bien coordinados.

La fisiología estudia las funciones y actividades que tienen lugar los diferentes órganos, en cuanto a la endocrinología se encarga de la función de las glándulas endocrinas. Esta coordinación la ejecuta a través de la producción de una serie de hormonas que se producen en el hipotálamo, hipófisis y en el testículo.<sup>4</sup>

#### ***2.1 Hormonas involucradas en la reproducción del verraco.***

Las hormonas más importantes en la reproducción son la hormona luteinizante (LH), la hormona folículo estimulante (FSH) y la testosterona. Las dos primeras son producidas por la hipófisis anterior y están bajo el control de los factores de liberación hipotalámicos (GnRH), mientras que la testosterona es producida y secretada por el testículo (**Cuadro 1**).<sup>4,8</sup>

**Cuadro 1.** Principales hormonas en la reproducción del verraco.

GLÁNDULA	HORMONA	FUNCIÓN
Hipotálamo	GnRH	Libera FSH y LH.
Hipófisis anterior	Hormona Luteinizante (LH)	Estimula a las células de Leydig para producir testosterona, progesterona y estrógenos.
Hipófisis anterior	Hormona folículo estimulante (FSH)	Induce cambios bioquímicos y morfológicos en las células de Sertoli, y en las células de Leydig, estimula el desarrollo de receptores de unión a la LH. Estimula la síntesis de ABP (proteína ligadora de andrógenos) e inhibina.
Testículos	Testosterona	Promueve el desarrollo y el funcionamiento de las glándulas accesorias, origina el desarrollo de las características sexuales secundarias y facilita el cortejo, la erección y la eyaculación. La secreción provee una alta concentración de ésta al túbulo seminífero, esencial para la espermatogénesis.
	Estrógenos	Las células de Leydig producen principalmente estrógenos por acción de la enzima aromatasa. Cuando los estrógenos ingresan al aparato genital femenino, favorece el transporte espermático mediante la liberación de prostaglandinas del endometrio, aumentan la frecuencia de las contracciones uterinas e influyen en el momento de la ovulación aumentando la liberación de prostaglandinas intrafoliculares.
	Inhibina	Su función es la de regular la secreción de FSH, relacionado con la producción de semen.

Elaboración realizada por la tesista.

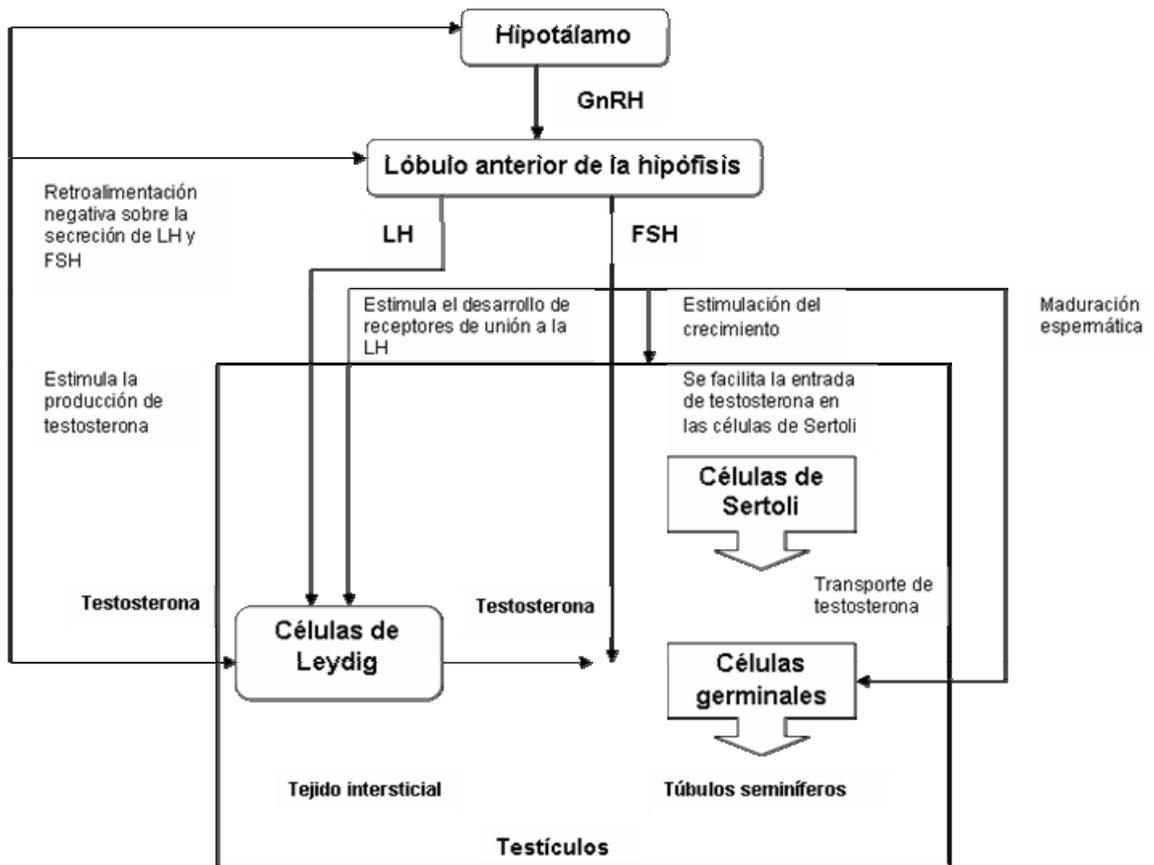
### **2.1.2 Interacción hormonal.**

El crecimiento y el desarrollo del testículo están bajo el control de la hipófisis anterior, por medio de la LH y la FSH. Esta última es responsable de estimular el crecimiento de los túbulos seminíferos, mientras que la LH estimula las células de Leydig para la producción de testosterona.

Las células de Leydig son las encargadas de sintetizar andrógenos

como testosterona, androstenediona, 5-androstenediol, sulfato de 5-androstenediol, dehidroepiandrostenediona y el grupo de hormonas conocido como 16-androstenes, que son precursores de las feromonas. Las células de Leydig tienen receptores para la LH y son estimuladas por esta hormona para que produzcan andrógenos.

Las células de Sertoli también tienen funciones endocrinas, básicamente convierten los andrógenos en estrógenos por medio de la enzima aromatasa. También producen estradiol, estriol y estrona, hormonas que, junto con los andrógenos, son necesarias para la conducta sexual y el desarrollo de las glándulas accesorias. Las funciones de las células de Sertoli son estimuladas por la FSH, para lo cual poseen receptores, así como receptores para andrógenos, por lo que la testosterona actúa de manera sinérgica con la FSH para estimular estas células. Las células de Sertoli también secretan inhibina, cuya principal función es regular la secreción de FSH, relacionado con la producción de semen (**Figura 3**).

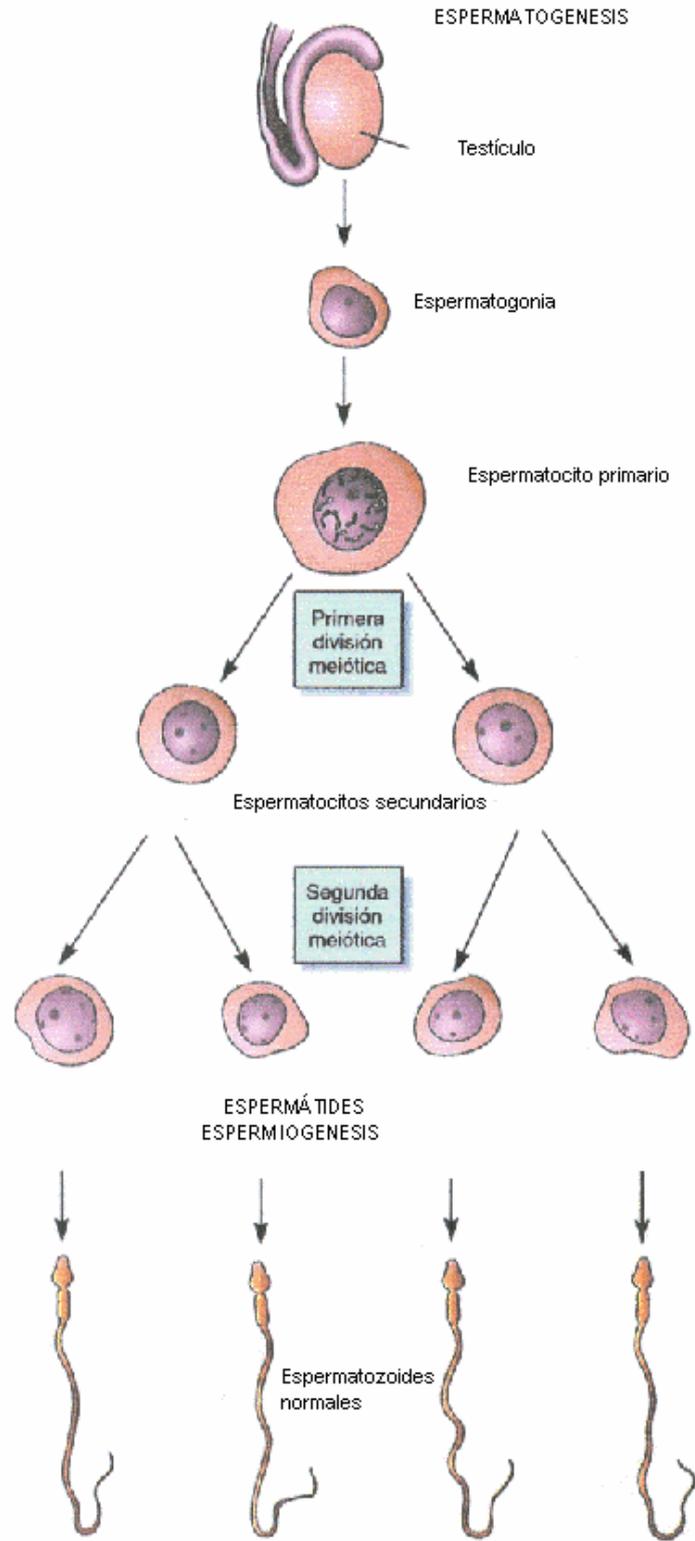


**Figura 3.** Interacción de FSH, LH y testosterona en machos prepúberes.  
Tomado de Martínez GR<sup>4</sup>

## 2.2 Espermatogénesis.

Término que se aplica al proceso por medio del cual se forma el gameto del macho, el espermatozoide. Este proceso se lleva a cabo en los túbulos seminíferos y se divide en dos: espermatocitogénesis y espermiogénesis, el proceso dura 34 días aproximadamente.

La espermatogénesis comienza aproximadamente a los 115 días de edad y se estabiliza a los 180 días, cuando la organización celular de los túbulos seminíferos indica la maduración testicular (**Figura 4**).<sup>4, 6</sup>



**Figura 4.** Proceso de Espermatogénesis. Tomado de: Génesis de la reproducción II espermatogénesis<sup>9</sup>

### **2.3 Espermatoctogénesis.**

Es el proceso en el que las células del espermatozoide sufren las divisiones mitóticas y meióticas, la LH juega un papel importante durante este proceso.

### **2.4 Espermioogénesis.**

En esta fase las espermátidas sufren una serie de cambios hasta convertirse en un espermatozoide, los cambios incluyen la condensación del material nuclear, formación de la cola y el desarrollo del acrosoma, la FSH esta implicada principalmente en esta etapa. <sup>4, 6, 8</sup>

### **2.5 Maduración del espermatozoide.**

Una vez formado el espermatozoide y liberado en el túbulo seminífero, inicia su recorrido en el epidídimo, proceso que dura aproximadamente 10-14 días, donde adquiere su capacidad para fecundar. Los espermatozoides que se encuentran en la cabeza del epidídimo tienen pobre capacidad de fertilización, mientras que los alojados en la cola ya pueden fertilizar.

El proceso de la formación de un espermatozoide junto con el tiempo de maduración a nivel de epididimo, dura de 45-50 días. <sup>4, 6</sup>

### **2.6 Capacitación de los espermatozoides.**

Al momento de la eyaculación los espermatozoides se mezclan con secreciones de las glándulas accesorias y la motilidad se activa rápidamente. Antes de poder fertilizar al ovocito, los espermatozoides deben permanecer en

el tracto reproductivo de la cerda durante un tiempo y sufrir un proceso de capacitación. Estos cambios incluyen la eliminación de macromoléculas absorbidas durante la maduración, alteraciones de tipo iónico, se modifica la composición de los fosfolípidos de la membrana plasmática y se presentan alteraciones en las glicoproteínas de la misma.<sup>4, 8</sup>

Los espermatozoides son transportados primero por movimientos musculares del útero, después deben nadar para cruzar la unión uterotubárica; los espermatozoides que atraviesan esta barrera llegan a la porción inferior del oviducto, donde se adhieren a la pared de ésta por la región acrosómica, donde permanecen inactivos, de lo contrario mueren.

Al momento de la ovulación los espermatozoides experimentan el proceso final de capacitación, se vuelven “hiperactivos”, logran una propulsión muy fuerte y son capaces de penetrar la cubierta celular del ovocito.

En el caso de la inseminación artificial, el proceso de capacitación de los espermatozoides se puede iniciar durante su almacenaje como dosis seminal.<sup>4</sup>

### ***Reacción acrosomal.***

La reacción acrosomal es un proceso especializado de fusión de la membrana citoplasmática con la membrana acrosomal externa en la zona apical de la cabeza espermática originando la liberación de las enzimas almacenadas en el acrosoma y la exposición de la membrana acrosomal interna. La importancia de la reacción es la liberación de las enzimas hidrolíticas que son requeridas para que el espermatozoide pueda penetrar la zona pelúcida; este proceso se desencadena luego que el espermatozoide entra en contacto con una serie de moléculas presentes en la zona pelúcida, lo

cual permite el reconocimiento específico entre el espermatozoide y el oocito.<sup>8</sup>

Para que ocurra la reacción acrosomal y la fertilización, se requiere que el espermatozoide sufra el proceso de capacitación ya mencionado. Estos dos eventos, capacitación y reacción acrosomal, están unidos secuencial y funcionalmente ya que varios de los procesos de activación de señales intracelulares que ocurren durante la reacción acrosomal, fueron iniciados durante la capacitación.<sup>4</sup>

## CAPÍTULO III.

### PUBERTAD

#### **3.1 Pubertad.**

Se define como el inicio de la fase sexual y se reconoce cuando el verraco es capaz de liberar gametos.<sup>10</sup>

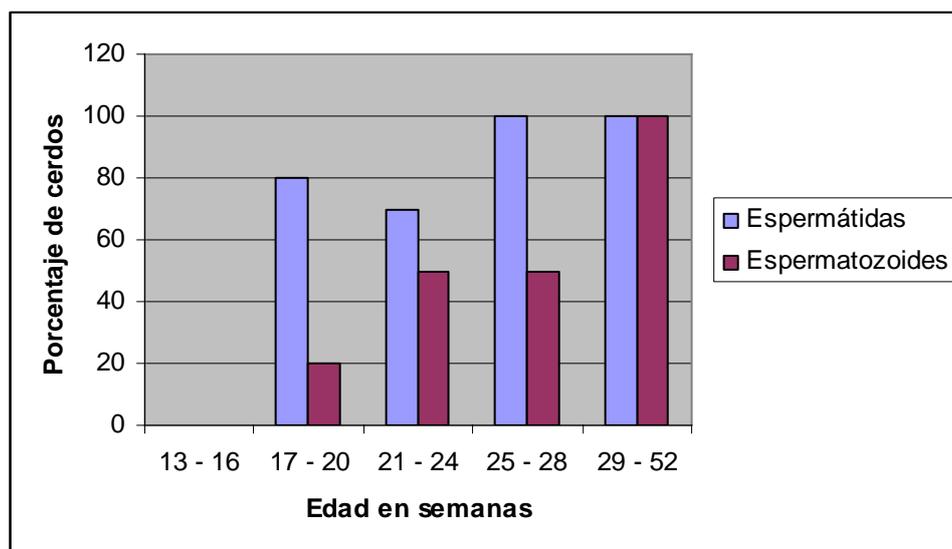
Se caracteriza por cambios histológicos a nivel testicular, que se manifiestan por un aumento del diámetro y longitud de los túbulos seminíferos, formación de la luz tubular, proliferación de las células de Sertoli y aparición de las células espermatogénicas.

La presentación de la pubertad en los machos esta relacionada con un incremento hormonal de la FSH y testosterona, durante la fase pre-púber la testosterona tiene un efecto de retroalimentación negativo sobre la secreción de gonadotropinas. Poco antes de la pubertad el hipotálamo es menos sensible a esta retroalimentación, principalmente para la FSH, lo que origina un incremento en los niveles plasmáticos de esta hormona y reduce la capacidad inhibitoria de la testosterona. Al mismo tiempo la FSH promueve el desarrollo de receptores LH en las células de Leydig, lo que aumenta la cantidad de esta hormona.

La LH estimula un incremento en la cantidad de testosterona, al permitir que esta última sea una proteína receptora en la célula de Sertoli que será transferida a la célula germinal, acelerando así la espermatogénesis.<sup>4, 10, 11</sup>

Se considera que un macho ha llegado a la pubertad, cuando la cantidad de espermatozoides presentes en el túbulo seminífero es mayor que la

cantidad de espermátidas, y en este momento ha alcanzado los cinco u ocho meses de vida; sin embargo, no significa que el semental sea completamente maduro desde el punto de vista reproductivo, la madurez sexual se presenta alrededor de los 18 meses de edad (**Figura 5**).<sup>11, 12</sup>



**Figura 5.** Proporción espermátidas/espermatozoides en el testículo a diferentes edades.

Tomado de Martínez GR<sup>4</sup>

### **3.2 Factores de manejo que afectan la pubertad en el macho.**

- **Tamaño testicular.** Como sucede con otros mamíferos, existe en el verraco una correlación positiva entre el tamaño testicular y la producción de semen. Las diferencias en el tamaño testicular guardan relación con las concentraciones hormonales de testosterona, estradiol y LH. El peso testicular está ampliamente relacionado con la edad y peso corporal. La existencia de una correlación entre el tamaño testicular y el porcentaje de túbulos seminíferos con espermatogénesis activa, sugiere

que sementales con mayor tamaño testicular producen mayor cantidad de células espermáticas y viceversa.

- *Ambiente social:* La crianza de los machos en forma aislada tiene un efecto negativo en la edad a la pubertad y en la conducta sexual, de preferencia los machos deben criarse juntos en grupos pequeños de entre cinco y diez animales y debe dárseles un espacio vital de 1.5 metros<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) por individuo, contando con alimento a libre acceso y evitando corrales con desniveles, charcas y divisiones en el piso.<sup>10, 13</sup>
- *Fotoperiodo:* El fotoperiodo es un factor muy controvertido en la especie porcina. El estudio de su efecto sobre la reproducción se ha centrado, en gran parte, en la valoración de cambios producidos en los niveles séricos de diversas hormonas sexuales, como la hormona folículo estimulante (FSH), LH y testosterona. Estos estudios sobre si hay o no efecto de la cantidad de horas luz y de su intensidad sobre las características reproductivas del verraco (producción de testosterona, concentración espermática, libido), concluyen que dichas características se ven favorecidas en los días cortos, por lo que se recomienda utilizar 10-12 horas luz al día y con una intensidad de 300 lux. Diversos estudios confirman que la intensidad de luz tiene un bajo o nulo efecto sobre la reproducción del semental.<sup>10, 13</sup>

- *Nutrición:* Restricciones de 20 al 30 % en el consumo diario de alimento retrasan la pubertad y disminuyen el volumen testicular. Es importante establecer programas de alimentación que cubran las necesidades para alcanzar el máximo rendimiento del verraco, sin efectos negativos. Para cubrir las necesidades nutricias de los sementales es necesario tomar en cuenta el peso vivo, ritmo de crecimiento y la actividad sexual.<sup>13,14,15</sup>  
*Necesidades nutricias del semental:* 3000 Kcal de EM/kilogramo, 16 % de proteína cruda, % de lisina, 6 - 7 % de fibra cruda. Es importante que se vigile la relación proteína/energía para evitar sobrepeso, así como el correcto suministro de minerales y vitaminas. Bajo situaciones de estrés o cambios de estación se recomienda administrar un aporte adicional de vitaminas como la A, E, C y de minerales como el selenio, zinc y cromo; incluso puede sugerirse un aporte de aminoácidos como lisina, metionina, cisteína y triptófano, encaminados a mejorar la libido y la concentración espermática del eyaculado.<sup>2, 13, 14,19</sup> En base a los conocimientos actuales y observaciones de campo se recomienda suministrar un alimento con un 15 – 16 % de proteína y energía (2.900-3.050Kcal EM/Kg) y rico en FND (18-22%), calcio (0.80-1.0) y fósforo total (0.65-0.75%) a sementales en producción activa de semen. Este alimento debe tener una proteína equilibrada con un perfil de aminoácidos similar al de cerdas en gestación. Niveles de 0.70, 0.48, 0.50 y 0.14% de lisina, azufrados, treonina y triptófano totales son adecuados. Las cantidades a suministrar de esta dieta estándar (3.000Kcal EM/Kg) seria de 2 kg para animales de menos de 140 kg, 2.2

kg entre 140 y 160 kg, 2.6 kg entre 160 y 200 kg, 3.0 kg entre 200 y 250 kg, 3.2 kg entre 250 y 300 kg. Un programa alimenticio práctico, cuando no es posible utilizar alimentos específicos, consistiría en suministrar a los sementales de reemplazo una dieta tipo crecimiento (3.150 Kcal EM, 0.95% lisina total, 0.9% calcio, 3.38% fósforo disponible) para lograr un crecimiento de tejido magro hasta los 100-120 Kg de peso vivo. A esta edad se debe restringir la ingesta a un 85 % aproximadamente del consumo ad libitum hasta alcanzar unos 200-230 Kg de peso vivo. <sup>14,15</sup>

En relación con la presencia de micotoxinas en el alimento, una dieta con 9 ppm de zearalenona durante uno a 11 meses reduce el tamaño testicular y el peso del epidídimo, mientras que la alimentación con 40 ppm reduce la libido. <sup>13, 14, 15</sup>

- *Genética*: Bajo condiciones normales los cerdos alcanzan la pubertad entre los cinco y ocho meses de edad; los animales híbridos la alcanzan 49 días antes en promedio que los animales de raza pura. <sup>4,10</sup> Los sementales híbridos tienen un mejor comportamiento reproductivo, ya que las características reproductivas tienen una baja heredabilidad: tamaño testicular 0.33, peso testicular 0.37, producción de testosterona 0.25, libido 0.15, características cualitativas del semen 0.17, cuantitativas 0.37 y tamaño de la camada 0.01. Esta información permite concluir que dichas características reproductivas están bajo la influencia importante de otros factores que debemos manejar de manera eficiente como son: manejo, instalaciones, nutrición, medio ambiente y por agentes patógenos, para lograr una mejor expresión del desempeño

reproductivo de los verracos.

- *Estado sanitario:* Cualquier proceso infeccioso que produzca fiebre de 40 °C, como en el caso de la Erisipela Porcina, Salmonelosis o cualquier trastorno respiratorio, así como enfermedades que afectan directamente el testículo y epidídimo (por ejemplo: Ojo azul, Brucelosis.) interrumpe el proceso normal de espermatogénesis, lo cual se manifiesta posterior a los 40-45 días con eyaculados azoospermicos o con un incremento en la cantidad de anormalidades de carácter primario.<sup>4, 13</sup>

## **CAPÍTULO IV.**

### **EVALUACIÓN FÍSICA DEL VERRACO**

El semental utilizado ya sea para monta natural o en un programa de inseminación artificial tiene gran repercusión sobre la eficiencia reproductiva de una granja, contribuye con el 50% de las características que se manifiestan en la progenie, por lo que es de vital importancia realizar la evaluación sobre aspectos morfológicos, reproductivos y productivos, con la finalidad de obtener el mayor número de eyaculados provenientes de los mejores animales. <sup>1, 4, 12, 13</sup>

#### ***4.1 Valor genético***

La incorporación de verracos a una explotación o un centro de inseminación artificial requieren de una valoración genética. Las principales características a seleccionar en el ganado porcino se agrupan en reproductivas, de producción, de la canal y morfológicas. Algunas de estas variables son heredadas por los machos y las hembras a su progenie, por lo que se seleccionan en los futuros reproductores con el fin de que estas características se expresen en la progenie. <sup>1,4,12,14</sup>

##### ***4.1.1 Características reproductivas***

- Edad a la pubertad: Esta se correlaciona con la velocidad de crecimiento y negativamente con el espesor de la grasa dorsal. La heredabilidad es de 0.3.

- **Peso al nacer:** Este es importante para la sobrevivencia y el desarrollo del cerdo y tiene una heredabilidad de 0.4. <sup>12</sup>
- **Tamaño de la camada:** El tamaño de la camada se selecciona con base en los lechones nacidos, la heredabilidad es de 0.09. Seleccionar el tamaño de la camada al nacimiento es la mejor forma de mejorar la tasa de ovulación de las cerdas. Se ha determinado que los animales más prolíficos tiene un menor porcentaje de carne magra sin ver afectado su crecimiento. <sup>12</sup>
- **Crecimiento de los lechones:** El peso de los lechones al destete o a los 21 días es una medida de selección fácil de registrarse, pero su heredabilidad es baja y variable (0.06-0.3). Existe una correlación negativa entre el espesor de la grasa dorsal en las madres y el peso de los lechones al destete cuando la cerda se alimenta en forma restringida, no así cuando se alimenta a libre acceso.
- **Tamaño testicular:** El tamaño testicular se relaciona con el número de espermatozoides y su concentración en el epidídimo, es un indicador reproductivo importante en los verracos y puede ser útil como criterio de selección en los machos. Es importante citar la relación que existe entre el peso testicular con la tasa de ovulación de las hermanas, con el número de nacidos de la madre en la camada previa. <sup>12,14</sup>

#### **4.1.2 Características de producción**

- **Velocidad de crecimiento:** Esta característica se mide de los 20 a los 105 kg y su heredabilidad es del 0.3. esta variable es interpretada por medio

de la ganancia diaria de peso y es una medida del potencial del animal para crecer; esta variable es importante en un sistema de alimentación a libre acceso.<sup>12</sup>

- *Conversión alimenticia (CA)*: Los datos que se requieren para la obtención de la conversión alimenticia son: saber cuantos kg de alimento consumió un animal durante un determinado periodo de tiempo y los kg de carne magra ganados por el animal. Mientras que para la ganancia diaria de peso (GDP) se dividen los kg de carne magra ganados entre los días de prueba. La CA se mide simultáneamente con la GDP y su heredabilidad tiene un promedio de 0.3.
- *Consumo de alimento (CDA)*: Al reducir la CA y la cantidad de grasa dorsal en los cerdos seleccionados, ha disminuido el consumo de alimento (CDA) en algunas líneas; el éxito se ha basado en la reducción del consumo de alimento en los animales. Algunos genotipos con gran cantidad de carne magra y poca grasa no son capaces de incrementar el tejido magro debido a lo reducido de su apetito. El CDA tiene un índice de heredabilidad de 0.24.<sup>12</sup>

#### **4.1.3 Características de la canal**

- *Grasa dorsal (GD)*: La heredabilidad de esta variable tiene un rango de 0.4 a 0.5. El espesor de la grasa se puede medir con un aparato de ultrasonido, tanto en la canal como en animales vivos. Generalmente se mide a nivel de la décima costilla a unos 5 cm. al lado de línea media. La heredabilidad de esta variable está en un rango de 0.4 a 0.5.

- *Área de ojo de la chuleta:* El espesor del músculo largo dorsal permite establecer el ojo de chuleta, es un indicador de la cantidad de tejido magro. la heredabilidad es de 0.47; esta característica se puede estimar en el cerdo vivo empleando un aparato de ultrasonido.
- *Largo de la canal:* Se mide de la primera costilla a la tuberosidad isquiática del hueso pélvico y es un indicador de la cantidad de grasa, carne magra y hueso que contiene una canal. La heredabilidad de esta variables de 0.56.
- *Porcentaje de carne magra:* Este se estima considerando que porcentaje del peso de la canal que representa el peso de los jamones, el lomo y la espaldilla (cortes magros); es el resumen de eficiencia del cerdo, su heredabilidad es de 0.48. <sup>12</sup>

#### **4.1.4 Características morfológicas**

- *Aplomos y conformación:* La presencia de defectos de los miembros en los cerdos limita su vida como reproductor y se relaciona con problemas de rendimiento en GDP, GD y calidad de la carne. La heredabilidad puede ir desde 0.27 hasta 0.53. <sup>12,14</sup>
- *Número y conformación de las tetas:* Debe evitarse seleccionar animales con tetas ciegas, anilladas, pequeñas, impares y asimétricas. La selección debe realizarse tanto en machos como en hembras. Se seleccionan machos que mínimo tengan 12 tetas. La heredabilidad es de 0.4. <sup>1,12,14</sup>

#### **4.1.5 Alteraciones genéticas**

Las siguientes son condiciones indeseables que debemos evitar en los sementales:

- Determinación de verracos portadores de defectos genéticos en la progenie.
- Atresia anal: Condición en la que la abertura del ano está ausente u obstruida.
- Intersexualidad: Presenta de forma simultánea características sexuales del macho y de la hembra. Puede poseer una abertura vaginal la cual puede estar parcialmente fusionada, un órgano eréctil más o menos desarrollado y ovarios o testículos, los cuales suelen ser internos.
- Criptorquidismo: Significa que uno o los dos testículos no se encuentran en el escroto.
- Frenillo peneano (se presenta cuando quedan bandas del prepucio que no queratinizan, manteniendo entonces la unión del pene, cuando esto ocurre, el final del pene se curva hacia el prepucio durante la erección y la eyaculación.<sup>1, 2</sup>
- Erección incompleta.
- Tetas defectuosas.
- Hernia escrotal.
- Comportamiento anormal durante la colecta.<sup>1, 13, 14</sup>

#### **4.2 Examen clínico**

De manera importante, para llevar a cabo una adecuada evaluación

integral del animal es necesario un examen clínico.

La información que debe incluir la historia clínica es a partir del registro individual del verraco: identificación, edad, raza, origen del verraco, calendario de vacunación, enfermedades y lesiones que haya sufrido.

En el caso de que se trabaje para inseminación artificial se debe conocer el método de colección, frecuencia de colección, diluyente utilizado y el promedio de dosis preparadas por eyaculado.<sup>1, 16, 17</sup>

Las características necesarias que deberá cumplir un semental son:

- a) Libre de ectoparásitos y enfermedades de la piel, ya que esto repercute sobre el aspecto físico del animal.<sup>1, 13, 14</sup>
- b) Se deberá hacer una evaluación del aparato locomotor del animal, ya que es necesario buscar animales que tengan extremidades fuertes para que puedan soportar su peso durante la colección, pues al momento de realizar la colecta los miembros posteriores serán su principal punto de apoyo.<sup>1, 14</sup>

Aunque un problema de aplomos se ve directamente relacionado con la incapacidad del animal para el salto y no tanto con el número de espermatozoides producidos o con su calidad, el resultado final es la falta de producción de dosis seminales. Hay que tomar en cuenta que el exceso de humedad y el tipo de suelo incrementan los problemas de cojeras o debilidad de aplomos.<sup>14</sup>

- c) Es importante realizar una inspección de los órganos genitales externos, los cuales deben estar bien desarrollados y que no presenten lesiones o algún defecto físico que pudiera ser congénito. Las características de los genitales externos varían según la raza y la edad del semental.<sup>1, 4, 14</sup>

En cualquier caso se descartarán los verracos que presenten testículos pendulosos, ya que son más susceptibles a sufrir lesiones.

En el caso del epidídimo se deberá palpar la cabeza para verificar que no tenga malformaciones.

Por otro lado el pene se examinará al momento de la colección o bien durante la monta, ya que es cuando el verraco lo exterioriza, este no deberá presentar defectos que le impidan realizar un adecuado desarrollo durante la eyaculación, la coloración del órgano deberá ser rosa pudiendo llegar inclusive a ser rojo.<sup>1, 14</sup>

#### ***4.3 Condición corporal***

Para facilitar la clasificación acerca de la condición corporal, en el cuadro 2 se presenta el criterio para cada valor. Los sementales deberán mantenerse en la condición corporal número tres, el cual considera un animal con una condición normal. Los sementales obesos (valor  $\geq 4$ ) pueden presentar una reducción de la libido y problemas locomotores; por el contrario verracos con una pobre condición corporal (valor 1) se afectará la calidad espermática.<sup>12, 14</sup>

**Cuadro 2.** Condición corporal del semental

Valor	Condición	Isquion	Forma
1	Emaciado	Muy visible	Huesos muy aparentes
2	Delgado	Visible	Costillas y espina dorsal pueden palpase
2.5	Ligeramente delgado	Se detecta Fácilmente	Tubo ligeramente aplanado de los lados
3	Normal	Se detecta levemente	Tubo
3.5	Buena condición	Se dificulta su detección	Tubo
4	Sobrepeso	No detección	Bulto
5	Obesidad	No detección	Barril

Tomado de: Espinosa HS.<sup>14</sup>

#### **4.4. Examen de la libido**

La determinación de la libido y de la habilidad de apareamiento se basa en la observación de la conducta sexual del semental en presencia de una hembra en calor o maniquí.

Es necesario observar al verraco solo, en su alojamiento y posteriormente en presencia de una hembra en calor, en ese momento se determina el deseo sexual, en relación al tiempo en que lo demuestre.

#### **4.5. Examen del semen**

Las características seminales que se evalúan son: color, olor, volumen, pH, temperatura, motilidad, aglutinación, concentración espermática, anomalías primarias, secundarias e integridad acrosomal (ver capítulo ocho)

## CAPITULO V.

### INSTALACIONES PARA EL SEMENTAL

Las instalaciones constituyen uno de los factores más importantes para mantener en óptimas condiciones a un semental. El material y equipo empleado es diverso según posibilidades económicas y sistema de manejo empleado.

#### **5.1 Alojamiento del semental.**

Los sementales son los animales más grandes de la granja, por lo tanto, el espacio vital que requiere un verraco para mantenerse en óptimas condiciones es de 6 a 8 m<sup>2</sup>.

Las características para un corral son las siguientes:

- 1.- Tiene que ser individual
  - 2.- Con 3% de declive del piso
  - 3.- Piso antiderrapante
  - 4.- El bebedero se coloca en un ángulo de 45 grados a una altura de 65 a 75 cm del piso y debe proveer un flujo de agua de 1.5 litros por minuto
- (Figura 6).**<sup>14</sup>



**Figura 6.** Semental tomando agua de un bebedero colocado adecuadamente.

5.- El alimento deberá proporcionarse en el área limpia, ya sea en el piso o en su defecto en una canaleta.<sup>14, 17, 18</sup>

6.- Cama, puede ser de paja o viruta de madera.

Si a cada semental se le proporciona un espacio de 8 m<sup>2</sup>, se recomienda que 2 m<sup>2</sup> sean de piso tipo slat. Las dimensiones de éste se sugiere que tenga una longitud de 1.5 m, 88 mm de ancho y una separación de 19 mm entre cada uno de ellos.<sup>1, 14, 17</sup>

A continuación se mencionan algunas alternativas de instalaciones para verracos:

***Corral tipo Kennel.***

Área limpia: 1.92 m de ancho x 2.04 m de largo.

Área sucia: 2.07m de ancho x 2.43 m de largo

***Corral con techo en una caseta abierta.***

Área limpia: 1.03 m de ancho x 2.07 m de largo.

Área sucia: 2.07 m de ancho x 2.07 m de largo.

Puerta del corral: 73 cm de ancho en el área limpia.

Altura de las bardas del corral: 1.20 metros.

***Dimensiones de una jaula.***

Ancho: 71 centímetros.

Largo: 240 centímetros.

Altura: 117 centímetros.

En este tipo de instalación se recomienda proporcionarle al menos 1.42 m de slat en la parte posterior de la jaula. <sup>14</sup>

En el siguiente cuadro se citan algunas ventajas y desventajas que existen en cinco diferentes tipos de corrales que se utilizan en la inseminación artificial (Cuadro 3). <sup>14</sup>

**Cuadro 3.** Ventajas y desventajas en diferentes tipos de corrales.

<b>Tipo de corral</b>	<b>Higiene</b>	<b>Bienestar</b>	<b>Costo de trabajo</b>	<b>Inversión</b>
Sistema de cajón con piso total slat	+	--	Bajo	Baja
6 m <sup>2</sup> sobre slat y piso perforado	-	-	Alto	Alta
6 m <sup>2</sup> sobre paja cubriendo todo el piso	++	++	Muy alto	Alta
6 m <sup>2</sup> sobre paja con un sistema de eliminación de excretas	++	++	Alto	Muy alta
6 m <sup>2</sup> sobre una cama profunda	--	+	Alto	Alta

Tomado de: Espinosa HS. <sup>14</sup>

## 5.2 Área de colecta.

El área de colecta debe estar libre de cualquier objeto que distraiga al animal, el piso deberá estar limpio y seco, además es recomendable el uso de un tapete antiderrapante junto al potro para evitar que resbale el animal.

Esta área deberá constar de un espacio de 2.5 m x 3 m (**Figura 7a**), y además para facilitar el manejo del semental se recomienda una salida alternativa para el trabajador (**Figura 7b**), ya que estos animales pueden comportarse de manera agresiva durante el entrenamiento.<sup>1, 4, 17</sup>



**Figura 7a.** Corral de colecta (se indica el potro forrado).

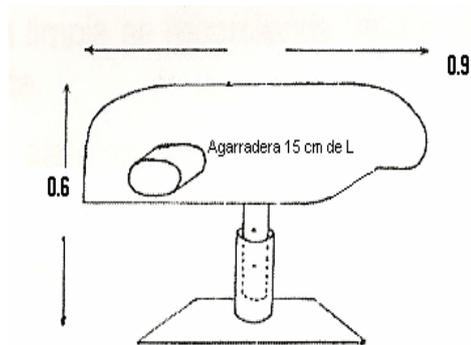


**Figura 7b.** Se observan las salidas de emergencia para el trabajador (barrotes de metal).

### 5.3 Potro de colección.

Un factor importante a considerar es el potro de colección o maniquí, existe gran variedad de diseños, por lo que debe contar con las siguientes dimensiones:

- Altura mínima de 60 centímetros, largo de 90 centímetros y ancho de 25 a 30 centímetros (**Figura 8**).<sup>1, 14</sup>



**Figura 8.** Dimensiones generales de un potro de colección (L=largo).

- El maniquí o potro puede comprarse (**Figura 9**) o construirse, si se construye debe ser con material resistente como hierro y/o madera y ser recubierto con hule espuma y un plástico resistente.
- Debe estar fijo al piso o a la pared, es importante que el potro se ajuste a la altura de cada semental.<sup>1,14,16</sup>



**Figura 9.** Petro de colección fijo en la pared.

## **CAPITULO VI.**

### **MEDICINA PREVENTIVA.**

La medicina preventiva se encarga de prevenir las enfermedades de ocurrencia común en el medio, cuyo diagnóstico precoz y tratamiento oportuno mejora la calidad de vida.

Existen ciertas prácticas de sanidad que se llevan a cabo con los sementales en forma periódica, entre ellas están:

#### **6.1. Cuarentena y adaptación.**

Todo animal de reemplazo externo a la empresa debe alojarse en la cuarentena (corrales lo más alejados de la granja), el tiempo de permanencia en ésta depende de la enfermedad presente en la empresa, en términos generales va de 28 a 75 días con la finalidad de que se manifiesten los signos clínicos de enfermedad en caso de existir animales portadores.<sup>11</sup> En este periodo se realizan pruebas serológicas para determinar el estado sanitario de cada animal, mismas que se llevaran a cabo cada seis meses. La etapa de adaptación inicia después del periodo de cuarentena, esta ocupa de 3 a 4 semanas, aquí el animal se aclimata a las instalaciones y al manejo de la granja, además se establece un programa de inmunización de acuerdo con las enfermedades de la zona geográfica.<sup>9, 11, 19</sup>

## 6.2. Aplicación de vitaminas y minerales.

1. La aplicación de vitaminas ADE por vía intramuscular (IM) cada mes, ya que intervienen en el desarrollo sexual de los verracos. La vitamina E es importante en cuanto a la calidad espermática, es un componente antioxidante de los espermatozoides. Se ha observado que la suplementación de esta vitamina aumenta la concentración espermática, disminuye el porcentaje de células anormales. Se recomienda utilizar de 30 a 60 UI/kg de alimento durante una semana. Además de la vitamina E, se recomienda proporcionar 2 ml en conjunto con la vitamina A y D vía IM.
2. La vitamina C y zinc mejoran la calidad espermática. La vitamina C actúa como barrera antioxidante, mejora la viabilidad espermática, disminuye la presencia de anomalías, mantiene el funcionamiento de los testículos, epidídimo y glándulas accesorias. Algunos trabajos reportan que 300 mg de vitamina C al día mejoran la calidad del semen y disminuyen las células espermáticas anormales <sup>4, 7, 12</sup>. El zinc actúa en la espermatogénesis, en el proceso de maduración de las células de Leydig. En la dieta para verracos se sugiere adicionar 100 mg.
3. Selenio: Este mineral se encuentra en el flagelo de los espermatozoides, estudios recientes han encontrado que la suplementación de 0.25 a 0.30 ppm aumenta la motilidad y la calidad espermática; también existen productos que se administran vía parenteral (MuSe ®) lo que mejora el porcentaje de fertilidad.<sup>2, 13, 14</sup>  
En la actualidad existen en el mercado productos (Fervinac ®) que

contienen los elementos anteriormente citados y que en lugar de aplicarlo por vía parenteral es oral. La dosis recomendada por el laboratorio es de 150 g/kg de alimento, una vez al mes.

### **6.3. Desparasitación.**

Se recomienda llevar a cabo un programa de desparasitación cada seis meses, se sugiere el uso de ivermectinas (para parásitos internos como externos) por vía intramuscular a una dosis de un ml por cada 33 kg de peso vivo. Aunque existen productos vía oral como es el fenbendazol (40mg en un gramo) en el cual se puede dar el tratamiento por un solo día a una dosis de 5 mg/kg de peso vivo <sup>13, 14</sup>

### **6.4. Vacunación.**

Es indispensable establecer un calendario de vacunación de acuerdo a los agentes patógenos de la región y realizar pruebas serológicas para conocer el estado sanitario de los animales cada seis meses como mínimo.

La inmunización consiste en inocular a los cerdos con microorganismos completos, vivos o muertos para que desarrollen una respuesta protectora contra los gérmenes.

Las vacunas pueden ser vivas (microorganismos vivos que se multiplican en el cerdo), inactivadas o muertas (microorganismos muertos que no pueden replicarse).

Las vacunas vivas pueden atenuarse para reducir su virulencia, pero al replicarse es posible que provoque la enfermedad; sin embargo, ofrecen la

ventaja de producir un estímulo antigénico fuerte y de larga duración, aunque pueden inactivarse por calor o, durante la aplicación, por el uso de algún antiséptico.

Las vacunas inactivadas o muertas pueden contener el microorganismo completo, partes antigénicas de él o incluir toxinas que se han modificado para no provocar efecto en el animal (toxoides). El uso de estas vacunas implica adicionar adyuvantes, como hidróxido de aluminio.

Una opción son las vacunas autógenas que se elaboran con el agente específico aislado de cerdos enfermos. Usualmente se elaboran para su uso en la propia granja. Estas vacunas podrían elaborarse con las siguientes bacterias: *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Haemophilus parasuis*, *Pasteurella spp.*, *Salmonella spp.*, *Streptococcus suis*.<sup>1, 13, 14,20</sup>

Existen vacunas (ejemplo: para Fiebre Porcina Clásica y para Influenza) que ocasionan en los verracos un periodo febril afectándose por un tiempo la calidad espermática, por lo que se recomienda realizar la vacunación por grupos de animales.

### **6.5. Pediluvios.**

Es muy importante mantener los aplomos en óptimas condiciones ya que sostienen todo su peso al momento de brincar al potro para la colecta de semen. Por lo que se sugiere que cada mes se realice el pediluvio para evitar reblandecimiento de las pezuñas. El cual se prepara de la siguiente manera<sup>14</sup>:

- 250 g de sulfato de cobre
- 1 litro de formol

- 1 kg de azúcar

Los ingredientes antes mencionados se mezclan con 10 litros de agua.

Esta solución se puede agregar en pequeñas fosas diseñadas en una zona estratégica por donde los sementales pasen para el área de colecta. Si no es posible, la mezcla se aplica directamente sobre las pezuñas con una brocha.

17

### **6.6. Lavados prepuciales.**

Los lavados prepuciales se realizan mensualmente con la finalidad de controlar la flora normal del divertículo prepucial que en algunas ocasiones provocan problemas tanto en los sementales como en las hembras (cuando se maneja monta natural). Se preparan con agua destilada o con una solución al 30% de bicarbonato de sodio, se recomiendan realizar 3 lavados consecutivos. También se puede emplear furazolidona a una dosis de 90 ml en un litro de agua o una solución Bonus, el cual su principio activo es el clorhexidina digluconato y se hace una dilución al 10 %. Para limpiar el prepucio también se pueden emplear toallas comerciales que vienen impregnadas con clorhexidina.<sup>14, 21</sup>

### **6.7. Corte de vellos prepuciales.**

Se debe implementar como rutina de trabajo, ya que si dicho vello se dejan largos ocasionan contaminación al momento de la colecta o pueden jalarse al sujetar el pene, lo que ocasionara dolor al animal.<sup>14, 21</sup>

### **6.8. Baño.**

Para facilitar la manipulación del verraco se recomienda introducirlo a una manga de manejo, en donde se procede a exprimir el divertículo prepucial y limpiar el orificio del mismo, con material limpio y desechable. Posteriormente se recomienda un baño con agua, jabón y cepillo, principalmente la región del abdomen alrededor de la zona prepucial, esta actividad se debe realizar antes de cada colecta.<sup>14, 17</sup>

### **6.9. Medidas de bioseguridad en el área de colecta.**

Es de gran importancia contar con medidas de bioseguridad ya que de esto dependerá que no se contamine el semen a la hora de la colecta.

- El área debe estar limpia y seca, después de cada colecta es importante limpiar el piso y el potro.
- Se debe establecer como rutina cada semana, lavar y desinfectar toda el área de colecta: paredes, pisos, puertas y potro de colección.
- Usar técnica de la mano enguantada.
- Emplear preferentemente material nuevo, limpio y desechable para cada colección.
- Mantener el pene paralelo al abdomen del verraco, para reducir la posibilidad de que el eyaculado se contamine con fluido prepucial.
- Desechar la fracción pre-espermática y la tapioca.
- Tener potros contruidos de materiales fáciles de lavar y desinfectar
- Pisos, paredes y puertas fáciles de limpiar y desinfectar.

- Utilizar tapetes de hule. <sup>1, 14, 17</sup>

### **6.10. Personal.**

Puntos básicos:

1. Es importante capacitar al personal del centro periódicamente para mejorar la productividad.
2. Realizar evaluaciones sistemáticas del personal para detectar deficiencias en el trabajo.
3. Facilitar al personal el equipo necesario para que lleve a cabo sus funciones de manera eficiente.

Asignar a una persona responsable en cada área: colecta, constatación, limpieza, etcétera. <sup>14</sup>

## CAPÍTULO VII.

### ENTRENAMIENTO Y COLECCIÓN DE SEMEN

#### **7.1 Tiempo de entrenamiento.**

El entrenamiento de los sementales consiste en que monten un maniquí o potro de colección para poder realizar la extracción del semen por la técnica manual.

Se recomienda iniciar entre los siete u ocho meses de edad, evitando que el semental tenga su primera experiencia sexual con una cerda ya que ocasionará que el tiempo de entrenamiento se prolonge.<sup>4, 10, 14</sup>

- Para estimular al macho primerizo es recomendable que el maniquí previamente se impregne con feromonas sintéticas masculinas (SOA®; Boarmate®), con tapioca y/o semen de sementales adultos, o se puede utilizar la orina de cerdas en celo, propias de la granja. Es importante que el encargado del entrenamiento y de la colecta sea tolerante y no dañe físicamente al animal,<sup>14, 17</sup> ya que para lograr que un semental brinque al potro se requieren de 3 días en promedio, sin embargo hay sementales que necesitan más tiempo.
- El primer día de entrenamiento se deja solo al semental en el área de colecta para que la reconozca y se familiarice con el lugar, y para el segundo día se empieza a interactuar con el animal como por ejemplo se le mueve el potro, el comportamiento que se observa es que únicamente olfatea, mordisquea, golpea el maniquí, realiza varios

- intentos de monta, se le debe dar un masaje tanto en el prepucio como en el escroto con la finalidad de estimularlo.<sup>1, 14, 16</sup>

Es importante que el entrenamiento se realice por la mañana y tarde (dos sesiones diarias) de 20 minutos cada una.<sup>1, 14</sup>

- Se sugiere que el semental en fase de entrenamiento vea trabajar a un macho adulto, también se pueden utilizar grabaciones de gruñidos de cerdas en calor. Otra opción es realizar el entrenamiento con dos machos al mismo tiempo, pero es importante que sea solo con machos jóvenes para evitar peleas agresivas entre ellos.
- Una vez que el semental logre mantenerse en el potro y exteriorice el pene se procede a sujetar el glande y se ejerce una presión constante sobre las crestas del glande o entre los surcos del mismo (estímulo) para provocar una erección completa y por ende la eyaculación (ver técnica de mano enguantada, página 50).
- Una vez que el semental ha aprendido a brincar el potro, es colectado una a dos veces a la semana para reforzar dicho entrenamiento, con un descanso de siete a diez días, después se elabora un calendario de colecta.<sup>1, 16, 17</sup>
- En caso de sementales que después de los 3 días de trabajo no hayan montado el potro o no manifiesten una buena libido se pueden usar hormonas sintéticas vía parenteral como prostaglandinas F2 $\alpha$  de 5 a 10 mg vía intramuscular (IM); esto se realiza en su corral, después de 10 minutos se lleva al área de colecta, se le puede dar un masaje en prepucio y escroto, lográndose que monte el potro 10 a 15 minutos después de la aplicación.

Se recomienda no utilizar más de 3 dosis del producto. <sup>14, 17</sup>

Una vez que se tienen a los animales seleccionados y entrenados para trabajar en un Centro de transferencia genética (CTG) se procede a la colección del semen para su procesamiento, previamente se tuvo que preparar el termo colector para ello se requiere del siguiente material: Termo colector, bolsas o vasos para el semen, filtros y guantes. <sup>17</sup>

### **7.2 Preparación del termo colector.**

El termo colector del semen debe estar previamente atemperado utilizando para ello una bolsa con agua caliente a 38-40°C y que funge como cama (**Figura 10**) o bien se puede colocar dicho recipiente desde un día antes de la colecta en una estufa de cultivo a 38-39 °C dependiendo de la temperatura ambiental. <sup>16</sup>



**Figura 10.** Termo previamente atemperado.

Después de este procedimiento se introduce un vaso o bolsa en el termo y sobre éste se ponen filtros (**Figura 11**) para que al realizar la colección no se mezcle la fracción espermática con la tapioca. Otro manejo que se hace

es que cuando se tengan animales de los cuales se obtienen eyaculados que tengan problemas de aglutinación, es conveniente que en la bolsa receptora se le agreguen 100 ml del diluyente a 37°C.<sup>14, 16, 21</sup>



**Figura 11.** Termo con filtros.

Dependiendo de la distancia que haya del área de colecta al laboratorio, es recomendable que el termo se introduzca a una caja de poliuretano para evitar un choque térmico en los espermatozoides por cambios de temperatura.

### ***7.3 Métodos de obtención de semen.***

Existen varios métodos de obtención de semen entre los cuales se encuentra la vagina artificial, la electroeyaculación y la técnica de mano enguantada.

El principio del uso de la vagina es el de 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, este método trae una serie de desventajas, tales como costo del material utilizado, complicación

en la manipulación del material, imposibilidad de separar las diferentes fracciones del eyaculado y reacciones de inhibición, causadas por variaciones en la temperatura de la vagina artificial, prácticamente esta en desuso este método.

La electroeyaculación se justifica solamente en sementales imposibilitados para la monta y que su semen sea de alta calidad genética.

La técnica más utilizada, es la de “mano enguantada” por fácil, económica y no causa daño al macho, antes de que el verraco desenvaine, la persona que hará la colecta previamente se colocó guantes desechables de vinil o polietileno.<sup>1, 2, 14, 21</sup>

Una vez que el verraco sale de su corraleta se debe observar qué tipo de temperamento tiene antes de la colección, con el fin de conocer su actitud una vez que está dentro del corral de colección.<sup>1</sup> Cuando el macho brinque al potro y asome la punta del pene éste se sujeta situando la mano de tal forma que los dedos queden en el borde del espiral del glande o “tirabuzón” del pene, se ejerce presión hasta lograr su total erección, posteriormente el animal permanecerá inmóvil, cuando el semental eyacula se observan movimientos de la cola, hay elevación de los testículos y contracciones del esfínter anal, se recomienda mantener el pene en forma horizontal procurando que el semen caiga sobre el recipiente manteniéndose así durante toda la eyaculación **(Figura 12)**.<sup>1, 14, 21</sup>



**Figura 12.** Obtención del eyaculado.

#### **7.4 Calendario de colección.**

Las dosis seminales serán distribuidas de forma proporcional al número de hembras reproductoras de la explotación, y así obtener el número máximo de dosis (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Número de dosis seminales por año dependiendo de la edad del verraco y de las colectas por semana.

<b><i>Edad del semental</i></b>	<b><i>Colectas /semana</i></b>	<b><i>Dosis / año</i></b>
< 10-12 meses	1 colecta/semana	
> 12 meses con 20 dosis	1 colecta/semana	1040
> 12 meses con 21 a 25 dosis	2 colectas / semana	2184 – 2600
> 12 meses con >26 a 30 dosis	2-3 colectas / semana	2704 – 4680

***Calendario de colecta en base a la edad el semental.***

**Cuadro 5.** *Calendario establecido con base en la edad del semental.*

---

Mayor a 1 año	1 vez/semana
Menor a 1año	2-3 veces/semana

---

Se sugiere que cada semental utilizado cuente con tres días de descanso mínimo entre cada colecta, para evitar que decline drásticamente su producción y se asegure una alta tasa de concepción.<sup>13, 14</sup>

## **CAPÍTULO VIII.**

### **EVALUACIÓN Y PROCESAMIENTO DEL SEMEN PARA LA OBTENCIÓN DE DOSIS SEMINALES.**

La evaluación permite en la actualidad obtener un informe conocido como espermograma con el que se puede determinar la calidad espermática con precisión y con ello poder clasificar a los sementales en base a la calidad de sus dosis seminales.

Una vez que se obtiene el eyaculado, se debe cuidar su manejo, esto con la finalidad de evitar contaminarlo o que sufra un choque térmico, lo cual tendrá como consecuencia una disminución en la motilidad, para evitar esto se recomienda cerrar el termo y colocarlo en una caja e inmediatamente después llevarlo al laboratorio.<sup>16, 21, 26, 27, 28, 29</sup>

Es importante que la persona que realice la colección no sea la misma que lleve a cabo el análisis, de esta manera el proceso de colección-evaluación es más rápido e higiénico.<sup>1, 2, 14, 16, 21</sup>

#### **8.1 Material.**

El material que se requiere para llevar a cabo la evaluación seminal es el siguiente: Termómetro, probetas o balanza, potenciómetro o tiras reactivas, portaobjetos, cubreobjetos, pipetas Pasteur, tinciones (Eosina- Nigrosina), espectrofotómetro o cámara de Neubauer, Burker, Thomas, pipeta de Thomas para glóbulos rojos, pipetas de 1 ml, solución de citrato de formalina, baño

maría, platina térmica, microscopio, toallas desechables y contador de células.<sup>16</sup>

Si se evalúa la integridad del acrosoma se sugiere un microscopio de contraste de fase, solución citrato-formol o solución de glutaraldehído, tinciones especiales y reactivos para la prueba de resistencia osmótica.

Una vez que se tiene el eyaculado en el laboratorio, se recomienda que sea colocado en baño María a 35 °C.

El espermiograma o seminograma es el estudio que consiste en evaluar las características macroscópicas y microscópicas del semen.<sup>1, 2, 14, 16, 21</sup>

## **8.2 Características Macroscópicas.**

- a) *Volumen:* El volumen variará de acuerdo a la raza, edad y estado fisiológico de cada verraco, el volumen oscila entre 50 y 125 ml de fracción rica en espermatozoides. Esta característica se puede medir con un recipiente graduado o se pesa en una balanza haciendo la conversión de 1gr equivalente a 1ml.
- b) *Color:* Varía de acuerdo a la concentración espermática, es de color blanco variando la tonalidad, puede ser acuosa transparente a cremoso amarillento. No debe haber presencia de sangre o tonalidades oscuras. Los factores que afectan la coloración son: frecuencia de colección, técnica, el volumen total, presencia de agentes patógenos y contaminación al momento de la colecta.
- c) *Olor:* El semen debe ser inodoro, cualquier olor representa que ha sido contaminado con sangre, pus o en el caso del líquido prepuccial se tendrá un olor a orina.<sup>1, 2, 14, 21</sup>

d) *pH*: Se utiliza una tira reactiva de pH o un potenciómetro. Para determinarlo por la vía rápida, solo es necesario colocar una gota de semen en una tira reactiva y compararlo con la escala establecida por el fabricante. Los valores normales varían de 7.2 a 7.4, esto es ligeramente alcalino. El pH es un indicador de la actividad metabólica, ya que al envejecer los espermatozoides aumenta la concentración de ácido láctico y con esto un descenso de pH y también puede sugerir un problema infeccioso en el macho o contaminación bacteriana del eyaculado.<sup>1, 16, 21</sup>

e) *Temperatura*: Es importante registrar y controlar la temperatura del semen para evitar variaciones durante su procesamiento y eliminar alteraciones en la viabilidad de los espermatozoides, es importante mantener el semen a una temperatura de 35-36 °C para diluir (**Figura 13**).<sup>16, 21</sup>



**Figura 13.** Revisión de la temperatura en el eyaculado.

### **8.3 Características Microscópicas.**

Las características a evaluar son:

- a) *Motilidad*: Consiste en evaluar el movimiento progresivo de los espermatozoides, es un parámetro subjetivo, puede oscilar entre el 70-95 % para ser utilizado en un programa de IA, esta característica deberá ser evaluada inmediatamente después de haber realizado la colección.<sup>1, 2, 16, 21</sup>

*Para evaluar la motilidad se realizan los siguientes pasos:*

Se coloca una gota del semen sobre un portaobjeto y sobre de ella un cubreobjetos (ambos a temperatura de 37 °C), posteriormente se observa a través de un microscopio óptico el movimiento en masa de los espermatozoides con el objetivo de 10x (seco débil) y se da un valor a tal movimiento expresado en porcentaje. También se observa a 40x (seco fuerte) para determinar el tipo de movimiento individual.<sup>16, 21</sup>

*Los espermatozoides se clasifican según su tipo de movimiento individual de 0 hasta 5.*

- 0: Espermatozoides inmóviles o muertos (necrozoospermia).
- 1: Espermatozoides sin movimientos progresivos, girando sobre si mismos.
- 2: Espermatozoides con movimientos anormales y eventualmente con movimientos progresivos.
- 3: Espermatozoides con movimientos progresivos lentos y sinuosos.
- 4: Espermatozoides con movimientos progresivos rápidos.
- 5: Espermatozoides con movimientos progresivos muy rápidos.<sup>1, 2, 16</sup>

*Agglutinación espermática.*

Cuando se evalúa la motilidad también se observa si hay aglutinación, la

cual se clasifica con los siguientes valores:

0- No se observa aglutinación.

1- Aglutinación baja.

2- Aglutinación moderada.

3- Aglutinación elevada.

b) *Concentración del eyaculado*: Esta característica permite saber el número total de espermatozoides por eyaculado. La concentración espermática se calcula de diversas formas, los más usuales es el espectrofotómetro, la cámara de Bürker y la cámara de Neubauer (**Figura 14**).<sup>1, 16, 21</sup>



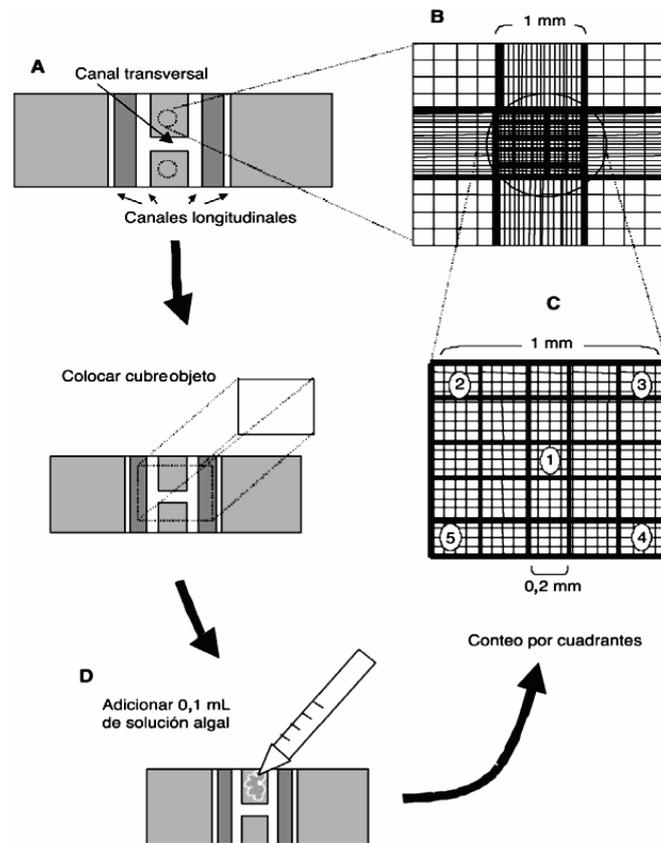
**Figura 14.** Cámara de Neubauer

Cámara de Neubauer

Para determinar la concentración utilizando la cámara de Neubauer, primero se realiza una dilución a 1:100, la dilución se hace con suero fisiológico (Cloruro de sodio 9 gr, 3 ml de formaldehído al 40% en 1000 ml de agua destilada), después de la dilución se realiza el conteo en la cámara, únicamente se consideran los espermatozoides presentes en 5 cuadros grandes (**Figura 15**), los cuatro de las esquinas y uno del centro y los espermatozoides que tocan las líneas superior e izquierda de un cuadro se

incluyen en la cuenta de ese cuadro.

El cálculo es el siguiente: se suma el número de espermatozoides obtenidos en ambas cuadrículas de la cámara, se divide entre dos para obtener el promedio y el resultado se multiplica por  $5 \times 10,000 \times 100$  para obtener la concentración de espermatozoides/ml. <sup>16, 21</sup>

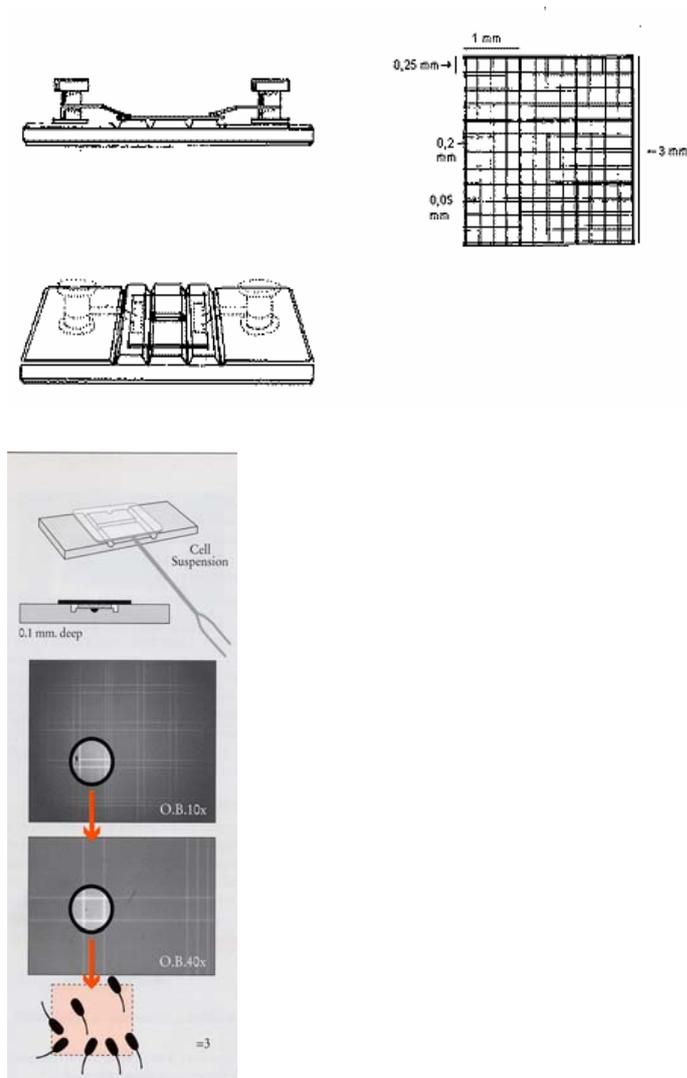


**Figura 15.** Conteo celular mediante la utilización de la cámara de Neubauer.  
Tomado de: <http://www.idrc.ca/en/><sup>22</sup>

### Cámara de Burker

Al utilizar la cámara de Burker (**Figura 16**) también se hace una dilución 1:100 con una solución de citrato formol. Se cuentan los espermatozoides de 40 cuadros, se multiplican por 10,000 y el resultado proporciona la concentración espermática por  $\text{mm}^3$ . Esta cámara de una cuadrícula que entrecruza trece líneas de cuadros con otras trece líneas, involucra un total de 169 cuadritos, de los cuales se consideran de interés 40. Se procede a contar

los espermatozoides de trece cuadros de la primera línea de izquierda a derecha, trece de derecha a izquierda, y se repite la operación en la tercera línea de izquierda a derecha, hasta haber involucrado 39 cuadritos ( $13+13+13=39$ ), y se adiciona el primer cuadrado de la cuarta línea.<sup>21, 23</sup>



**Figura. 16.** Cámara de Burker. Tomado de: IMIPAR<sup>24</sup>

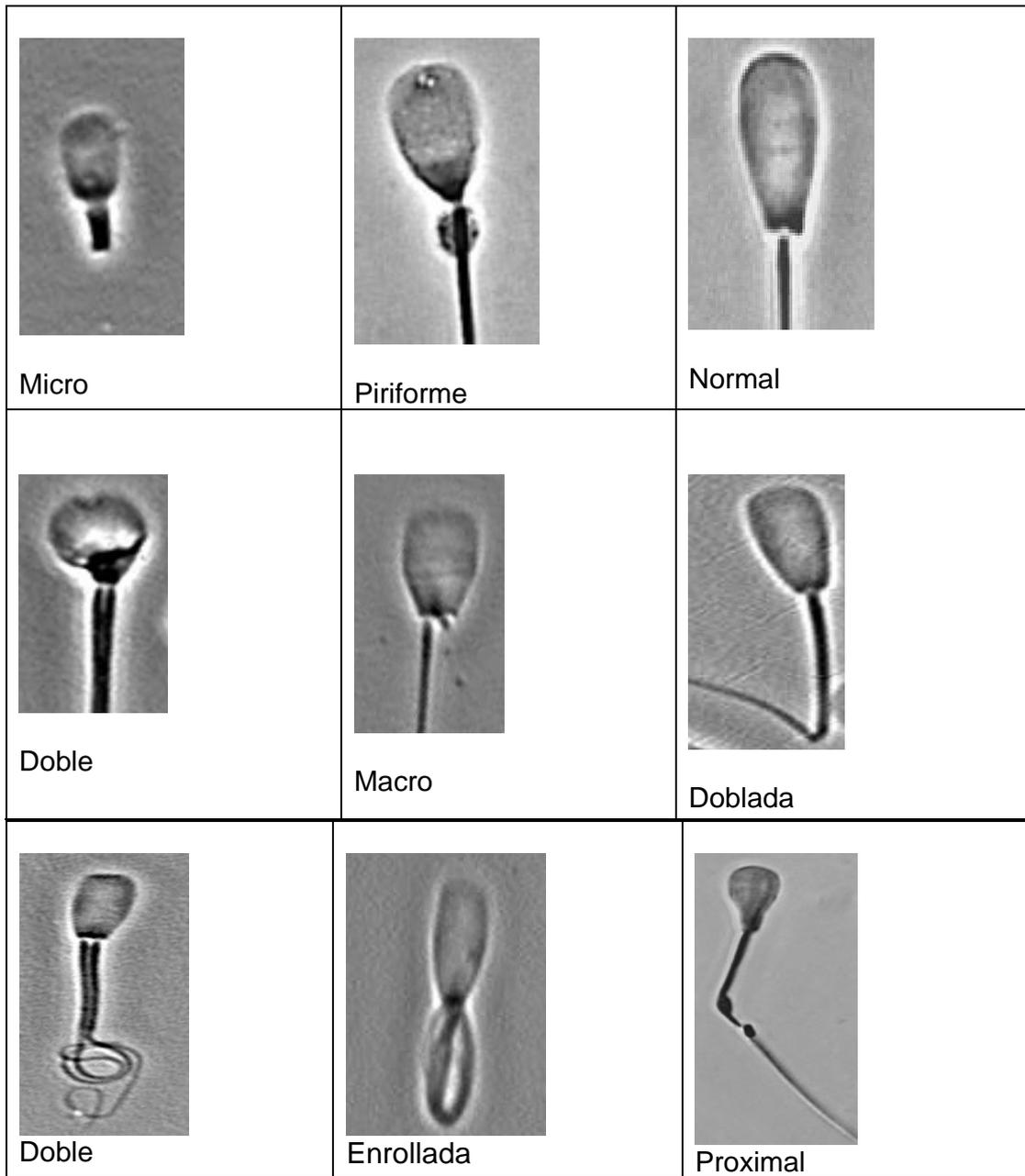
**c) Morfología:** Las anomalías que se pueden encontrar en una muestra de semen se dividen en 2 tipos según su origen y son: primarias o secundarias (**Figura 17**).<sup>1, 2, 16</sup>

Las anomalías primarias ocurren a nivel del testículo durante el proceso de la espermatogénesis y de la espermiogénesis. Las anomalías secundarias se presentan durante el proceso de la maduración a nivel del epidídimo y por un mal manejo durante el procesamiento de las dosis seminales (**Cuadro 6a**).

**Cuadro 6a.** Clasificación de anomalías espermáticas.

<b>Anormalidades Primarias</b>	<b>Anormalidades Secundarias</b>
- Cresta nuclear	- Acrosoma vacuolado
- Defecto en la protuberancia acrosómica	- Aglutinación de flagelo con flagelo
- Defecto en el tamaño de la cabeza	- Múltiples cabezas
Macrocéfalo	- Flagelo enroscado
Microcéfalo	Segmento intermedio
- Defecto en la forma de la cabeza	Segmento principal
Ovalada	Segmento terminal
Elongada	- Gotas citoplasmáticas, proximal y distal
Elíptica	
Piriforme	
Triangular	
Cuadrangular	
Achatada	
Alargada	
- Flagelo abaxial	
- Flagelo corto	
- Flagelo largo	
- Flagelo grueso	
- Flagelo delgado	
- Múltiples flagelos	

Más allá de un 15% de ambos tipos de anomalías en los espermatozoides trae como consecuencia una disminución en la fertilidad de hasta un 12% (**Cuadro 6b**).<sup>1, 2, 16, 21</sup>



**Figura 17.** Anormalidades espermáticas. Tomado de: <http://www.wisc.edu/anscirepro/><sup>25</sup>

**Cuadro 6b.** Causas de anomalías espermáticas más comunes

<b>Descripción</b>	<b>Posibles causas</b>
Cola doblada	Choque térmico, osmótico y/o de pH durante el manejo del eyaculado.  Machos estresados por calor o procesos febriles.
Colas filiformes	Defecto genético.
Gota citoplasmática	Macho sexualmente inmaduro.  Macho sobreutilizado, estresado por calor o fiebre.  Herida o traumatismo testicular.  Porcentaje máximo permitido de gota citoplasmáticas proximales 10% y de distales 15%.
Colas enrolladas	Respuesta a condiciones extrañas como:  Variación drástica de temperatura, pH, presión osmótica, presencia de compuestos tóxicos, radiación ultravioleta
Anomalías en tamaño y forma de la cabeza	Es el resultado de una alteración en el proceso de condensación de la cromatina y/o desarrollo del acrosoma. Porcentaje máximo permitido 7%.
Presencia de cabezas sueltas	Se asocia a una degeneración testicular. Este defecto se desarrolla en los primeros estadios de la espermiogénesis, pero se manifiesta frecuentemente a nivel de epidídimo, cuando los espermatozoides adquieren su capacidad de movimiento. Porcentaje máximo permitido 8%.
Anomalías a nivel acrosomal	Se atribuyen a alteraciones en los estadios finales de la remodelación del núcleo y del acrosoma durante el proceso de espermatogénesis. La presencia de acrosomas vacuolados se asocia a un estrés térmico y a alteraciones en la maduración a nivel de epidídimo. Porcentaje máximo permitido 20%.

Tomado de Arancibia SC<sup>21</sup>

La evaluación de la morfología y espermatozoides vivos y muertos se realiza por medio de un frotis teñido con el fin de observar las anomalías, existen diversas tinciones para este objetivo, como por ejemplo el Tripán azul y Eosina-Nigrosina. Para la primera se utiliza: Colorante: Tripán azul 2 gr. en 100 ml agua destilada. En el segundo caso: Nigrosina 5 gr, Eosina 0.835 gr, Citrato de sodio 1.45 gr, 50 ml de agua destilada. Primero se disuelve el citrato de sodio en el agua destilada, enseguida se disuelve la nigrosina y eosina, la solución ya preparada se coloca en baño maría durante 20 minutos y posteriormente se hace pasar a través de papel filtro del número uno.<sup>16, 2116</sup>

El procedimiento consiste en colocar con una pipeta Pasteur una gota del semen en la esquina de un portaobjetos limpio, seco y tibio, después se pone otra gota del colorante junto a la de semen, se homogenizan y se realiza el frotis con otro portaobjetos. Se deja secar el frotis por un minuto a temperatura ambiente, se observa al microscopio óptico (40 y 100x) un total de 100 espermatozoides, y se determina el porcentaje de anomalías que se presenta. Para determinar vivos y muertos también se cuentan 100 espermatozoides y se obtiene un porcentaje, los espermatozoides muertos se tiñen de color rojizo.<sup>16, 21</sup>

**d) Estado del acrosoma:** El acrosoma juega un papel importante durante el proceso de fertilización y esta importancia hace que convenga realizar una valoración específica del mismo. Las muestras con acrosoma ausente o dañado suelen tener una baja fertilidad, ya que no contienen las enzimas necesarias para la penetración del óvulo. Para determinar el estado del acrosoma se han utilizado diferentes tinciones. Entre estas

tenemos la tinción de Giemsa, la Eosina–Nigrosina, la Azul Tripán–Giemsa. Otra alternativa es la utilización de solución citrato formol o de una solución de glutaraldehído para la fijación de espermatozoides, la ventaja de este último método es el que no se requiere de una tinción pero si de un microscopio de contraste de fases.

e) *Resistencia osmótica*: Esta prueba permite realizar una valoración de la viabilidad de la membrana plasmática del espermatozoide. Se fundamenta en el sometimiento de los espermatozoides a un medio hipoosmótico, de forma que aquellos funcionales no mostrarán alteraciones. La evaluación del estado del acrosoma permite comparar la resistencia osmótica de las membranas de distintos eyaculados, así como predecir el comportamiento de los mismos tanto en lo referente a la fertilidad como a la capacidad de conservación. El espermatozoide porcino presenta una presión osmótica de 290-300mOsm 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 motilidad ni la viabilidad espermática se ve afectada por la presión osmótica en rangos comprendidos entre 250-290 mOsm, mientras que reduciéndose por debajo de 200 mOsm se detecta una reducción significativa de la motilidad.

#### **8.4. Cálculos de dosis seminales en base a las características evaluadas.**

La concentración espermática por dosis es variable dependiendo de las características productivas y reproductivas existentes en cada explotación o

centros de transferencia genética. La concentración por dosis a utilizar puede ser de 2500 a 5000 millones de espermatozoides. Los recipientes para envasar las dosis seminales tienen una capacidad de 80 a 100 ml.<sup>16,21,26</sup>

*Se presenta a continuación un ejemplo con la cámara de Neubauer:*

*Eyaculado con las siguientes características:*

Volumen: 100 ml

Motilidad: 85%

Anormalidades: 10%

Concentración espermática/ml: 350 millones.

Se elaborarán dosis con una concentración espermática de 3500 millones en un volumen de 100 ml por dosis.

*Cálculos.*

*Paso 1.* La concentración espermática por ml se multiplica por % de motilidad y por el % de espermatozoides normales.<sup>16</sup>

$350 \times 0.85 \times 0.90 = 267.75$  millones de espermatozoides/ml. = 267 millones de espermatozoides normales/ml.

*Paso 2.* Obtener cuántos mililitros de eyaculado se va a necesitar por dosis para obtener una concentración de 3500 millones:

1 ml de eyaculado \_\_\_\_\_ 267 millones de espermatozoides

X \_\_\_\_\_ 3500 millones de espermatozoides

$$X = 1 \times 3500/267 = 13.0 \text{ ml de eyaculado/dosis}$$

*Paso 3.* Calcular el número de dosis por eyaculado, este valor se obtiene dividiendo el volumen total del eyaculado entre el volumen obtenido para cada dosis:  $100\text{ml}/13.0 \text{ ml.} = 7.69 \text{ dosis} = 7 \text{ dosis.}$

*Paso 4. Obtener el volumen del diluyente que se va a necesitar:*

Tomando en cuenta que cada dosis es de 100 ml. Se va obtener la diferencia del volumen total por dosis que es de 100 ml menos los ml de eyaculado para cada dosis:  $100 \text{ ml} - 13.0 \text{ ml} = 87 \text{ ml}$  de diluyente/ dosis

Para calcular el total de diluyente a utilizar para las 7 dosis se multiplica los 87 ml por el total de dosis:

$87 \times 7 =$  se requieren 609 ml de diluyente para elaborar las 7 dosis de semen.<sup>12</sup>

Para la cámara de Burker el procedimiento consiste en contar 40 cuadritos X volumen del eyaculado /300 = Número de dosis. Este número puede variar según la concentración por dosis si es de 3,000 millones se divide entre 300, si es de 4,000 millones se divide entre 400.<sup>16, 21</sup>

### **8.5. Elaboración de dosis de semen.**

*Para la elaboración de dosis seminales se requiere el siguiente material:*

- Diluyente
- Agua bidestilada-tridestilada
- Envases para las dosis
- Balanza
- Matraces Erlen Meyer 1000 -2000 ml
- Kit para envasar (para el llenado de bolsas)
- Conservador para el almacenamiento de dosis (15-18°C)
- Baño María
- Agitador electromagnético o manual.<sup>16</sup>

### **8.6. Dilución.**

Para llevar a cabo la dilución es necesario conocer: volumen, motilidad, conteo espermático y espermatozoides normales (ver el ejercicio del cálculo de dosis).<sup>16, 21</sup>

### **8.7. Diluyentes.**

Los diluyentes son sustancias que contienen nutrientes y amortiguadores para la vida de los espermatozoides.<sup>12</sup>

El diluyente sirve para aumentar el volumen del eyaculado sin afectar la calidad seminal y conservar la capacidad fecundante de los espermatozoides durante más tiempo. Un diluyente permite la conservación de las células espermáticas por:

- Su capacidad de tapón.
- El control de parámetros físico – químicos: presión osmótica, pH, y fuerza iónica de interacción con el espermatozoide y plasma seminal.
- La captación de iones  $Ca^{++}$   $Mg^{++}$  y  $Zn^{++}$ .
- El control en la precipitación de las proteínas.
- El control de la acción enzimática sobre el semen.
- El control que ejerce sobre el metabolismo de la célula espermática y la preservación de su membrana.
- Su control sobre la contaminación.
- Estimular el transporte espermático.

- Permitir la adición de otras sustancias para mejorar el transporte espermático. <sup>1, 2, 16</sup>

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 30 minutos para activarse. Una vez diluido, es conveniente que se utilice dentro de las 24 horas siguientes a su preparación. Si se almacena el diluyente preparado este debe hacerse a 4-5°C. Realizado el cálculo de dosis, se añade el volumen del diluyente, no debe existir una diferencia mayor de un grado centígrado entre el semen y el diluyente al momento de mezclarlos (**Figura 18**). <sup>1, 2, 17, 27,28</sup>



**Figura 18.** Homogenización del diluyente con el semen.

### ***8.8. Función de los principales ingredientes del diluyente.***

*Fuente de energía:* La energía es necesaria para la motilidad de los espermatozoides. La mayoría de los diluyentes contienen glucosa como principal fuente de energía. Otras fuentes utilizadas son galactosa, fructosa, ribosa y trealosa.

*Buffers:* Los espermatozoides y las bacterias contenidas en el semen

producen algunos metabolitos como ácido láctico, por lo que las sustancias buffer son necesarias para la preservación del semen. Algunos ejemplos de buffer son el bicarbonato de sodio, el ácido 3N- Morfolino propanesulfónico (MOPS) y el ácido N-2-hidroxietil piperazin N-2-etanolsulfónico (HEPES).

*Electrolitos:* Se utiliza para regular la presión osmótica, principalmente el cloruro de potasio y el cloruro de sodio.

*Antibióticos:* Los antibióticos más empleados son gentamicina, lincomicina, neomicina, espectinomicina, penicilina y estreptomicina.<sup>16, 21</sup>

Los antibióticos deben de agregarse al diluyente cuando este se utilice (**Figura 19**). No es recomendable almacenar en refrigeración el diluyente preparado adicionado con antibiótico por más de 24 horas. Los cambios de temperatura pueden provocar la liberación de radicales que modifiquen el pH de las dosis preparadas y reduzcan su conservación.<sup>16</sup>



**Figura 19.** Mezcla del antibiótico con el diluyente.

*Estabilizadores de membrana:* Su función es prevenir o retardar alteraciones no deseadas en la estructura y la función de las membranas de los espermatozoides. Ejemplos: Seroalbúmina bovina (BSA), etilén disódico diamino tetraacetato (EDTA), hidroxitolueno butilado (BHT), polivinil pirrolidona (PVP-40) y alcohol polivinílico.<sup>1, 16, 21</sup>

### **8.9. Clasificación de los diluyentes.**

*Diluyentes de corta duración.* Tiene como objetivo la conservación de los espermatozoides de 1 a 3 días. Se utiliza principalmente en empresas de distribución de dosis seminales a corta distancia o de autoconsumo.

*Diluyentes de media duración.* Mantiene vivos a los espermatozoides de 4 a 5 días. Se utiliza principalmente en centros de transferencia genética **(Cuadro 8)**.

*Diluyentes de larga duración.* Mantiene vivos a los espermatozoides viables por más de 5 días. Son propios de granjas donde la distancia entre lugar de producción seminal y el lugar donde será utilizado es lejana; además de permitir la realización de pruebas diagnósticas sobre el semen antes de ser utilizado, como la técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction) para detectar la presencia de diversos virus o de realizar análisis completos de la calidad seminal, mejoran la organización de las tareas en los CIA y facilitan en gran medida la distribución de las dosis **(Cuadro 8)**.

*Diluyentes de extra larga duración.* Conserva a los espermatozoides de 7-10 días. Se utiliza en empresas de distribución de dosis seminales a larga distancia **(Cuadro 8)**.<sup>16,21</sup>

#### ***Ejemplos de diluyentes:***

Dentro de los diluyentes de corta duración se encuentra el Bio-pig®, otro es el Beltsville Thawing Solution (BTS) este es uno de los más utilizados y se

puede elaborar en la explotación o en el centro de Inseminación artificial. A continuación se describen sus ingredientes y la cantidad que requieren para un litro de agua bidestilada (Cuadro 7).<sup>16 21, 26, 27, 28, 29</sup>

**Cuadro 7. Formula del B.T.S**

<b>B.T.S</b>	<b>Cantidad (gr)</b>
Dextrosa	37
Citrato trisódico	6
Bicarbonato de sodio	1.25
EDTA	1.25
Cloruro de Potasio	0.75
Gentamicina	0.030
Agua bidestilada	cbp 1000ml

**Tomado de:** Espinosa HS<sup>16</sup>

**Cuadro 8.** Diluentes de media, larga y extra larga duración.

<b>Diluentes de media duración</b>	<b>Diluyente de larga duración</b>	<b>Diluyente de Extra larga duración</b>
V.S.P. ®	Modena y Butshwiler ®	Duragen ®
OPIM-I-A ®	MR-A ®	X-cell Formula ®
	XT-R ®	Androhep Endura Guard ®
	LD ®	
	Androhep ®	
	Androhep plus ®	
	Androhep lite ®	
	Merck III ®	
	Vital ®	

### **8.10. Agua.**

El agua a utilizar cuando se va a diluir semen fresco es de gran importancia, se ha encontrado que al trabajar con agua de buena calidad, la viabilidad y fertilidad de los espermatozoides después de algunos días se conservan mejor que una de menor calidad. Se recomienda el uso de agua tridestilada.

La calidad del agua puede verse afectada por presencia de metales pesados que causan la muerte de los espermatozoides, la presencia de sales inorgánicas y minerales que disminuyen el tiempo de almacenaje seguido por la muerte súbita de los espermatozoides y la presencia de endotoxinas también causan la muerte.<sup>16</sup>

La calidad del agua se pierde por ejemplo con la contaminación, exposición a rayos UV o por el almacenamiento en contenedores de vidrio, por esto, el agua será almacenada el menor tiempo posible, de preferencia en lugares frescos, oscuros y en contenedores de plástico limpios.

Una vez que se terminó de preparar el semen diluido se procede a envasar en botellas de plástico, bolsas o tubos, se identifican con los siguientes datos: Identificación del semental, raza, fecha de preparación y fecha de caducidad.<sup>16, 21</sup>

#### **8.11. Almacenamiento de las dosis seminales.**

Si las dosis van a ser almacenadas para su uso posterior o van a ser transportadas, se debe descender la temperatura gradualmente 2 horas como mínimo si la temperatura ambiente es controlada, si no es así, solo se deja 15 minutos a temperatura ambiente para después almacenarse en el conservador (**Figura 20**) y mantenerse en un estado de anaerobiosis por lo que se sugiere no dejar en botellas un espacio de aire superior al 20% del volumen del envase. Se reporta que para mantener la integridad de las membranas plasmáticas y acrosomal y por ende la viabilidad espermática se recomienda almacenar las dosis seminales a una temperatura de 15 a 18 °C.<sup>16, 26, 27, 28, 29</sup>



**Figura 20.** Conservador para dosis seminales.

Variaciones mayores a 2°C afecta la calidad del semen, por lo que es recomendable mantener la misma temperatura que se seleccionó. La disminución de la temperatura induce una disminución del metabolismo y de la motilidad espermática.

Temperaturas inferiores a los 14 °C causan alteraciones en la membrana espermática disminuyendo la calidad del semen y temperaturas superiores de los 20°C no disminuyen el metabolismo espermático ni detienen el crecimiento bacteriano, lo cual disminuye la vida útil del semen.

Para alcanzar una tasa de concepción alta y un mayor tamaño de la camada, se recomienda inseminar con semen fresco (menor a 24 a 48 h). La tasa de concepción declinará 1 ó 2 % por cada día que se guarde el semen.<sup>16,</sup>

21, 26, 27, 28

En el laboratorio de preparación se recomienda que exista una temperatura de 18-22°C., las dosis no deben estar expuestas durante periodos largos a la luz directa.

Las dosis almacenadas deberán ser rotadas suavemente cada 12 horas con objeto de mantener a los espermatozoides en suspensión con el diluyente.<sup>4, 11</sup>

Las dosis antes de ser utilizadas deben ser observadas al microscopio para comprobar su viabilidad.<sup>21, 27, 28, 29</sup>

### **8.12. Transporte de las dosis seminales.**

Uno de los problemas para transportar las dosis seminales es la conservación a una temperatura estable.

Para controlar las variaciones en la temperatura durante el transporte se sugiere la utilización de cajas con material aislante como el poliuretano, se recomienda doble empaque y el uso de refrigerantes. Para monitorear la temperatura se puede utilizar un termómetro de máximas y mínimas. Lo mejor es contar con un transportador eléctrico donde se pueda regular la temperatura.<sup>16, 20</sup>

### **8.13. Registros**

Es importante incluir el uso de registros cuando se realiza la colecta para tener un control de los seminales (**cuadro 9**).

**Cuadro 9. Registro de colección.**

Identificación del verraco\_\_\_\_\_

Raza\_\_\_\_\_ Edad\_\_\_\_\_

Método de colección\_\_\_\_\_

Fecha de inicio de colección\_\_\_\_\_

Tiempo de reacción\_\_\_\_\_

Comportamiento sexual. MB\_\_\_B\_\_\_S\_\_\_D\_\_\_\_\_

Tiempo que dura la colección\_\_\_\_\_

Frecuencia de colección\_\_\_\_\_

Diluyente utilizado\_\_\_\_\_

Promedio de dosis elaboradas\_\_\_\_\_

Para tener un control en el desempeño reproductivo de los sementales también se recomienda el uso de registros en cuanto a la calidad del semen **(cuadro 10)**.

**Cuadro 10.** Registro de control de calidad del semen.

REGISTRO DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL SEMEN								
Semental _____			Raza _____					
Edad _____			Procedencia _____					
Fecha	Volumen (ml)	Motilidad % Vigor	Aglutinación	Concentración/ml	Formas anormales (%)	No. dosis	Motilidad (días) (%)	Otras Observaciones:
								Olor: Color: Temperatura: pH:

## **CAPÍTULO IX.**

### **FACTORES QUE AFECTAN LA REPRODUCCIÓN EN LOS SEMENTALES.**

Son muchos los factores que intervienen en la reproducción de un verraco, a continuación se enlistan los problemas más frecuentes.

- 1) Problemas de conducta.
- 2) Problemas físicos.
- 3) Problemas no infecciosos.
- 4) Problemas infecciosos.

#### **9.1. Problemas de conducta.**

*Falta de libido:* Este problema se presenta principalmente en cerdos jóvenes, es importante asegurarse que el animal tenga la edad adecuada para que desarrolle la conducta de interés sexual.

En animales con la edad adecuada pueden faltar estímulos necesarios, como ejemplo un corral de difícil acceso, con muchas distracciones, un manejo violento por parte del trabajador durante el periodo de adaptación o entrenamiento.

*Agresión:* Esta puede ser iniciada por el verraco o por el trabajador.

#### **9.2. Problemas físicos.**

*Problemas locomotores:* Cualquier problema que impida el desplazamiento adecuado del macho, lo va a incapacitar para un salto al maniquí.

No se recomienda que sementales con problemas locomotores se mantengan en la línea de trabajo o de colección, y es preferible retirarlos mientras se recuperan, si esto último es factible.<sup>1, 4, 13, 14, 16</sup>

Dentro de los principales problemas que se presentan en los machos se pueden citar: abscesos en diferentes articulaciones, fractura de la muralla, separación de la línea “blanca”, osteoartrosis, osteocondrosis, etc.<sup>7</sup>

*Exceso de peso:* Animales con edad avanzada muchas veces tienen exceso de peso que se les dificulta montar al “maniquí” de colección. En este caso son usados cada vez menos y su fertilidad baja ocasionando su desecho.<sup>13</sup>

*Falta de erección:* Algunos cerdos con una adecuada conducta sexual tienen dificultades para ser colectados por falta de una erección completa. Este trastorno se relaciona con problemas de irrigación sanguínea hacia el pene y de forma general será un problema persistente durante la vida del animal. Para subsanarlo se pueden aplicar prostaglandinas por vía intramuscular antes de la monta, lo que permitirá una mejor irrigación y la erección, aunque es difícil mantener esta práctica de manejo durante su vida reproductiva.<sup>4, 10, 13, 14</sup>

*Defectos genéticos:* Dentro de estos destacan el frenillo persistente y el pene infantil, en ambos casos solo queda el desecho del animal y su reemplazo.

### **9.3. Problemas no infecciosos.**

Dentro de los principales factores tenemos:

*Edad:* Después de la pubertad, la calidad del semen es pobre. La producción espermática se incrementa hasta alcanzar el nivel máximo a los 24 meses. La calidad del eyaculado es constante de los 12 a los 35 meses de edad, y posteriormente disminuye. Un cerdo joven no debe usarse como reproductor hasta los ocho meses de edad, mientras que un semental adulto se emplea como máximo a los 36 meses.<sup>4, 10, 11, 13, 14</sup>

*Frecuencia de eyaculación:* Las eyaculaciones frecuentes y regulares disminuyen la cantidad de espermatozoides, sin embargo, se nivela una vez que las reservas de esperma se estabilizan en el epidídimo. Con base a lo anterior, se recomienda 1 monta por semana en machos menores de doce meses y 2-3 para animales mayores dejando mínimo 3 días de descanso en caso de dos montas o colecciones seguidas (Ver capítulo 5).<sup>14</sup>

*Época del año:* La estación del año ejerce una influencia sobre la cantidad y sobre todo de la calidad espermática. Esto se refiere a que los eyaculados recogidos durante el invierno y la primavera tienen un mayor volumen y una concentración espermática mayor que los recogidos en verano y principio de otoño. Esto es debido a la gran influencia que juegan la temperatura ambiental y el fotoperíodo.<sup>2, 4, 10</sup>

*Temperatura ambiental:* Las altas temperaturas puede provocar degeneración testicular y reducir el número de espermatozoides normales y fértiles del eyaculado. Estos efectos pueden detectarse en los índices reproductivos, ya que afectan la calidad espermática, debido a la disminución de la motilidad, de la resistencia y durabilidad del semen diluido. El buen desarrollo de la espermatogénesis en el verraco requiere de una temperatura ambiente inferior a la corporal. Así la temperatura testicular del verraco se sitúa entorno a los 35-36 °C, unos 2.5-3 °C inferior a la corporal. El incremento gradual en la temperatura de 20 a 35 °C por un periodo de 20 días puede provocar disminución en el porcentaje de motilidad.<sup>4,10,13,14,30</sup>

Un estrés térmico en los sementales aumenta la secreción de cortisol y disminuye los valores séricos de testosterona. Esto se ve reflejado en una alteración de la producción espermática: aumenta el porcentaje de anomalías espermáticas como la gota citoplasmática proximal, defectos en la pieza intermedia, defectos en la cola, cabezas anormales, defectos en acrosoma, así mismo el porcentaje de motilidad disminuye igual que el volumen del eyaculado .

*Fotoperiodo:* Al margen de la influencia que ejerce el número de horas luz al día sobre la madurez sexual del verraco, también influye sobre las características reproductivas del macho adulto.<sup>4, 10, 13</sup>

Desde el punto de vista práctico, se recomienda una duración entre 10-12 horas luz/día para obtener una máxima calidad espermática.

*Genética:* Animales híbridos tienen un mejor comportamiento reproductivo dado a que las características reproductivas tienen un bajo índice de herencia.<sup>4, 10</sup>

*Nutrición:* Una reducción de la ingestión de alimento del 17 al 30% retarda la aparición de la pubertad y el desarrollo testicular, siendo la edad más importante que el peso de los animales para alcanzar la pubertad.

Por lo tanto la condición corporal de los sementales debe mantenerse en condición corporal de tres. Los sementales obesos pueden presentar reducción de la libido y problemas locomotores; una escasa condición corporal afecta la calidad espermática. La conducta sexual se ve afectada en condiciones de subalimentación. En cuanto a la producción de semen, la nutrición interactúa con muchos factores y se manifiesta después de ocho semanas de irregularidades en el consumo de alimento o en la calidad de los nutrimentos. La capacidad de fertilización sufre ligeras alteraciones por las variaciones en la ingesta de cantidad de proteína o energía consumida por el semental.<sup>4, 10, 14, 15</sup>

#### **9.4. Instalación y Manejo.**

El buen cuidado de los animales depende de la calidad de las instalaciones, se requiere un área conveniente para que los animales coman, beban, descansen, duerman y se muevan<sup>16,17</sup>.

Los verracos no deben alojarse en grupo, debido a las peleas y agresiones que se pueden desencadenar entre ellos, por lo que el alojamiento siempre es individual (ver capítulo cinco).<sup>4, 10, 13, 14, 17</sup>

### **9.5. Problemas infecciosos.**

Los problemas infecciosos que se pueden presentar en los verracos, pueden ser de origen viral o bacteriano; a continuación se muestran algunos ejemplos de agentes patógenos que con frecuencia se encuentran en semen. (Cuadro 11 y 12).

**Cuadro 11. Virus encontrados en el semen**

Nombre de la enfermedad	Agente Causal	Signos clínicos	Calidad del semen	Transmisión
Aujeszky (Pseudorrabia)	Alfa Herpesvirus	Apatía, salivación excesiva, rechinar de dientes	Disminuye la calidad del semen, resultado de la fiebre. Produce degeneración de los túbulos seminíferos y necrosis focal en la túnica albugínea del testículo.	Semen
PRRS (Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino)	Arterivirus	Respiratorios, pierden la libido.	Reduce la calidad del semen de 2 a 10 semanas después de la infección, específicamente disminuye la motilidad y hay defectos en acrosoma.	Animales infectados portadores y semen.
Ojo azul	Paramyxoviridae. (Genero: Rubulavirus)	Pueden llegar a presentar moderada anorexia, opacidad de la córnea y severa orquitis y epididimitis con la formación de abscesos y granulomas	Hay orquitis, epididimitis, y finalmente atrofia del testículo. Provoca una disminución en la concentración, motilidad y viabilidad espermática, con aumento de anomalías, así como azospermia y un eyaculado con aspecto de agua de coco.	Por contacto directo con cerdos enfermos.
Influenza porcina	Orthomixovirus	Cuadro respiratorio (tos, estornudos, disnea y congestión ocular) con fiebre alta.	Aumento en la aglutinación espermática, disminuye la calidad del semen resultado de la fiebre	Se disemina por aerosoles y por contacto directo.
Parvovirus porcino	Parvoviridae	Insuficiencia reproductiva		Heces contaminadas
Fiebre porcina clásica	Togaviridae (Genero: Pestivirus)	Cerdos decaídos, anoréxicos, con temperatura de 41-42°C	Debido al proceso febril disminuye la calidad del semen	Contacto directo entre animales

Elaboración realizada por la tesista.

Otros virus que se pueden encontrar en semen son: Adenovirus, Citomegalovirus, Reovirus, Gastroenteritis Transmisible, Enterovirus Encefalitis Hemoaglutinante .<sup>16, 31, 32,</sup>

33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40,41

## Cuadro 12. Bacterias encontradas en semen de verraco

Bacterias encontradas frecuentemente	Bacterias no encontradas frecuentemente
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Streptococcus spp</i>
<i>Leptospira spp</i>	<i>Proteus vulgaris</i>
<i>Pseudomonas spp</i>	<i>Brucella suis</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>
<i>Eubacterium suis</i>	<i>Serratia spp</i>
<i>Klebsiella spp</i>	<i>Corynebacterium spp</i>
<i>Citrobacter spp</i>	<i>Enterobacter spp</i>
<i>Micrococcus spp</i>	<i>Acinobacter spp</i>
<i>Aeromonas spp</i>	<i>Bacillus spp</i>
	<i>Bordetella spp</i>
	<i>Salmonella spp</i>
	<i>Pasteurella spp</i>

Tomado de: Espinosa HS<sup>16</sup>

### 9.6. Eliminación de sementales.

A continuación se establecen las principales causas por las cuales se debe desechar a un verraco:

1. Si la calidad seminal de un semental está por debajo de los estándares de producción y el problema se mantiene durante seis u ocho eyaculados, se sugiere eliminar al animal.
2. Los machos jóvenes improductivos (10 a 14 meses de edad) se desechan a los tres meses de trabajo, o bien se evalúan dos ciclos de espermatogénesis completos. A un semental adulto (mayor de los 14 meses) se le puede dar una oportunidad de dos meses y medio.<sup>14, 15</sup>
3. Aplomos débiles impedirá que salte al potro o maniquí.

4.- Una sobrealimentación puede ocasionar obesidad en el verraco.

## Literatura citada

- 1.- Fragoso VM. (1993) Manual de Inseminación Artificial en cerdos. (Tesis de Licenciatura). México, D.F. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- 2.- Hafez ESE. (2002) Reproducción e inseminación artificial en animales. 7<sup>ma</sup> edición. México, D.F. McGraw-Hill. Págs.287-297,375-386,
- 3.- Frandson RD. (1995) Anatomía y Fisiología de los animales domésticos. México: Mc Graw-Hill. Págs. 383-398
- 4.- Martínez GR. (2004) Mejoramiento Animal: Reproducción; Reproducción del verraco. UNAM-FMVZ, S.U.A, México. Págs. 117-144.
- 5.- Trujillo OME. (2002). Aspectos básicos de la morfología de la cerda y del semental. En La piara reproductora. 1<sup>a</sup> ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 107-111.
6. – Espinosa HS. (2001) Evaluación de semen de verracos inoculados con el virus de la enfermedad del ojo azul. (Tesis de Maestría). México, D.F. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Págs. 17-20
- 7.- <http://med.javeriana.edu.co/> (Página de Internet)
8. – Mc Donald LE. (1991) Endocrinología Veterinaria y Reproducción, 4 edición, Mc Graw-Hill. Págs.253-276
- 9.- <http://www.puc.cl/sw-educ/> biología (Página de Internet)
- 10.- Martínez GR. Principales Factores que afectan la Reproducción en el cerdo, Departamento de producción animal: Cerdos, FMVZ-UNAM. México, D.F. Ciencia Veterinaria 8-1998. Págs. 206-215.
- 11.- Trujillo OME. (1999). Pubertad. En Mejoramiento Animal. Reproducción. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. Págs. 1-5

- 12.- Martínez GR. (2002) Selección de reproductores. En La pira reproductora. 1ª ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 45-60.
- 13.- Martínez GR. (2002) Manejo del semental. En La pira reproductora. 1ª ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 147-163.
- 14.- Espinosa HS. (2004) Mejoramiento Animal: Reproducción. Manejo del Semental. UNAM-FMVZ, S.U.A, México. Págs. 179-205
- 15.- Herradora L. (2002) Alimentación en servicio y gestación. En La pira reproductora. 1ª ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 83-88.
- 16.- Espinosa HS. (2002) Inseminación Artificial. En La pira reproductora. 1ª ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 165-188.
- 17.- Rosales R. (2004) Monografía de la Producción Porcina. (Tesis de Licenciatura) Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Págs. 77-85.
- 18.- National Pork Producers Council (Consejo Nacional de Porcicultores de los E.E.U.U) Manual del cuidado y manejo del cerdo en alojamientos con ambiente controlado, 1993. Págs. 21-31.
- 19.- Gerry B. (1991) Producción Porcina, El manual moderno. México D.F. Manual Moderno. Págs. 87-101.
- 20.- Correón NR. Sistema de Producción Anima II: Cerdos. Medicina Preventiva, FMVZ-UNAM, S.U.A. México 2005. Págs. 25-43.
- 21.- Arancibia SC. (2004) Mejoramiento Animal: Reproducción. Procedimiento para la obtención de dosis de semen. UNAM-FMVZ, S.U.A, México. Págs. 145-159.
- 22.- <http://www.idrc.ca/en/> (Página de Internet)

- 23.- Martín RS. (1982) Reproducción e Inseminación Artificial Porcina. Editorial Aedos Barcelona ,1ª ed. España.
- 24.- [http://ipimar-iniap.ipimar.pt/crips/estacao\\_piscicultura/c-burker.html](http://ipimar-iniap.ipimar.pt/crips/estacao_piscicultura/c-burker.html)(Página de Internet)
- 25.- <http://www.wisc.edu/anscirepro>(Página de Internet)
- 26.- Bwanga CO. 1991. Cryopreservation of boar semen. I:A literatura review. Acta Veterinary Scandinavia, 32:431-453.
- 27.- Córdova I., Córdova J., Pérez G., Martín R. Congelación de semen de verraco en dos tipos de pajillas y capacidad fecundante in vitro de los espermatozoides, Ciencia Ergo Sum, noviembre-febrero, año/vol.12, número 003, Universidad Autónoma del estado de México Toluca, México. Págs. 271-274.
- 28.- Córdova IA., Fernández RF., Pérez GJ., García AC., Hernández PE., Saltijeral OJ., Martín RS., Casanova LB. Congelación del semen de verraco México;UAM-X, 2001. Págs. 43-50.
29. - Hamitt DG., Martín PA., Callanan T. Correlation between Heteroespermatic Fertility and assays of porcine semen Quality before and alter cryopreservation. Theriogenology. 32 (3): (1989) 385-399.
- 30.- Trujillo OME., Flores CJ. (1998). Producción Porcina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. Págs. 351.
- 31.- Straw EB, Sylvie D´A, William LM, Taylor D. Enfermedades del cerdo, 8va Edición, Tomo 1, Buenos Aires: Intermédica 1999.
- 32.- Iglesias S. Infección con el virus de la enfermedad de Aujeszky en cerdos, Departamento de Producción Porcina, FMVZ, Ciencia Veterinaria 4-1987.
- 33.- Zimmerman J. (2005) Sistema de Producción Anima I: Cerdos. Síndrome

Disgénésico y Respiratorio del cerdo, SUA-ED, FMVZ-UNAM, México. Págs. 65-77.

34.- López M. (2005) Sistema de Producción Animal I: Cerdos. Ojo azul, SUA-ED, FMVZ-UNAM, México. Págs. 83-86.

35.- López M. Sistema de Producción Animal I: Cerdos. Fiebre porcina clásica, SUA-ED, FMVZ-UNAM, México 2005., Págs. 87-94.

36.- Veronika V., Aleksey N., Sergey V., Oleg S. Cell-binding properties of glycoprotein B of Aujeszky's disease virus, *Theriogenology* 86(2002)7-19.

37. - Cinta P., Castro M. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in the boar: a review. *Theriogenology* 63 (2005) 1-16.

38. - Preben C., Dorte B., Henrik W., Mads T. Quality control in boar semen production by use of the FACS Count AF system. *Theriogenology* 62 (2004) 1218-1228.

39. – Guérin B., Pozzi N. Viruses in boar semen: detection and clinical as well as epidemiological consequences regarding disease transmissions by artificial insemination. *Theriogenology* 63 (2005) 556-572.

40. –Rohtmann S. Behaviour of boar in semen-processing centers. *Theriogenology* 95(2005)171-176.

41.- Herradora LM. (2002) Principales problemas que afectan el rendimiento de la piara reproductora. En La piara reproductora. 1ª ed. México D.F. Mundi-Prensa. Págs. 20-32