

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**



**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**"FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL VERRACO"**

**POR:**

**CARLOS TACUBA RAMÍREZ**

**MONOGRAFÍA**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MEXICO, OCTUBRE DEL 2005.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

"FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL VERRACO"

POR:

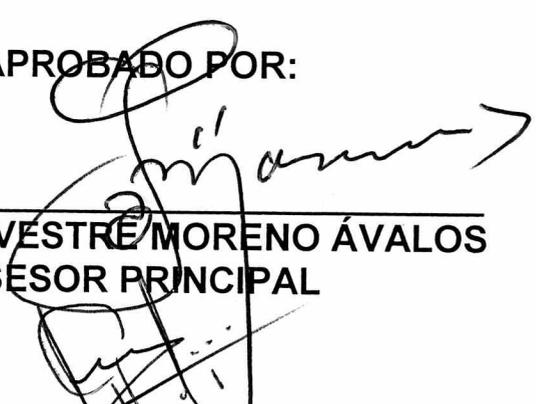
CARLOS TACUBA RAMÍREZ

MONOGRAFÍA.

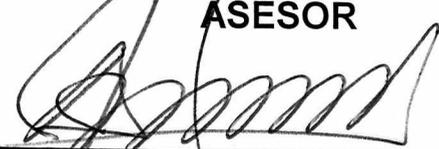
MONOGRAFÍA DEL C. CARLOS TACUBA RAMÍREZ QUE SE  
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DE LOS ASESORES COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

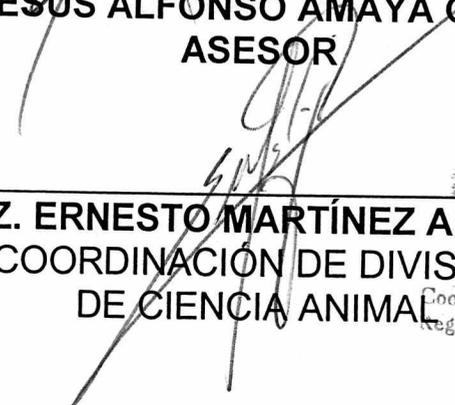
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS  
ASESOR PRINCIPAL

\_\_\_\_\_  
MC. DAVID VILLARREAL REYES  
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. JESUS ALFONSO AMAYA GONZÁLEZ  
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA  
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN  
DE CIENCIA ANIMAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

"FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL VERRACO"

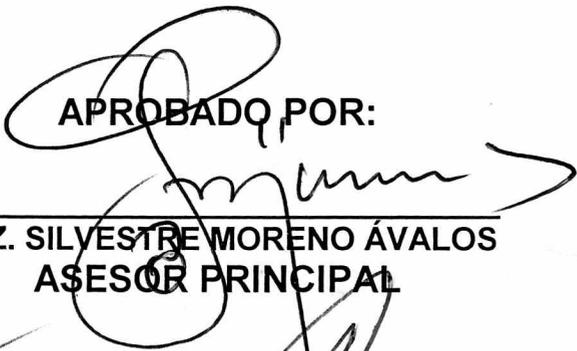
CARLOS TACUBA RAMÍREZ

MONOGRAFÍA

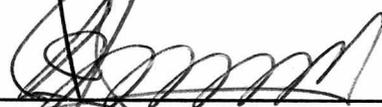
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

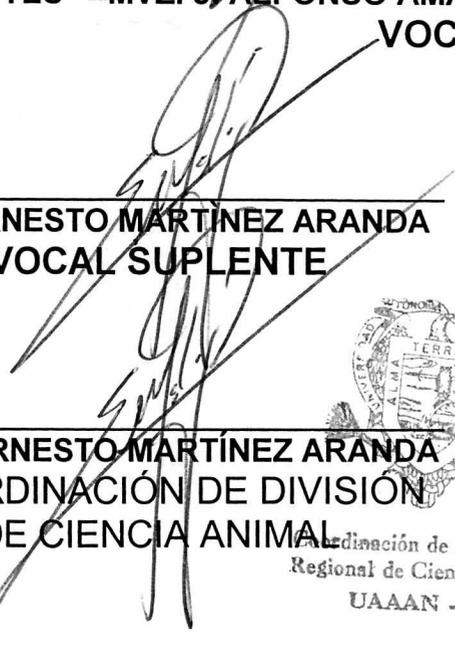
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

  
MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS  
ASESOR PRINCIPAL

  
MC. DAVID VILLARREAL REYES  
VOCAL

  
MVZ. J. ALFONSO AMAYA GONZÁLEZ  
VOCAL

  
MC. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA  
VOCAL SUPLENTE

MVZ. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA  
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN  
DE CIENCIA ANIMAL

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

## Índice general

	Paginas
<b>AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> _____	1
<b>OBJETIVOS</b> _____	6
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> _____	7
<b>ANATOMÍA Y FISIOLÓGIA DEL APARATO REPRODUCTOR DEL SEMENTAL</b> _____	7
Escroto _____	8
Testículo _____	8
Tubulos seminíferos _____	10
Red de Tetis _____	11
Conductos genitales _____	11
Conducto del epidídimo _____	11
Conducto deferente _____	12
Glándulas sexuales accesorias _____	13
Glándulas ampulares _____	13
Glándulas vesiculares _____	14
Próstata _____	14
Glándulas bulbo uretrales _____	15
Uretra _____	15
Pene _____	16
Prepucio _____	17

<b>ENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DEL VERRACO</b>	<b>18</b>
<b>ESPERMATOGENESIS</b>	<b>21</b>
Espermatocitogénesis	21
Espermiogénesis	23
<b>PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL VERRACO</b>	<b>25</b>
Pubertad	25
Edad reproductiva	25
Frecuencia de uso	26
<b>EVALUACIÓN Y CALIDAD DEL SEMEN</b>	<b>27</b>
<b>EVALUACIÓN MACROSCOPICA</b>	<b>28</b>
Volumen	28
Color	29
Ph	29
Temperatura	29
<b>EVALUACIÓN MICROSCÓPICA</b>	<b>31</b>
Motilidad	31
Concentración	32
Morfología	32

**FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL VERRACO \_\_\_\_\_ 33**

**FACTORES MEDIO AMBIENTALES Y/O DE MANEJO \_\_\_\_\_ 34**

Época del año _____	34
Temperatura ambiente _____	35
Fotoperíodo _____	37
Instalaciones y alojamiento _____	38
Manejo y tratamiento del verraco _____	39
Tratamiento y manipulación de las dosis seminales _____	41
Estrés _____	42
Estado sanitario _____	46
Nutrición y alimentación del verraco _____	47
Necesidades energéticas _____	50
Necesidades proteicas _____	53
Necesidades en minerales _____	54
Necesidades vitamínicas _____	59
Necesidades de fibra _____	62

**FACTORES FISIOLÓGICOS O DEPENDIENTES**

**DIRECTAMENTE DEL ANIMAL \_\_\_\_\_ 62**

Factores genéticos _____	62
Tamaño y anatomía de los testículos _____	63
Factores etológicos _____	64
Falta de Libido _____	64
Monta anormal _____	65
Edad _____	65

**CONCLUSIÓN \_\_\_\_\_ 66**

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA \_\_\_\_\_ 67**

## AGRADECIMIENTOS

*A DIOS: Al creador por brindarme la oportunidad de vivir, y ser parte de una familia maravillosa, rodearme de amigos, que me han regalado momentos hermosos e inolvidables manifestándome su apoyo incondicional en mi andar por este camino llamado vida.*

*SANTÍSIMA VIRGEN MARÍA DE GUADALUPE: Por manifestarme su apoyo de Madre, compartiendo junto a mí, situaciones difíciles de superar, por darme fuerzas necesarias para llegar a mi meta.*

### *A MIS PADRES:*

*Sr. Javier Tacuba Gabriel: Por aceptar la responsabilidad de educarme y hacer un hombre de bien y de provecho para la sociedad, por ser el sostén de la familia, pero sobre todo por su apoyo incondicional y confianza que me tiene al haberme dado la oportunidad de prepararme, para enfrentar las situaciones de la vida, por ello y por todo lo demás Dios lo bendiga Papá.*

*Sra. Petra Ramírez Moreno: Por traerme a este mundo y llenarme de momentos maravillosos, por que mas que una Madre ha sido para mi una amiga, en quien puedo confiar y apoyarme para salir adelante, sin usted no hubiera logrado alcanzar mi sueño de terminar mi carrera. Gracias y que Dios la bendiga siempre Mamá.*

### *A MIS HERMANOS.*

*Miriam, Elideth, Alexis, Edilberto y el pequeño Irwing: Gracias por aceptar vivir conmigo bajo el mismo techo, con los mismos padres y momentos alegres y tristes apoyándonos siempre para tratar de superar cualquier situación, gracias hermanos por que siempre me han brindado su apoyo económico y moral, sin el cual no hubiera logrado llegar, a este momento tan importante para mí. Los quiero mucho que Dios los bendiga siempre.*

*A MIS ABUELITOS: Alfonso Tacuba (+) y Andrea Gabriel; Severino Ramírez y Santa Cruz Moreno. Por sus sabios consejos y sus buenos deseos, gracias por todo que Dios los bendiga sea cual sea el lugar en donde se encuentren.*

*A MI NOVIA: Lili Jijón García: A ti amor, te agradezco por el apoyo que sin condición alguna me has brindado, al estar a mi lado cuando mas te necesitaba, llenando mi vida de momentos alegres, eres y serás siempre la mujer de mi vida. Te amo amor.*

*A MIS SOBRINOS: Keyla estelvina y Alam Hair: Los quiero mucho y gracias por ser de una u otra manera motivo de superación para mí, por hacer de mis vacaciones una experiencia maravillosa al llenar mis días de travesuras y de alegrías. Dios y la virgencita me los cuide siempre queridos sobrinitos.*

*AMIS CUÑADOS: Efraín Prestegui y Ezequiel Ramírez, gracias por su amistad y apoyo que han tenido conmigo para que yo llegara a la meta propuesta.*

*AMI TIA LORE: Por el apoyo, sus consejos y buenos deseos que siempre tuvo conmigo, para que yo lograra avanzar un escalón mas en mi vida, gracias tía Lore y que Dios cuide de usted y toda su nueva familia.*

*A LAS FAMILIAS: Esparza Ayala, Sandoval Esparza, Esparza Vega, Palacios Esparza, Rojas Esparza, Silos Castro, Esparza Delgadillo, Solís Becerra, y Piedra Ayala, por todo el apoyo y cariño que me tienen, Dios los Bendiga.*

*AMI ASESOR: MVZ. Silvestre Moreno Aualos por todo el apoyo que me brindó en la realización de este trabajo, que sin duda alguna, no hubiera logrado terminar sin su ayuda y que además de ser mi asesor, es para mí un gran amigo, gracias por todo el tiempo y apoyo.*

*AMI ALMA TERRA MATER (UAAAN- UL): Por darme la oportunidad de ser parte de ella y formarme como t profesionalista, que sin duda esa fue la meta que me propuse al ingresar a mi querida universidad, la cual no olvidare.*

*AMIS AMIGOS DE GUERRERO.*

*Mirna, yese, Ángel, Yovanni, Esther, Eugenio, Raúl, Hair, Carlos, Leo, Benigno (mi compadre), Juan, Alfredo, Ohsvaldo, Nain, Fortino, Beto, Elder, Pedro, por todo su apoyo y por aquellos momentos llenos de alegrías y tristezas que hemos pasado juntos, les deseo todo lo mejor de la vida, Que Dios los bendiga siempre amigos queridos.*

*AMIS AMIGOS DE COMARCA LAGUNERA.*

*Hilda y Agustín: No se como agradecer tanto cariño y amor que han salido darme en el tiempo que estuve en este lugar lejos de casa, no tienen idea de la gran fuerza, que su amistad me ha dado para poder llegar a mi meta, gracias de todo corazón por todo lo que han hecho por mí, solo les deseo todo lo mejor de la vida y que Dios permita que nuestra amistad continúe fortaleciéndose a pesar del tiempo y la distancia que exista entre nosotros. Dios los bendiga siempre amigos.*

*Poly y Jero: Mis dos grandes amigos, quienes supieron brindarme dentro y fuera del salón de clases su apoyo incondicional, gracias por compartir conmigo momentos inolvidables, les deseo lo mejor de la vida.*

*A MIS HERMANOS BRIGADISTAS.*

*Fede y Meche: Gracias por su linda y sincera amistad que me tienen, por compartir conmigo muchas experiencias maravillosas, que sin duda alguna fortalecieron nuestra amistad, gracias por que yo se que puedo seguir contando con ustedes en cualquier situación, por que son personas llenas de amor dispuesta siempre a ayudar al que los necesita. Dios y la virgen cuiden siempre de ustedes y toda su familia.*

*Angélica, Cinthia, Ana Rosa, Martha, Arlena, Bernal, Leo, Rubio, Juan, Daniel, Fabiel, Juanito, Fer, Mario, Ramón, Pedro, Facundo, Elmi, por los momentos inolvidables que pasamos, apoyándonos en todo para salir adelante. Dios los bendiga.*

## DEDICATORIAS.

*A MIS PADRES: Queridos padres les dedico de la manera mas humilde, pero con mucho amor este logro, agradeciendo toda la confianza, que han puesto en mí, al darme su apoyo al compartir mis logros y tropiezos sin pedir nada a cambio, padres queridos, nunca olvidare los esfuerzos y sacrificios que han hecho, para que yo tuviera esta oportunidad en mi vida, sabiéndome guiar por el buen camino con ejemplo y amor. Mil gracias de todo corazón queridos padres, solo le pido a Dios que lo cuide siempre y me permita seguir disfrutando de su agradable compañía aun por muchísimos años.*

*A MIS HERMANOS: A ustedes mis hermanos, les dedico con mucho amor este trabajo, por que me han brindado su apoyo incondicional, sin el cual no hubiera logrado mi meta, este es parte del fruto del gran esfuerzo que conmigo han compartido.*

*A LA MEMORIA DE TIA DEMETRIA: Quien me quiso como un hijo, y que siempre soñó con la ilusión de verme un día alcanzar mi meta, yo se que aunque no este conmigo físicamente, desde el cielo comparte mi alegría de verme realizado, por eso con mucho amor, le dedico el producto de mis sacrificios. Dios la tenga en su santa gloria tía Deme.*

*A MI TIO OMAR: Con mucho cariño y orgullo, le comparto este trabajo, que con esfuerzo y dedicación pude sacar adelante, pero no lo hubiera logrado, sin sus consejos y palabras llenas de energía, que siempre me transmitía en las pocas veces que platicábamos, a hora por designios de Dios usted no está conmigo, pero desde el cielo, estoy segura que se une a mí alegría por haber alcanzado la meta. Tía no lo olvidare por que en mi mente siempre estará presente. Dios lo tenga en su gloria y que bendiga siempre a toda su familia.*

## **INTRODUCCIÓN.**

### **ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CERDO.**

Sobre el origen y evolución del cerdo algunos investigadores consideran, que fue el primer animal domesticado; otros por el contrario consideran que primero fue domesticada la vaca, luego la oveja y la cabra y después el cerdo. Lo cierto que todo esto ocurrió hace miles de años (unos 10,000) en la edad de piedra y casi con seguridad en algún lugar de Asia (Ávila y García., 1999).

Fue Cristóbal Colón quien trajo los primeros cerdos al continente americano, específicamente a Cuba en su segundo viaje (1493), éstos se reprodujeron abundantemente y por su crianza al pastoreo, se fueron introduciendo a los bosques, en donde muchos se volvieron salvajes.

Cuando llegaron los españoles a América, no existía el cerdo doméstico. Fue en Panamá, en 1519, cuando Francisco Pizarro encargó la primera manada de cerdos rumbo a la costa occidental de Sudamérica. Luego en 1539, Hernando de Soto introdujo los cerdos a Norteamérica (Ávila y García., 1999).

Posteriormente, ya en la época colonial, los conquistadores continuaron importando cerdos, pues su carne y grasa eran muy apreciadas. La domesticación trajo consigo, cambios morfológicos, como una marcada reducción del tamaño, el acortamiento del cráneo y de los huesos lacrimales, la reducción del largo de los miembros, cambios en la textura y el color del pelo, la presencia de orejas caídas y la cola enroscada. Aunado a estos cambios, se

presentaron importantes modificaciones en el comportamiento, ya que el cerdo pasó de ser un animal salvaje a uno dócil, acostumbrado a la presencia humana y a condiciones de suelo, clima, alimentación y confinamiento, extremadamente variables (Martínez., 2002).

Así, con el avance de la conquista, fueron avanzando también los cerdos, llegando a ocupar gran parte del territorio Americano. La crianza durante todos estos siglos era de tipo familiar, con afán de subsistencia. No fue si no hasta el siglo XIX en donde se desarrollo la técnica de refrigeración, que se pudo conservar y enviar cerdos beneficiados frescos a través de largas distancias, en lo que se pudo considerar el inicio de la industria porcina.( Neumanni., 2001).

A partir de los años 50, los consumidores se empezaron a preocupar mas, por llevar una dieta baja en grasa, por lo que la industria desarrollo un cerdo de carne magra, que se conoce como el nuevo cerdo "tipo carne"(Neumanni., 2001).

SINÓNIMOS DEL CERDO SON:

1. Marrano
2. Chanco, en Hispanoamérica.
3. Puerco, palabra que también se refiere a su carne.

## IMPORTANCIA DE LA PRODUCCION DEL CERDO.

La producción porcina tiene gran importancia debido a que representa, aproximadamente, la cuarta parte de la carne que se produce en México. De 1990 a 1997, la producción creció a una tasa anual de 3.1 %. En 1997 se produjeron 939 245 toneladas de carne de cerdo y se pronostico una producción de 960 850 toneladas para 1998, lo que implico un crecimiento del 2.3 %. (Neumanni., 2001).

En México, el consumo per cápita de carne de cerdo es de 13 kilogramos. Los rendimientos de carne en canal en nuestro país son de 32 Kg/Ani. Promedio Nacional, solamente el sistema moderno produce 70 Kg/Ani. al sacrificio en 6 meses en el sistema moderno.

La importancia de la explotación del cerdo se debe que su carne, es fuente de proteínas, energía y provee vitaminas y minerales. A sí una porción de aproximadamente 100 gr. De carne magra de cerdo, aporta algo mas del 50 % de los requerimientos diarios de proteína de un hombre. El cerdo se utiliza para la elaboración de chorizos parrilleros, chorizos secos, salames, queso de cerdo, jamones, lomitos, bondiolas y pancetas, Pierna, chuletas, tocineta, paleta, carnes magras, tocino, pellejo, grasa dorsal, chorizo extremeño; chorizo criollo; salchicha desayuno; salchichón tradicional(Ávila y García., 1999).

Aparte del beneficio que brinda el cerdo a través de su carne de excelencia calidad, en ciertas comunidades rurales el cerdo todavía es una fuente de grasa para el consumo humano (Huhges y Varley., 1984).

El cerdo no sólo es un alimento, también es usado en el sector médico para fabricación de insulina o injertos, en la industria se usa para manufacturar diversos productos (Ávila y García., 1999).

## IMPORTANCIA DEL VERRACO EN LA GRANJA PORCINA.

El verraco desempeña un papel fundamental en la explotación porcina, teniendo gran repercusión sobre la eficacia reproductiva de la misma, tanto en monta natural, pero más aún cuando se lleva a cabo inseminación artificial ya que su influencia se extiende a un mayor número de cerdas (Quiles y Hevia., 2003).

Entre las funciones que va a desarrollar el verraco podemos destacar: producir un nivel adecuado de feromonas que den lugar a una respuesta adecuada en la salida en celo de las cerdas y llevar a cabo una erección, cópula y eyaculado con un número adecuado de células espermáticas viables que hagan posible la concepción (Anchorena., 2002).

El verraco tiene un enorme impacto en la eficacia reproductiva de la explotación, dependiendo de la frecuencia de recogida de semen y del número de dosis seminales, el semen de un solo verraco se puede utilizar para inseminar entre 750 y 1.000 cerdas por año (Martínez., 2002). Consecuentemente, el fallo reproductivo de un semental influye en un gran número de cerdas. Por lo tanto, es importante conocer los aspectos básicos de la fisiología reproductiva del verraco para llevar a cabo un buen manejo de los mismos y así optimizar la fertilidad (Flowers., 2005).

Este trabajo revisa la anatomía, fisiología y desarrollo sexual del verraco, la espermatogénesis y el proceso de la eyaculación, así como los diferentes factores que influyen en la fertilidad del verraco, como prevenirlos y las posibles formas de control, para poder tener una mejor producción porcina.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Obtener información, para dar a conocer cuales son los principales factores que afectan la fertilidad del verraco, y las posibles formas de control, para lograr una mayor eficiencia en las explotaciones porcinas, debido a la gran importancia que la carne de cerdo representa para el consumo humano.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO:**

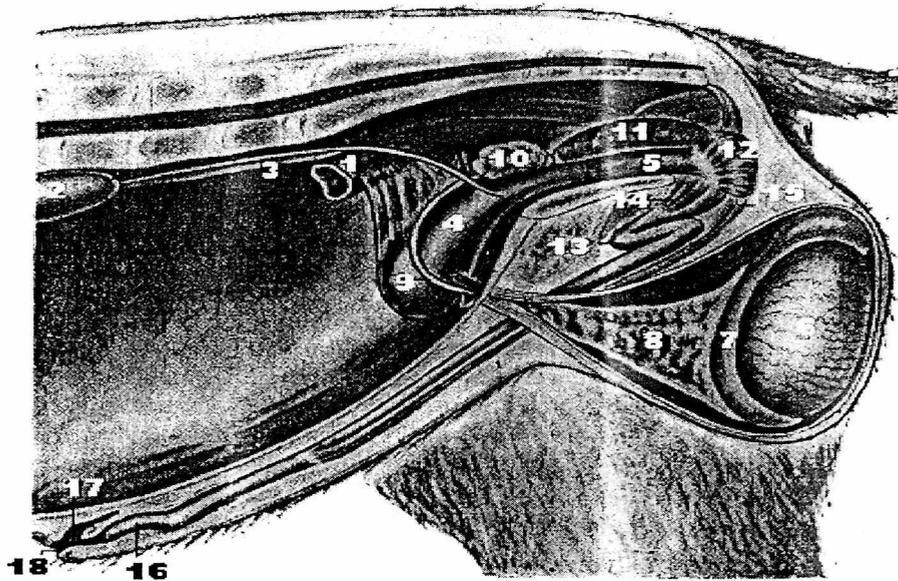
- I. Conocer la anatomía y fisiología del verraco, para llevar acabo un buen manejo de los mismos y mejorar la fertilidad.
  
- II. Conocer el proceso de la espermatogenesis.
  
- III. Estudiar los parámetros reproductivos del semental.
  
- IV. Conocer las características a evaluar para ver la calidad del semen.
  
- V. Conocer los principales factores que afectan la fertilidad del verraco, como afectan y las formas de controlarlos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### ANATOMIA Y FISILOGIA DEL APARATO REPRODUCTOR DEL VERRACO.

El sistema reproductivo del verraco esta formado por una serie de estructuras que incluyen: Los testículos, conductos genitales, el pene y las glándulas accesorias (Figura 1) (Trujillo., 2002.) Es importante recalcar que cualquier alteración patológica o funcional de algunas de estas estructuras puede dar lugar a problemas reproductivos (Flowers., 2005).

Figura.1 Aparato Reproductor del Verraco.



- |                                |                             |                                |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 Recto                        | 6 Testículo                 | 13 Curvatura en S del pene     |
| 2 Riñón                        | 7 Epidídimo                 | 14 Músculo isquio-cavernoso    |
| 3 Uréter                       | 8 Cordón seminal            | 15 Porción posterior del pene  |
| 4 Vejiga urinaria              | 9 Conducto deferente        | 16 Punta del pene              |
| 5 Porción pélvica de la uretra | 10 Vesículas seminales      | 17 Prepucio                    |
|                                | 11 Glándulas bulbouretrales | 18 Abertura del saco prepucial |
|                                | 12 Bulbouretra              |                                |

## ESCROTO:

Es un saco bilobulado que envuelve a los testículos y que esta compuesta de una capa interna (la túnica dartos) que divide el escroto en 2 bolsas una para cada testículo y otra externa gruesa y velluda que es una invaginación de la piel y es también parte del mecanismo termorregulador del testículo (mantener los testículos a una temperatura de 5° C menos que la temperatura corporal) (Neumanni., 2001).

La túnica dartos se localiza en el interior del escroto y controla su proximidad al testículo. Cuando hace frío se contrae y tira del saco escrotal hacia la base del cuerpo para aislar el testículo, mientras que cuando la temperatura es alta permite el retroceso del escroto para que el testículo vuelva a su posición normal (Flowers., 2005).

Es de gran importancia que al momento de seleccionar un semental se tome en cuenta el tamaño del escroto, debido a que un escroto grande es significativo de un testículo grande lo que asegura una mayor cantidad de espermatozoides producidos por los testículos (Buhr., 2001).

## TESTICULOS:

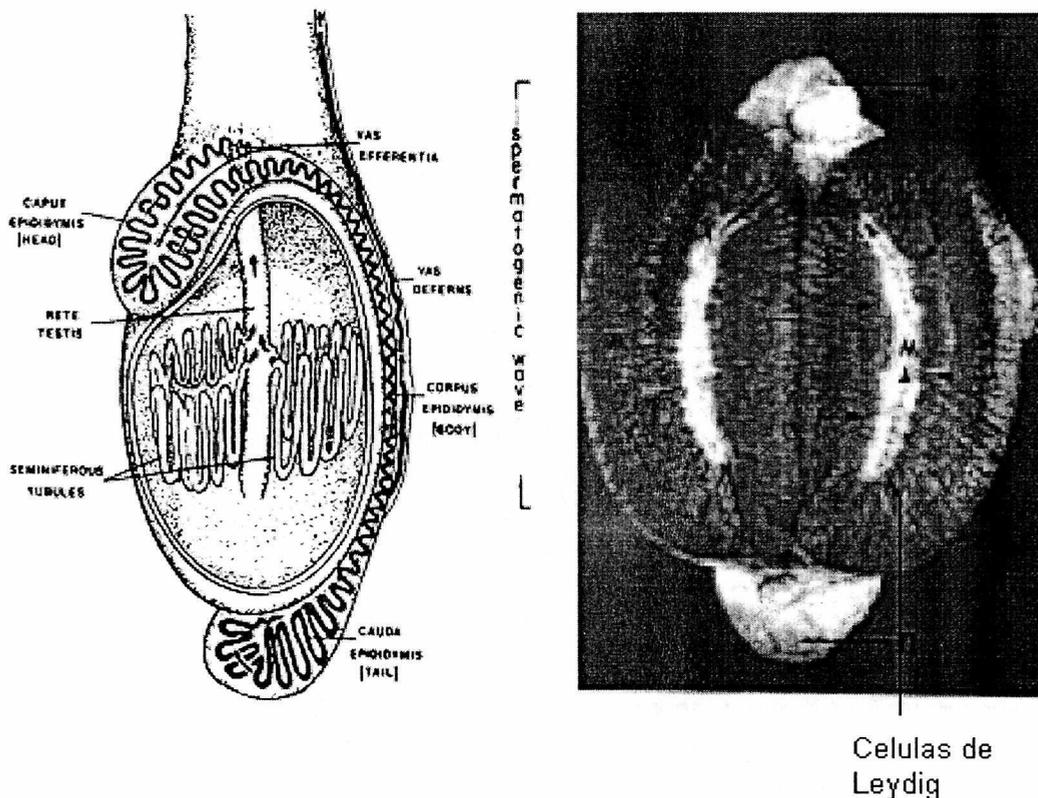
Están localizados dentro de una bolsas denominados escroto, la cual es una estructura derivada de la piel, los testículos son órganos exocrinos y endocrinos. La función exocrina es la producción celular (espermatozoides) y la función endocrina es la producción tanto de las células de Leyding como de Sertoli (Hafez., 2002: Valencia., 2000 y Dejuq et al., 2001). Los testículos son

dos, ovoides, y cada uno mide aproximadamente 7 cm. de diámetro por 13 cm. de largo (figura 2). (Trujillo., 2002).

Los testículos, están envueltos por una cápsula, la túnica albugínea, la cual está compuesta por tejido conjuntivo denso, a su vez esta túnica la cubre la capa visceral de la túnica vaginal, de la túnica albugínea se producen los tabiques o estratos que en el caso del verraco son profundos y gruesos, y que por la parte medial del testículo se unen y forman lobulillos (Arancibia., 1999).

En los lobulillos testiculares que se forman están los túbulos seminíferos, los cuales se originan desde el mediastino testicular en forma de espiral como adenómeros tubulares. Los túbulos están revestidas por un epitelio estratificado que consiste de tres partes o zonas: basal, intermedia y superficial. Las células estratificadas son las células espermatozónicas (células germinales) y las células de Sertoli (Trujillo 2002., y Valencia., 2002).

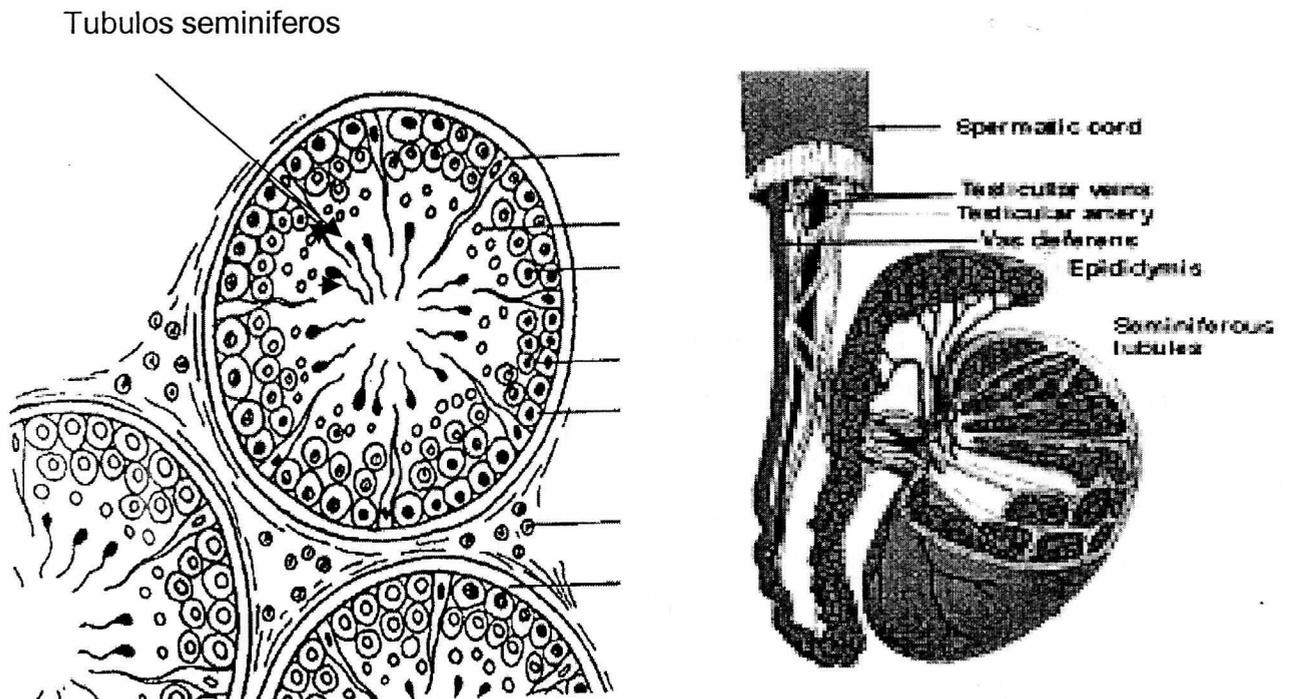
Figura 2. Estructura del Testículo.



## TUBULO SEMINIFEROS:

Los túbulos seminíferos son una red de conductos en los cuales se producen los espermatozoides (Hughes y varley., 1984). Las células de Sertoli son células especializadas implicadas en la maduración del espermatozoide y en la producción de hormonas que ocupan el interior de los túbulos seminíferos (Dejuqc et al., 2001). Las células intersticiales de Leydig, la sangre, los vasos linfáticos y los nervios están situados entre los túbulos seminíferos. (Trujillo., 2002). Las interacciones entre las células de Sertoli y de Leydig regulan virtualmente cada aspecto de la función reproductiva masculina (Setchell et al., 1993).y juegan un papel importante para determinar el tamaño de los testículos (figura 3). (Lunstra et al., 2003).

Figura 3. Tubulos seminíferos.



## RED DE TESTIS:

Aquí se originan los conductos eferentes, los cuales conectan la red testicular con el conducto del epidídimo. Los conductos eferentes varían en cantidad de 6 a 20 conductos de forma espiral, posee un epitelio cilíndrico simple o pseudoestratificado con algunas células ciliadas, las cuales forman una corriente la cual facilita el movimiento de los espermatozoides hacia los grandes conductos. Las porciones cortoneadas y ampliadas de estos túbulos conectan con el conducto epididimario y Constituyen la cabeza de este órgano (Trujillo., 2002 y Valencia., 2002).

## CONDUCTOS GENITALES.

Conducto del epidimo: Es un conducto que sale de los testículos y se une con el conducto deferente (Neumann., 2001 y Valencia., 2002). El epidídimo es similar a los túbulos seminíferos ya que se enrosca sobre sí mismo varias veces diferenciándose en tres secciones distintas: cabeza, cuerpo y cola (Trujillo., 2002 y Dejuqc et al., 2001). El epidídimo esta rodeado por una capa prominente de fibras circulares formadas por un epitelio ciliar pseudo estratificado. Los espermatozoides se encuentran comúnmente a lo largo del lumen, en el interior del epidídimo (Setchell et al., 1993).

La función primaria del epidídimo es la maduración del esperma, su transporte y almacenaje (Dejuqc et al., 2001 y Cooper et al., 2002).

Los espermatozoides que entran en el epidídimo no tienen movimiento ni son fértiles. Los espermatozoides necesitan entre 10 y 14 días para emigrar de la cabeza a la cola del epidídimo, el sitio de almacenaje primario (Flowers., 2005).

Se ha estimado que la cola del epidídimo contiene cerca del 75% de los espermatozoides que están en el epidídimo y que entre mayor sea el peso y el tamaño del epidídimo, mayor será la capacidad de almacenamiento del esperma, lo que podría mejorar la fertilidad (Walker et al., 2004).

Los espermatozoides adquieren la motilidad y la capacidad de fertilizar en el cuerpo del epidídimo debido a las secreciones de las células situadas en esta región (Gatti., 2002). El movimiento de los espermatozoides en el epidídimo se piensa que se debe al flujo del líquido de la red testicular, la acción del epitelio ciliar y las contracciones musculares (Flowers., 2005).

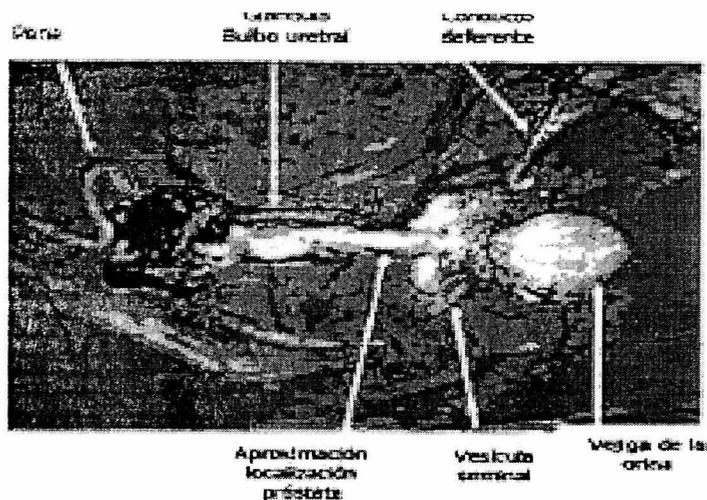
Los espermatozoides defectuosos o muertos que no son eyaculados son eliminados gradualmente en la orina y los que no se excretan en la orina experimentan un proceso gradual del envejecimiento y son eliminados por el epidídimo. Durante este proceso de envejecimiento, primero pierden la capacidad de fertilizar y seguidamente la motilidad (Garner y Hafez., 1993).

Conducto deferente: El conducto deferente es un tubo grueso y musculoso a través del cual el esperma es transportado desde la cola del epidídimo a la uretra (Neuanni., 2000 y Flowers., 2005.) Está revestido por un epitelio cilíndrico pseudo estratificado que se convierte en cilíndrico simple en la porción distal (Valencia., 2002). La túnica muscular es gruesa y con dos capas distintas: interna y externa con fibras entremezcladas en cada capa, sin distinción entre ellas (Trujillo., 2002).

## GLANDULAS SEXUALES ACCESORIAS

Adyacente a la uretra pélvica se encuentran las glándulas sexuales accesorias que incluyen: las glándulas ampulares, glándulas vesiculares, glándulas prostáticas y glándulas bulbo uretrales (Figura 4) (Hafez et al., 1993 y Weber et al., 1993).

Figura 4. Conducto deferente, glándulas sexuales accesorias.



### Glándulas ampulares:

Cerca de su desembocadura en la uretra, los conductos deferentes se dilatan para formar la ampula del conducto deferente, son ramificadas de tipo tubular, con dilataciones saculoides, de epitelio columnar simple (Valencia., 2002). En el caso del verraco se considera que estas ampulas son pocas desarrolladas. Secretan un líquido seroso blanco (Trujillo., 2002 y Arancibia., 1999).

### **Glándulas vesiculares:**

también conocidas como vesículas seminales, son estructuras verdaderamente vesiculares donde los adenómeros se abren en la luz del saco en forma de vejiga o vesículas, localiza al lado de la porción terminal del conducto deferente (Garner y Hafez., 1993). En el verraco son glándulas compactas de superficie lobulada, con epitelio glandular columnar simple, es una estructura en forma de piña (Trujillo., 2002). Su secreción es blanquecina, gelatinosa que sirve como vehículo y contiene grandes cantidades de fructuosa la cual se usa como fuente de energía para el espermatozoide eyaculado (Arancibia, 1999 y Neumanni., 2001).

### **Próstata:**

Está situada al lado de las glándulas seminales, es una glándula seromucosa que consiste en dos partes: cuerpo y la porción diseminada. En el caso del verraco se considera mayormente una porción diseminada, cuyos adenómeros se distribuyen en la submucosa de la uretra pélvica (Trujillo., 2002). Su secreción tiene la función de incrementar la motilidad espermática, a si como contribuir con la formación del tapón vaginal (Flowers., 2005).

La próstata con la mayor parte de su cuerpo encajado en la capa del músculo que rodea la uretra pélvica. Las secreciones de la glándula de la próstata durante la eyaculación son sobre todo alcalinas. La función primaria del líquido de la glándula de la próstata es neutralizar las secreciones vaginales ácidas (Setchell et al., 1993).

**Glándulas bulbouretrales:**

Se conocen también como glándulas de Cowper. Estas glándulas tienen forma alargada y cilíndrica, y en el verraco se localizan en cualquier lado de la uretra pélvica cerca del arco isquiático de la pelvis (Neumanni., 2001) secretan una fracción de gel o tapioca característica del eyaculado del verraco que sirve para limpiar y lubricar la uretra (Weber et al., 1993 y Hafez., 2002).

**Uretra:**

Es el conducto común del aparato reproductor y urinario (Neumanni 2001).transporta tanto la orina como el semen y puede dividirse en una porción pelviana y una peneana (Neumanni., 2001: Trujillo., 2002 y Hafez., 2002).

La uretra pelviana está revestida por un epitelio de transición que puede hacerse cilíndrico o cúbico estratificado hacia la porción distal. El tejido conectivo subepitelial a todo lo largo de la uretra contiene tejido eréctil con espacios cavernosos (venas) de pared fina (Trujillo., 2002). En la uretra pelviana este tejido forma el estrato cavernoso (vascular). Por fuera de este se ubica la próstata, cerca de la vejiga la tunita muscular de la uretra presenta dos capas longitudinales, interna y externa y una capa media circular de músculo liso (Hafez., 2002).

La uretra peniana corre por la cara ventral del pené, esta revestida por una combinación de epitelio de transición, estratificado cúbico y cilíndrico simple. Los espacios cavernosos más grandes forman el cuerpo esponjoso que esta rodeado por una túnica albugínea. A excepción de unas pocas fibras musculares lisas, la pared de la uretra peneana carece de túnica muscular (Trujillo., 2002).

## **PENE:**

Es la parte terminal del sistema urogenital, En el verraco, el pene tiene forma de una espiral en sentido de las agujas del reloj (Garner y Hafez., 1993).consta de un cuerpo y un glande; el cuerpo del pene se caracteriza por poseer dos partes de tejido eréctil denominados cuerpos cavernosos; el glande que es el extremo libre del pene, está formado por tejido fibroelastico, una pequeña cantidad de tejido eréctil y un gran numero de terminaciones nerviosas (Trujillo., 2002). El verraco cuando esta en reposo, el pene está contraído y forma un doblez característico de "S" llamado la flexura sigmoidea, en este estado de reposo el extremo libre esta contraído y se localiza en el prepucio (Neumanni., 2001).

Es el responsable de la Erección y eyaculación. Los estímulos sexuales causan la dilatación de las arterias que proveen al pene. Se ha sugerido que las fibras parasimpáticas que se originan del nervio pélvico son responsables de proporcionar la señal para la dilatación y por lo tanto el comienzo de la erección. La vasodilatación se inicia a la vez, el músculo bulbo cavernoso comienza a contraerse y hace que la sangre sea bombeada hacia los cuerpos cavernosos del pene. En el verraco, ninguna vena drena la porción distal de estos espacios, lo que facilita el aumento en la presión dentro del pene y en última instancia, la erección. Como la presión sanguínea aumenta ya que está atrapada en los cuerpos cavernosos, el músculo retractor del pene se relaja permitiendo que la flexión sigmoidea se enderece y el pene salga de la envoltura (Flowers., 2005).

Varios estudios demuestran que la falta de erección en el verraco es causada sobre todo por los defectos estructurales más que por problemas psicológicos (Benson et al., 1993).

La eyaculación está sobre todo bajo control nervioso e implica contracciones de los músculos lisos. El proceso se inicia por contracciones rítmicas de los músculos lisos de la cola del epidídimo y de los conductos deferentes. Estas contracciones son controladas por los nervios simpáticos que se localizan en los plexos nerviosos de la pelvis, los cuales son una rama del nervio hipogástrico. Durante la eyaculación, el músculo bulbocavernoso comprime el pene y envía sangre al resto del tejido cavernoso, dando como resultado el alargamiento del pene (Weber et al., 1993).

Uno de los serios problemas que puede afectar la función es la persistencia del frenillo es una condición en la cual los filamentos del tejido no se queratinizaron completamente y todavía se unen al pene. Cuando ocurre esto, el extremo del pene se curva hacia el prepucio durante la erección y la eyaculación (Garner y Hafez., 1993). Estos filamentos se pueden cortar fácilmente con unas tijeras. Cerca del extremo del prepucio está un divertículo llamado el saco prepucial (Flowers., 2005).

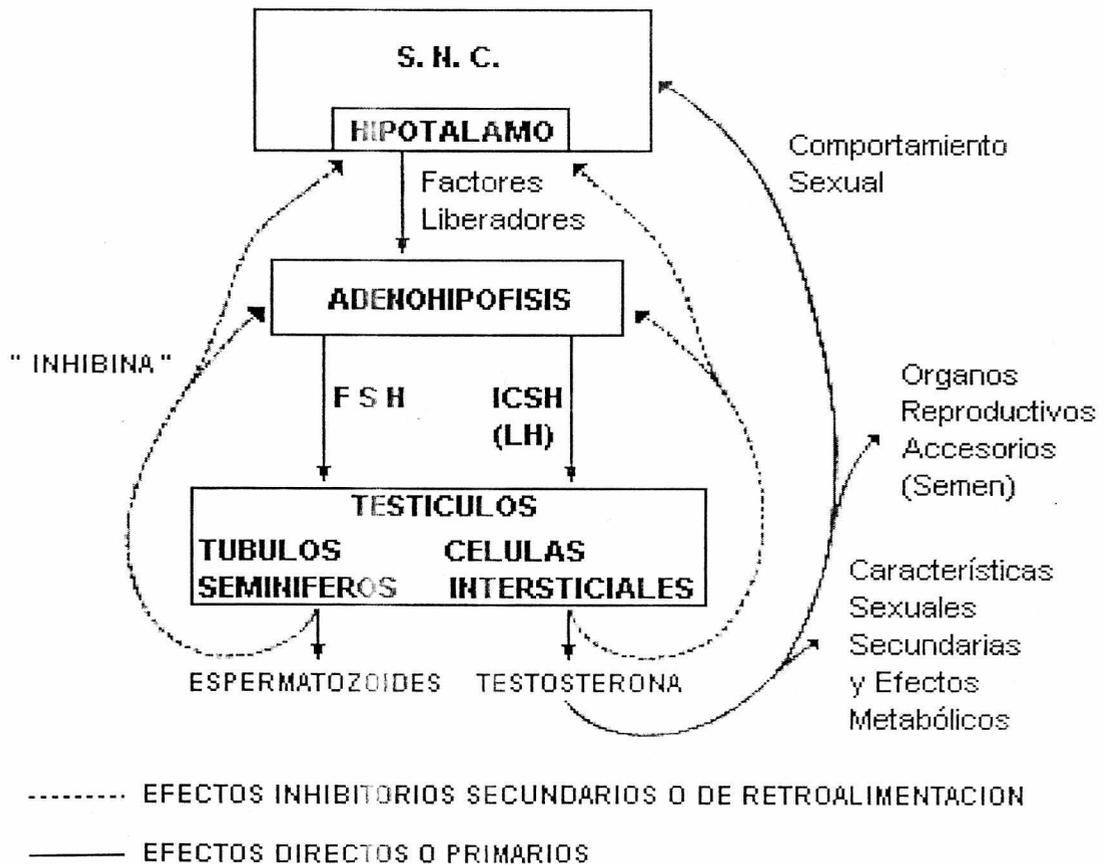
### **PREPUCIO:**

Es un pliegue tubular de la piel que cubre el extremo libre distal del pene. (Trujillo., 2002). Consta de dos porciones una parietal y otra visceral, la primera de las cuales presenta dos capas, externa e interna. La capa externa de la hoja parietal es una piel típica que continua con la piel abdominal. El orificio prepucial se refleja hacia dentro y forma una capa interna del prepucio parietal que a su vez, se refleja hacia delante y se inserta en el extremo del pene formando la capa visceral del prepucio (Arancibia., 1999).

## ENDOCRINOLOGIA DE LA REPRODUCCION DEL VERRACO

Hipotálamo y glándula pituitaria. El cerebro es el componente del sistema reproductivo del verraco que capta las señales internas dentro del cuerpo y las señales externas del ambiente, las integra, y regula las funciones fisiológicas y del comportamiento asociadas a la reproducción (Bertani et al., 2004). La porción hipotalámica (del cerebro secreta la hormona gonadotropina (GnRH) que controla la producción y la secreción de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH) de la glándula pituitaria (Hafez., 1993). Estas dos hormonas son responsables de la regular la función testicular (Figura 5). (Estienne et al., 2003).

Figura 5. Diagrama del control neuroendocrino de la Reproducción en machos.



La hormona luteinizante (LH) secretada por la glándula pituitaria anterior estimula la producción de andrógenos por las células de Leydig (Estienne., 2003). El andrógeno primario producido es la testosterona. La testosterona tiene varias funciones importantes en la espermatogénesis y en el comportamiento sexual masculino (Walker et al 2004 y wagner et al., 2004).

Una baja en la libido de los sementales se debe en gran parte a una disminución de las cantidades de esteroides testiculares, así como de testosterona y estradiol (Estienne et al., 2003).

La hormona Folículo estimulante (FSH) estimula las células de Sertoli (Wagner., 2004) para producir las proteínas captadoras de andrógenos que convierten la testosterona en dihidrotestosterona y estrógenos, y además secreta la inhibina (Holsberger et al., 2005). Estas proteínas forman un complejo junto con los andrógenos y se transportan con los espermatozoides al epidídimo (Zenella., 1999). Para que el epitelio del epidídimo funcione correctamente se necesitan altos niveles de andrógenos. La inhibina se difunde hacia los túbulos seminíferos y se incorpora al sistema vascular y de aquí al cerebro donde tiene un efecto negativo en la secreción de FSH. La producción de inhibina por los testículos es un componente importante para la regulación de gonadotropinas en el verraco (Martínez., 2002).

En el semen del verraco, se encuentran niveles altos de estrógenos. La fuente de estos estrógenos es las células de Sertoli, las cuáles convierten la testosterona en estrógenos a través de la enzima aromatasa (Setchell et al., 1993). El papel primario de los estrógenos seminales es estimular el aparato genital femenino durante la monta. Investigaciones recientes han demostrado que las células de Sertoli y de Leydig tienen receptores para una variedad de factores del crecimiento, se piensa que los factores del crecimiento se pueden

producir en respuesta a la acción de la hormona gonadotropina o del crecimiento en el tejido testicular y la producción de esperma diarios (Sharpe., 2003), además intervienen en muchas de las acciones en las que participa esta hormona (Hafez., 1993). Los factores del crecimiento se cree que son el modo primario por el cual las células de Sertoli y los espermatozoides en desarrollo regulan la secreción de proteínas a lo largo de los túbulos seminíferos (Setchell et al., 1993 y flowers., 2005).

## **ESPERMATOGÉNESIS**

La espermatogénesis es un proceso complejo, se divide en dos procesos Básicos: espermatocitogénesis y espermiogénesis, Necesarios para la formación de espermatozoides maduros (Creemers et al., 2002).

### **ESPERMATOCITOGÉNESIS**

En general, es el proceso en el que las células del esperma sufren las divisiones mitóticas y meióticas, mientras que en la espermiogénesis se refiere a la fase de maduración (Goddard et al., 2001 y Lamirande., 1997).

Aunque ambas hormonas son importantes, se cree que en la espermatocitogénesis la LH juega un papel más activo que la FSH, mientras que la FSH es la hormona principal implicada en la espermiogénesis (Rohrer., et al2001).

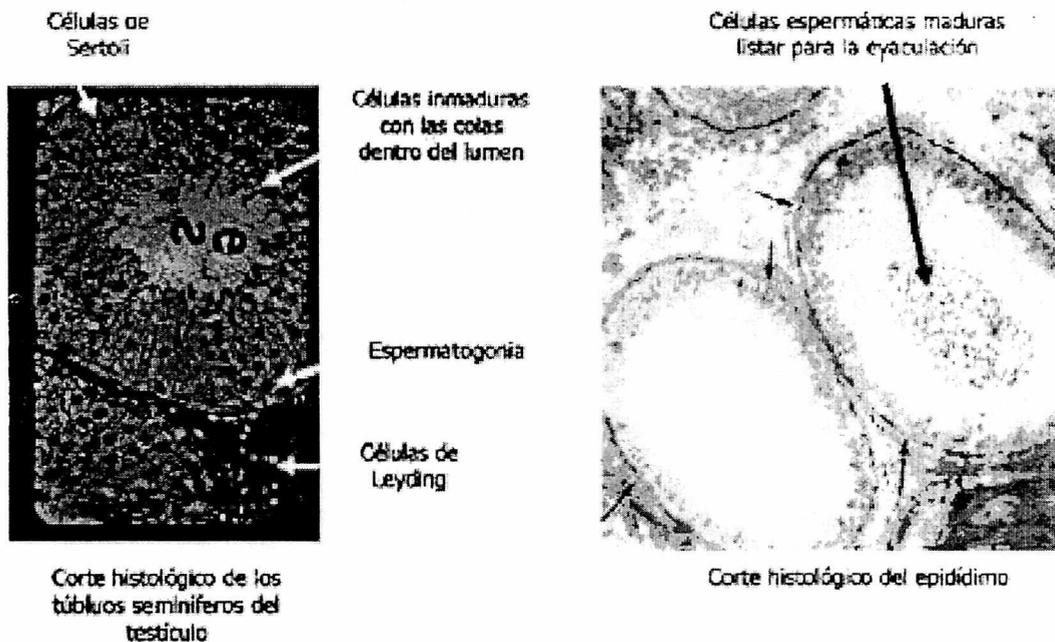
Espermatocitogénesis. Poco antes de que el verraco llegue a la pubertad, las células germinales llamadas gonocitos primordiales se diferencian para formar las espermatogonias (Saunders et al., 2003). Éstas son las células precursoras de los espermatozoides y de las cuales se van a originar el resto de las células espermáticas (Creemers et al., 2002).

Hay una cierta evidencia de que el número de espermatogonias este relacionado directamente con la capacidad de producción de espermatozoides en los machos adultos (Anzar et al., 2002). En verracos adultos, la espermatogonia se diferencia en espermatogonia A1 que se divide

progresivamente para formar los distintos tipos de células no maduras del esperma. La división mitótica final durante la espermatocitogénesis da lugar a los espermatocitos primarios. Aunque el número medio divisiones mitóticas entre el A1 y las etapas primarias del espermatocito es un tema de una cierta controversia, los esquemas que se utilizan normalmente aparecen en las figuras 6. (Garner y Hafez., 1993).

Esto significa que de una sola espermatogonia se forman entre 32 y 124 espermatocitos primarios. (Flowers., 2005). Después de la formación de los espermatocitos primarios, ninguna nueva síntesis de la DNA ocurre y los espermatocitos secundarios que resultan se dividen para formar las células haploide conocidas como espermátidas. El proceso de la espermatocitogénesis ocurre en el testículo. (Setchell et al., 1993).

Figura 6. Cortes Histológicos de los tubulos seminíferos y del epidídimo.



## ESPERMIOGÉNESIS

Las espermatidas redondas son transformadas en espermatozoides por una serie de cambios morfológicos que se denominan espermiogénesis. Los cambios de maduración que experimentan los espermatozoides durante la espermiogénesis incluyen la condensación del material nuclear, formación de la cola del esperma y el desarrollo del acrosoma y de su contenido (Garner y Hafez., 1993).

Durante la espermiogénesis la mayoría de las células del esperma parecen tener sus cabezas encajadas en las células de Sertoli. En realidad, la membrana de la célula de Sertoli se envuelve realmente alrededor de la cabeza de la esperma. La comunicación y el intercambio de materiales entre las células de Sertoli y las células del esperma en desarrollo ocurren vía los puentes intercelulares. El lanzamiento real del espermatozoide hacia lumen de los túbulos seminíferos se llama espermiación.

Las espermatidas alargadas se eliminan gradualmente de las células de Sertoli en el lumen de los túbulos seminíferos hasta que solamente un pequeño tallo citoplasmático residual conecta la cabeza del esperma con la célula de Sertoli. La fractura del tallo da lugar a la formación de una gota citoplásmica en la región del cuello del espermatozoide. Éstas se denominan comúnmente como gotas citoplásmicas proximales. (Flowers., 2005).

Maduración en el epidídimo. Los espermatozoides entran en al cabeza del epidídimo incapaces de fertilizar, sin embargo, adquieren esta capacidad en un cierto punto durante su tránsito a la cola del epidídimo (Ho et al., 2001).

Se cree que las secreciones del epidídimo contienen factores de la maduración que facilitan los cambios bioquímicos en el interior de los espermatozoides necesarios para la fertilización (Garner y Hafez., 1993; Setchell et al., 1993). Estos cambios incluyen el desarrollo del potencial para moverse hacia delante y progresivamente, cambios metabólicos, pérdida de la gota citoplásmica y cambios en la membrana plasmática, acrosoma y material nuclear (Ho., 2001). Es interesante observar eso durante el almacenamiento en la porción caudal del epidídimo, la actividad metabólica del espermatozoide maduro es suprimida realmente por la secreción de un "factor de inmovilización" (Flowers., 2005).

El proceso completo de la espermatogénesis dura entre 45 a 55 días en el verraco (Hughes y Varley., 1984).

La mayor parte del proceso tiene lugar en el testículo e implica los cambios asociados a la espermatocitogénesis y espermiogénesis. La maduración en el epidídimo se piensa que dura solamente de 10 a 14 días (Flowers., 2005).

## PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL VERRACO

### PUBERTAD

La presencia de la pubertad en los machos esta relacionada con un incremento en las cantidades de las hormonas LH y FSH y la raza (Martínez., 2002 y Zenella., 1999).por tanto la pubertad se alcanza cuando aparecen espermatozoides libres en los tubulos seminiferos y se presenta en la cola del epidídimo es entonces cuando el macho es capaz de fecundar aunque la fertilidad no es máxima. La edad aproximada de la pubertad es de 6-8 meses, (Hughes y Varley., 1984 y Neumanni et al., 2001). Sin embargo una alimentación deficiente puede retrasar la pubertad (Barb et al., 1997).

Una deficiencia de Manganeso, produce retrasos en el en la aparición de la pubertad (Olson et al 2004).

### EDAD REPRODUCTIVA:

Ciertos aspectos del comportamiento sexual comienzan en el verraco desde el primer mes de edad. La actividad constante de monta acompañada por la erección ocurre alrededor de los 4 meses de edad (Flowers., 2005). Sin embargo, la mayoría de los verracos no son capaces de producir eyaculados con concentraciones normales de espermatozoides fértiles hasta los 6 - 8 meses de edad y un peso aproximado de 120 kg, (Neumanni., 2001). Se considera un verraco joven entre los 8 y 12 meses de edad y adulto cuando es mayor de un año pero la vida útil de un verraco es de 4 a 5 años de edad (Fuentes., 1995).

En verracos jóvenes que no han alcanzado la madurez sexual, el pene no puede ser exteriorizado completamente porque está unido con la capa interna del prepucio, por lo tanto no podrá realizar la monta (Flowers., 2005).

Cuando el verraco alcanza la madurez sexual, los andrógenos del testículo producen la queratinización de esta zona del prepucio y el pene se libera eventualmente de su conexión con el prepucio. La persistencia del frenillo es una condición en la cual los filamentos del tejido no se queratinizaron completamente y todavía se unen al pene, Cuando ocurre esto, el extremo del pene se curva hacia el prepucio durante la erección y la eyaculación (Garner y Hafez., 1993).

#### **FRECUENCIA DE USO:**

El aspecto mas importante en la eficiencia o trabajo de un semental son la frecuencia y el numero de montas, un frecuencia excesiva o mínima de un semental repercutirá en la calidad del semen y por lo tanto en la fertilidad (Martínez., 2002) para obtener el mayor numero de verracos a su máximo nivel de fertilidad todos deberán ser utilizados regularmente.

Verraco joven (8- 10 meses): 2 montas a la semana.

Verraco adulto (mayor de 10 meses): 4 montas por semana (Anchorena., 2002 y De la Torre et al., 2004).

## EVALUACIÓN Y CALIDAD DEL SEMEN

La evaluación de la motilidad de espermatozoide, su Morfología a si como la concentración son necesario para estimar la fertilidad del verraco (cuadro 1) (Holt., 2004 y Louis et al., 1994).

Diversos estudios han demostrado que la calidad seminal del reproductor porcino puede sufrir alteraciones por efectos de factores endógenos y exógenos, los cuales a su vez parecen incidir sobre la eficiencia reproductiva de las hembras (Mazzarri et al., 1996).

Los espermatozoides son únicos entre las células en su forma y función (Olse., et al 2003); son células terminales, el producto final de procesos de desarrollos complejos y no pueden experimentar posteriores divisiones o diferenciación (Macias., 2003).

El método estándar para evaluar la fertilidad de machos reproductores, aparte de la evaluación directa de su capacidad para causar una preñez, es el examen del semen (Hughes y Varley., 1984; y Macias., 2003).

La evaluación de semen consiste en observar las características macroscópica y microscópica del mismo.

## EVALUACIÓN MACROSCÓPICA

### Volumen del eyaculado:

El eyaculado del verraco se recolecta en varias fracciones. El primer líquido en aparecer es la fracción preespermática, la cual es traslúcida y de fácil identificación (Macías., 2003) Esta primera emisión del eyaculado es pobre en espermatozoides y suele tener una alta carga de contaminante (Espinosa., 2002). Los siguientes líquidos, que son espesos, blanquecinos y opacos, se conocen como la fracción rica en espermatozoide, tiene un volumen cercano de 100 ml. Esta va seguida por la fracción posespermática, la cual es pobre en espermatozoides, es de color blanquecino transparente, su volumen aproximado es de 200 ml. constituida por secreciones de las glándulas accesorias (vesículas seminales y próstata) del aparato reproductor del verraco (Macías., 2003 y Espinosa., 2002). Las vesículas seminales proveen la mayor parte de la proteína y fructuosa en el eyaculado, (Olse et al., 2003) mientras que las secreciones prostáticas son altas en electrolitos. Estas secreciones aumentan la motilidad espermática. (Anchorena., 2002).

Los parámetros promedio esperados son de 200 a 250 ml. de volumen total, del cual cerca del 20% consta de líquido semigelatinoso, y 20 a 30% consiste en espermatozoides, lo restante son líquidos preespermáticos y posespermático (Flowers., 2005).

La edad, el ambiente, el estado de salud, el procedimiento de recolección de semen, la estación del año, frecuencia de recolección y las diferencias de raza influyen en el volumen total y la concentración de espermatozoides (Martínez., 2002 y Macías., 2003).

**Color:**

El color normal de un eyaculado es blanco variando la consistencia y tonalidad de acuoso transparente a cremoso amarillento, según la concentración espermática que se tenga (Espinosa., 2002).

**Ph:**

En el verraco el pH es de 7.3 a 7.9. (Macias., 2003; Espinosa., 2002 y Kamp., 2003).

**Temperatura:**

Es importante mantener una temperatura de 35 a 37 ° C (2.5 ° C menos que la temperatura corporal) para prevenir una disminución en la viabilidad de los espermatozoides (Trujillo et al., 1998; Espinosa., 2002 y Martínez., 2002).

Cuadro 1. Características del semen de los animales domésticos

	Vacuno de leche	Vacuno carne	Ovejas	Cerdos	Caballos	Perros	Gallos	Machos cabrios
Volumen (ml)	6	4	1	225	60	5	0.5	0.8
Concentración de espermatozoides (x 10 <sup>9</sup> )	1.2	1.0	3.0	0.2	0.15	0.3	3.5	2.2
Total de espermatozoides (x 10 <sup>9</sup> )	7	4	3	45	9	1.5	1.8	2.0
Espermatozoides con motilidad (%)	70	65	75	60	70	85	85	80
Espermatozoides morfológicamente normales (%)	80	80	90	60	70	80	90	90
Eyaculaciones por semana	4	4	20	3	3	3	3	20
Células vivas por inseminación (x 10 <sup>6</sup> )	10	10	120	1.200	100	100	60	60
pH del semen	6.5 – 6.8	6.5 – 6.8	5.9	7.3 – 7.9	7.0 – 7.8	6.3 – 7.0	7.3 – 7.8	5.9

De Macias., 2003

## EVALUACIÓN MICROSCÓPICA.

### **Motilidad:**

Se evalúan dos tipos: motilidad progresiva y la individual. La motilidad progresiva cuyo rango aceptable va de 60 a 85 % y en el caso de que el eyaculado sea destinado para inseminación artificial la motilidad no deberá ser menor al 70 % (Trujillo et al., 1998).

Para evaluar la motilidad individual se hace mediante el siguiente proceso: se coloca una gota de semen en un porta objeto y sobre ella un cubre objeto ambos a una temperatura de 37° se observa en un microscopio con objetivo de 10x, se evalúa según el movimiento de los espermatozoide con una escala de 0 a 5.

Valor de 0: sin movimiento (necrospermia)

Valor de 1: sin movimiento progresivo, girando sobre si mismo

Valor de 2: con movimientos anormales y algunos progresivos

Valor de 3: con movimientos progresivos lentos y sinuosos

Valor de 4: con movimientos progresivos rápidos

Valor de 5 con movimientos progresivos muy rápidos (Espinosa., 2002 y Trujillo et al., 1998).

Una disminución de la motilidad, reduce las posibilidades de que el espermatozoide pueda fecundar el ovulo (Holt., 2004).

### **Concentración:**

Se lleva acabo determinando el número de espermatozoides por unidad de volumen utilizando un hemocitometro o un espectrofotómetro. En el cerdo la concentración por mililitro es de 50 a 500 millones de espermatozoides por mililitro y de 20 a 60 mil millones de espermatozoide por eyaculado., dicha concentración varia dependiendo de la edad, raza, frecuencia de uso y estado físico del animal (Trujillo et al., 1998 y Macias., 2003).

El usar en exceso a un semental, ya sea para monta directa o inseminación artificial, disminuye la concentración espermática en el eyaculado, lo que trae como consecuencia una baja el porcentaje de fertilidad (Martínez., 2002).

### **Morfología:**

Los espermatozoides anormales pueden causar reducción en la fertilidad del semental (Braundmeier et al., 2004).

Las malformaciones espermáticas de acuerdo a su origen se dividen en dos grupos en: en anomalías primarias y secundarias. Las primarias, ocurren a nivel de testículo durante el proceso de espermatogenesis y de la espermiogenesis (Sharpe et al., 2003); Las anomalías secundarias se presentan durante el proceso de maduración a nivel del epidídimo (Espinosa., 2002). Sin embargo el porcentaje de anomalías aceptadas en un eyaculado es de hasta de 10% de anomalías primarias y 15 % de anomalías secundarias (Trujillo et al., 1998).

Es importante señalar que cualquier aumento en la cantidad de ambos tipos de anomalías en los espermatozoides de más del 15 % trae como consecuencia una disminución de la fertilidad de hasta 12% y también un lechón menos al parto (Espinosa., 2002).

## **FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL VERRACO**

El verraco desempeña un papel fundamental en toda explotación porcina, teniendo una gran repercusión sobre la eficacia reproductiva de la misma, tanto en monta natural, pero más aún cuando se lleva a cabo inseminación artificial ya que su influencia se extiende a un mayor número de cerdas (Quiles y Hevia., 2003).

Entre las funciones que va a desarrollar el verraco podemos destacar: producir un nivel adecuado de feromonas que den lugar a una respuesta adecuada en la salida en celo de las cerdas y llevar a cabo una erección, cópula y eyaculado con un número adecuado de células espermáticas viables que hagan posible la concepción (Martínez., 2002).

Al igual que ocurre en el manejo y preparación de cerdas nulípara, en el caso de los verracos, debemos conseguir que el cerdo joven alcance un desarrollo acorde con la edad en el momento de la pubertad. Se trata pues, de que alcance el peso y desarrollo adecuado a la edad en que comienza su vida reproductiva útil, que suele ser entorno a los 8 meses de vida (Neumann., 2001).

El objetivo que debe perseguir todo ganadero en el manejo de sus verracos es conseguir el mayor número posible de eyaculados por animal con la máxima concentración espermática. Ahora bien, para conseguir este ambicioso objetivo hemos de conocer los factores que sobre ello influyen, ya que del conocimiento de los mismos y de su posible control dependerá en parte el éxito o el fracaso de la eficacia reproductiva de nuestros verracos, y, por lo tanto, del éxito o fracaso de los parámetros reproductivos de la explotación.(Martínez., 2002).

Desde un punto de vista didáctico, hemos creído más oportuno agrupar los factores que influyen sobre la fertilidad del verraco en dos grandes grupos: aquellos que dependen del medio ambiente y/o del manejo y aquellos otros que dependen directamente del animal, a los que hemos llamado factores fisiológicos. Si bien, hemos de señalar que estos factores en ocasiones no actúan de forma independiente sino simultáneamente, debido a las interrelaciones entre ellos, lo que complica aún más el estudio del tema (Fuentes et al., 1990 y Quiles y Hevia., 2003).

## **FACTORES MEDIO AMBIENTALES Y/O DE MANEJO**

### **Época del año.**

Uno de los aspectos estacionales que mas influye en la reproducción de los animales es el clima, tomando gran importancia los efectos de las altas temperaturas, la humedad, radiación y el fotoperiodo (Sernien et al., 2002). Por lo tanto, en los animales domésticos de ciclo reproductivo continuo se pueden observar, a través de las diferentes épocas, variaciones en lo que respecta a su fertilidad de ahí que tratemos estos dos factores de una forma pormenorizada a continuación (Fuentes et al., 1992 y Knox et al., 2002).

## **Temperatura ambiente.**

Es bien conocido el efecto que las altas temperaturas ejercen sobre el consumo de pienso por parte de los animales, en el sentido que las altas temperaturas inhiben la ingesta de alimento, disminuyendo las producciones, y, más, concretamente en nuestro caso disminuyendo los rendimientos reproductivos, (Wettemann et al., 1999). En el caso que nos ocupa nos podemos preguntar: ¿cuál es la influencia de las altas temperaturas sobre el macho reproductor? y ¿cuál es la temperatura a partir de la cuál comienza a disminuir la calidad espermática?.

Según las investigaciones llevadas a cabo a este respecto, se ha observado que debido a su limitada capacidad de sudoración del verraco, es muy sensible al calor y que temperaturas por encima de los 30° C, aumenta lentamente el porcentaje de mortalidad espermática, disminuye la producción de espermatozoides por eyaculado, produce menor motilidad de estos, disminuye la libido y producción de camadas pequeñas o de menor tamaño (Riveiro., 2003 y Estienne et al., 2004).

Este problema se complica cuando el animal no tiene acceso a ducha, baño de agua o barro húmedo (Mateos et al., 1997). El efecto de la temperatura sobre la calidad del semen se va a notar al cabo de 6 - 8 semanas después de haber sufrido el estrés calórico (Buhr., 2001). Y tardara en recuperarse de 4 a 6 semanas posteriores (Martínez., 2002 y Mazarri et al., 1995).

La temperatura crítica superior en la que se mantiene intacto el metabolismo del verraco es de 27°C. (Mateos et al., 1997). Desde un punto de

vista práctico, podemos aconsejar que la temperatura crítica superior no debería exceder de los 29°C, si bien a la hora de valorar estas cifras de temperatura, hemos de tener en cuenta siempre los valores de humedad relativa, ya que el efecto negativo de las altas temperaturas se acentúa cuando coinciden con elevadas humedades relativas (Quiles y Hevia., 2003 y Braundmeier et al., 2004).

Este efecto negativo se hace aún más crítico cuando las altas temperaturas persisten durante varios días seguidos, ya que se ha observado que el estrés térmico reduce la secreción de testosterona en el plasma (Riveiro., 2003) lo que causa una supresión en la maduración de los espermatozoides y provoca alteraciones en la biosíntesis de andrógenos en los testículos (Wettemann et al., 1999 y Estienne et al., 2003).

Para corregir el efecto negativo de las altas temperatura sobre la fertilidad del verraco, se ha observado que la vitamina C juega un papel importante ante situaciones de estrés (sobre todo ante las altas temperaturas) por lo tanto aporte extra de vitamina C, mejora la situación, aumentando la síntesis de testosterona (Wilson et al., 2004). Para ello se recomienda un aporte extra de 500 mg/día. El pienso debe contener 300-500 mg/kg. (Mateos et al., 1997).

Cuando las condiciones ambientales adversas, como altas temperaturas por periodos largos, se recomienda bajar la relación macho - hembra (tanto en monta directa como para IA) en un 20 a 30 %, por lo cual es necesario introducir sementales de apoyo (Rozeboom et al., 2000).

Por el contrario, las bajas temperaturas no afectan de una forma importante a la producción o calidad del esperma (Cerolini et al., 2001).siempre

y cuando se aumente de forma adecuada el aporte de pienso (Mateos et al., 1997) Teniendo, únicamente, repercusión en el aumento del índice de conversión (Martínez., 2002).

### **Fotoperiodo.**

Al margen de la influencia que ejerce el número de horas de luz al día sobre la madurez sexual del verraco, el fotoperiodo también influye sobre las características reproductivas del macho adulto (Estienne et al., 2004).

Las últimas investigaciones al respecto ponen de manifiesto que los parámetros reproductivos de los verracos (producción de esteroides, concentración espermática, libido, tiempo de reacción para montar un maniquí, etc) se ven estimulados en los días cortos mientras que se deterioran con foto periodos largos (Mazarri et al., 1995 y Anchorena., 2002).

Así por ejemplo, el número de espermatozoides es mayor cuando los verracos son expuestos a fotoperíodos cortos (10 horas de luz / día) que cuando reciben 16 horas de luz / día ( $67,7 \times 10^9$  vs  $47,8 \times 10^9$  espermatozoides, respectivamente) (Chemineau., 1992).

Desde el punto de vista práctico, recomendamos una duración del fotoperiodo entre 10-12 horas de luz/día, para obtener una máxima calidad del esperma Quiles y Hevia., 2003).

Respecto a la intensidad de la luz recomendamos una intensidad de 300 lux, si bien su influencia a nivel reproductivo es muchísimo menor (Quiles y Hevia., 2003).

### **Instalaciones y alojamiento.**

Los verracos nunca deben alojarse en grupos, debido a las fuertes peleas y agresiones que se pueden desencadenar entre ellos, por lo que el alojamiento ha de ser siempre individual (Quiles y Hevia., 2003).

La ubicación de los machos con respecto a las cerdas reproductoras también tiene repercusión sobre la producción y liberación de esperma. Así como también el tipo de instalación: jaula individual con restricción parcial de los movimientos o verraqueras individuales con zona de ejercicio generalmente con suelo de tierra y al aire libre (De la Torre et al., 2004).

Con todo ello al ganadero se le plantean una serie de interrogantes:  
Verraqueras frente a las jaulas individuales pequeñas.  
Exposición de los verracos a las cerdas de una forma total, parcial o nula.  
Recogida del semen o la monta de la cerda efectuada en el propio alojamiento del verraco o en una sala de cubriciones especial.

A todos estos interrogantes es difícil dar una respuesta única y concreta, aunque si parece que cuando el verraco disfruta de una mayor libertad de movimientos y de ejercicio al aire libre, se mejora el bienestar animal y la producción espermática (Fuentes., 1998). Y que cuando el porcentaje de suelo de slat y de hormigón disminuye a favor del de tierra aumenta la vida

reproductiva útil al mejorar el estado general del aparato locomotor y de los aplomos, lo que redundará en una mejora del bienestar animal. En definitiva aumenta el tiempo de permanencia del verraco en la granja en unas condiciones productivas aceptables (Quiles y Hevia., 2003).

### **Manejo y tratamiento del verraco.**

Fisiológicamente, el verraco es capaz de eyacular de una sola vez, casi la totalidad de los espermatozoides en la cola del epidídimo, durante el acoplamiento, lo que indica que el uso frecuente del verraco pudiera disminuir las reservas espermáticas y, consecuentemente, repercutir negativamente en su potencial reproductivo, debido básicamente a una posible menor concentración y número total de espermatozoides por eyaculado (Knox., et al 2001 y Braundmeier et al., 2004).

Una frecuencia excesiva o mínima de trabajo de un semental ya sea usado en inseminación artificial o monta directa repercutirá en la calidad del semen y por lo tanto en la fertilidad y prolificidad de un gran número de cerdas (Martínez., 2002 y Mazarri et al., 1996).

Desde el punto de vista práctico, recomendamos que las recogidas o cubriciones no debieran sobrepasar 1 ó 2 por semana asegurando así una mejor calidad del eyaculado. (De la Torre et al., 2004). Sin embargo esta no es una regla para todos los machos debido a que la edad juega un papel importante tanto en la cantidad como en la calidad del semen (Fuentes et al., 1998).

En ocasiones cuando el verraco presenta alteraciones en el comportamiento sexual (ejemplo: falta de libido, no monta al maniquí, etc), puede recibir una terapia hormonal para intentar corregir estos defectos. Para ello, generalmente, se suele emplear prostaglandina PGF2 alfa, aunque sus resultados son contradictorios (Estienne et al., 2004).

Por otra parte, las altas temperaturas ocasionan un descenso de la testosterona, (Wettemann et al., 1999) en consecuencia en los meses más calurosos un tratamiento a base de testosterona puede mejorar la calidad y la producción espermática.(Walker et al., 2004) En una experiencia llevada a cabo en Japón, donde trataron a los verracos con una dosis de 250 mg de testosterona (vía intramuscular) durante los meses de verano, apreciaron una mejora en la calidad espermática, disminuyendo el número de células anormales(Quiles y Hevia., 2003 y Martínez., 2002) .

En caso de un trabajo excesivo de los sementales o condiciones ambientales adversas como altas temperaturas por periodos largos, se recomienda bajar la relación macho - hembra (tanto en monta directa como para IA) en un 20 a 30 %, por lo cual es necesario introducir sementales de apoyo (Rozeboom et al., 2000).

Finalmente, diremos que la estimulación del verraco antes del eyaculado por métodos de manejo (observación de otros machos eyaculando o montando a las cerdas, contactos previos con el maniquí femenino, etc) mejora el número de espermatozoides en la fracción rica del eyaculado (Quiles y Hevia., 2003 y Trujillo., 2002).

Audet (2004) recomienda que es necesario suplementar vitaminas cuando el semental ha sido sometido a una frecuencia de uso mas halla de lo normal.

## **Tratamiento y manipulación de las dosis seminales.**

Un mal manejo en el procesado del espermatozoides (Dilución, refrescado, helado y descongelado) puede alterar las características espermáticas del verraco (Coy et al., 2003.; Pommer et al., 2003; Anzar et al., 2002). Disminuyendo la fertilidad, volumen, motilidad permeabilidad e interacción del acrosoma con el ovulo (He et al., 2001).En estudio realizado se observo una disminución del 50 % en la viabilidad y de un 40 % de la motilidad de esperma (Cerolini et al., 2001).

Cuando el espermatozoide es depositado en el tracto reproductor de una hembra infectada, este puede sufrir daños y perder su capacidad de fertilidad (Rozeboom et al., 2000).

Por otra parte, uno de los fallos más comunes en la manipulación del semen, es encontrar dosis con una baja concentración de células, siendo la principal causa de ello la mala calibración el espectrofotómetro, lo que nos induce a errores a la hora de preparar las dosis seminales con consecuencias irreparables (Espinosa., 2002 ).

Hemos de saber que a mayor concentración espermática mayor incremento de la fertilidad, sobre todo cuando las dosis seminales no se van a utilizar a corto plazo. Este incremento del número de espermatozoides por dosis suplirá en parte la mortalidad de los mismos por envejecimiento (Quieles y Hevia., 2003).

Además, existe una estrecha relación entre concentración espermática y tiempo de almacenamiento, en tal sentido, el efecto negativo de la duración del

almacenamiento se puede ver paliado en parte por el aumento de la concentración (Espinosa., 2002).

El empleo de aditivos seminales puede tener efectos positivos cuando el semen se va a utilizar pasadas 72 horas o más de la recogida y cuando el manejo de los animales no ha sido el correcto (Riveiro., 2003).

Por lo tanto, antes de utilizar un aditivo para las dosis seminales, sería conveniente repasar todas las fases del manejo que de alguna manera influyen en la fertilidad del macho. Entre ellas podemos destacar: correcta detección del celo de las cerdas (detección del celo dos veces al día: mañana y tarde, efectuar las inseminaciones en el momento adecuado (12 y 24 horas después de la detección del celo), correcta manipulación del semen (recogida, dilución y almacenamiento) y de la técnica de la inseminación artificial, adecuada edad del verraco, acertado manejo de la cerda tras la cubrición, etc. (Ávila y García., 1999).

Si revisado estos aspectos, seguimos detectando bajos índices de fertilidad, podemos pensar en la utilización de algún tipo de aditivo para mejorar la calidad del semen (Bailey et al 2001., Quiles y Hevia., 2003).

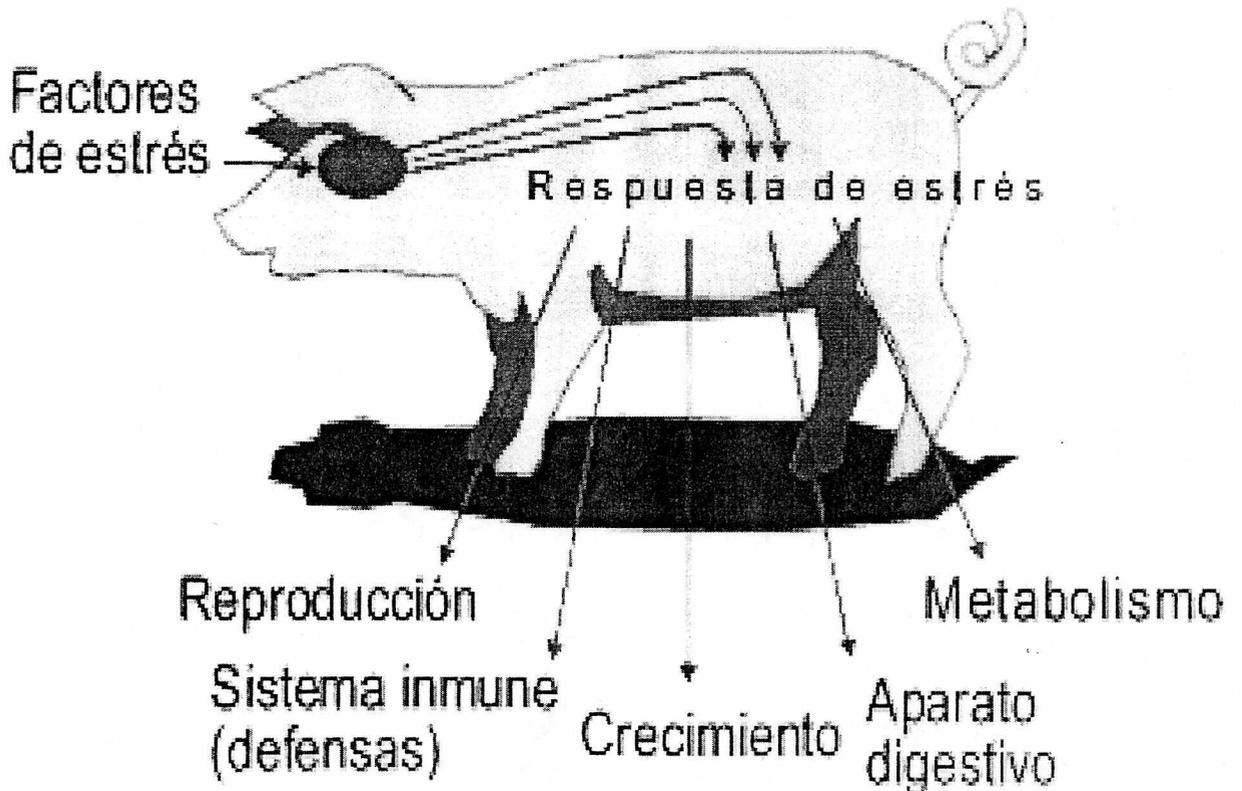
### **Estrés.**

Los factores estresantes pueden ser de tipo físico, como serían temperaturas ambientales extremas, o la falta de agua o de alimento (Figura 6) (De la Torre et al., 2002). Sin embargo Cualquier factor que desencadene

estrés en el verraco va a ocasionar una disminución de la calidad del semen, debido, fundamentalmente a un aumento de número de células anormales (Quiles y Hevia., 2003).

Es necesario tener en cuenta que el efecto del estrés tarda en manifestarse entre 4 y 6 semanas, que es el tiempo requerido por los espermatozoides para madurar y recorrer los conductos del aparato reproductor hasta la eyaculación (Martínez., 2002).

Figura 6. Esquema que muestra como afecta el estrés al verraco.



## **El estrés térmico:**

Para todos los mamíferos es posible definir una zona de bienestar térmico en el verraco es de 27°C. (Mateos et al., 1997 Y Hollis et al., 2002).

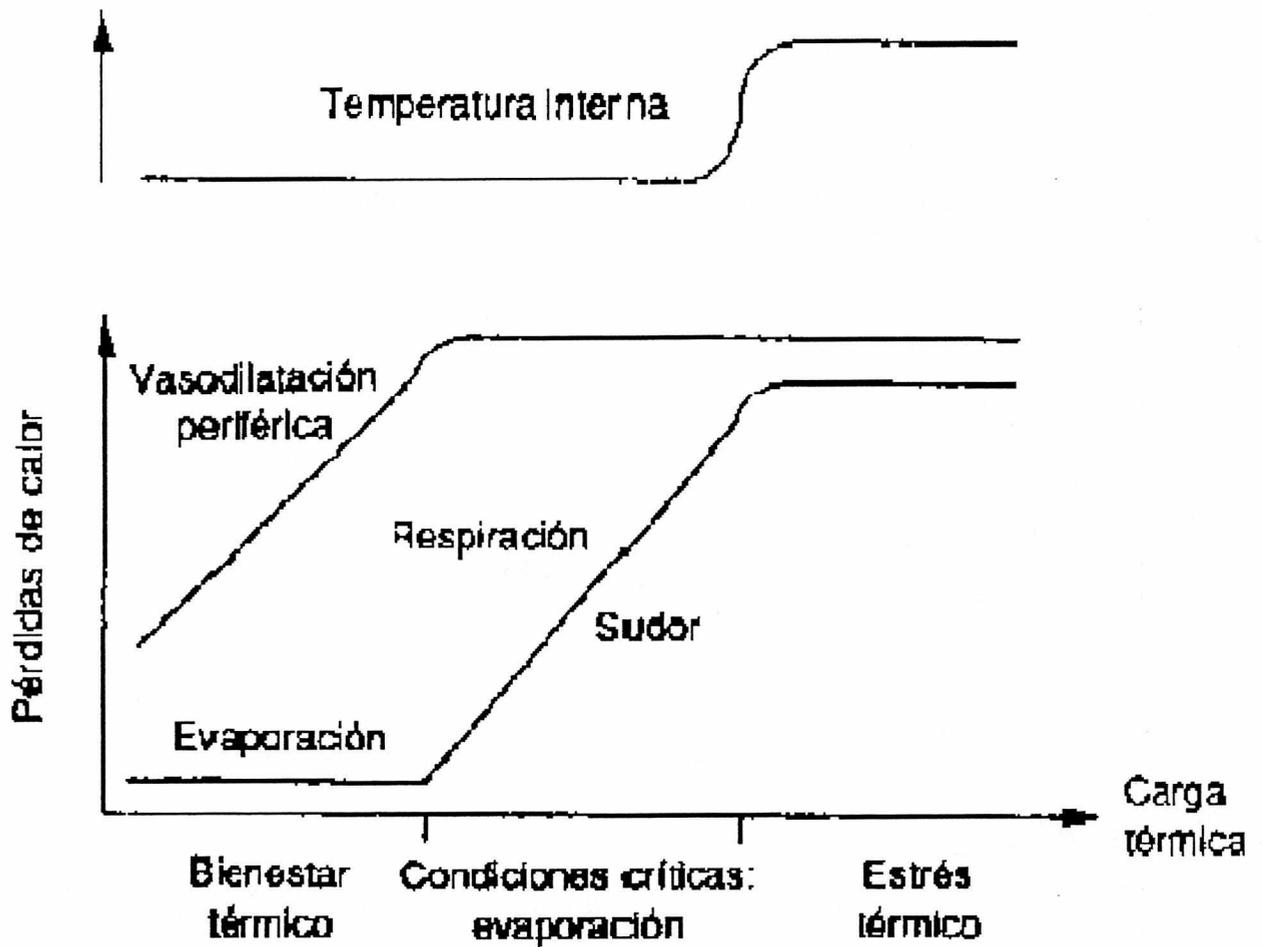
La constancia de las pérdidas térmicas se debe a la vasodilatación periférica, sin que otros mecanismos se pongan en marcha. Más allá de esta zona, la evaporación de los líquidos corporales permite regular las pérdidas térmicas a medida que: la temperatura exterior aumenta.

En efecto, una vez alcanzada la vasodilatación máxima, la evaporación cutánea y respiratoria aumenta de manera lineal en relación a la temperatura ambiente, permitiendo un equilibrio de los cambios térmicos.

La eficiencia de la evaporación se debe a la importante cantidad de energía necesaria para permitir el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso. El incremento de la evaporación cutánea se obtiene por la emisión de sudor a nivel de las glándulas sudoríparas y de la evaporación respiratoria por el incremento de la frecuencia respiratoria (Chemineau., 1992).

Ni la emisión de sudor ni la frecuencia respiratoria pueden aumentar indefinidamente, y por lo tanto la cantidad de líquido que puede evaporarse está limitada por la humedad del aire. La temperatura corporal aumenta, produciéndose la hipertermia o estrés térmico (Esquema 1).

Esquema 1. Representación esquemática de los efectos del aumento de la carga térmica sobre las pérdidas de calor y la temperatura interna en los mamíferos.



Fuente: Adaptado de Bervigier, 1988.

La vitamina C juega un papel importante ante situaciones de estrés (sobre todo ante las altas temperaturas) por lo tanto aporte extra de vitamina C, mejora la situación, aumentando la síntesis de testosterona (Wilson et al., 2004). Para ello se recomienda un aporte extra de 500 mg/día. El pienso debe contener 300-500 mg/kg (Mateos et al., 1997).

Saiz Cidoncha (1997) observan una mejora en la calidad del semen al suplementar el pienso con 100 ppm de vitamina C y 45 ppm de metionato de zinc (Mateos et al., 1997).

### **Estado sanitario.**

Una de las principales causas de reposición en machos reproductores suele ser el excesivo peso, ocasionando lesiones a nivel de los aplomos, lo que dificulta el manejo del animal durante la monta (Fuentes et al., 1998 y Herradora et al., 2002).

Alguno agentes infecciosos como el virus de la fiebre porcina clásica, la influenza porcina, salmonella spp, pasterella multocida, brucilla etc. Pueden dañar el testículo, como consecuencia de los estados febriles. (Hughes y Varley., 1984). Otras infecciones pueden causar un daño localizado, por ejemplo, abscesos a nivel de las articulaciones, afectando a los aplomos e indirectamente a la capacidad reproductiva al dificultar la monta (Martínez., 2002) Sin embargo, las infecciones más serias son las que afectan al tracto genital debido al peligro de contagio de enfermedades venéreas (Quiles y Hevia., 2003).

Dentro de las infecciones que afectan al tracto genital tenemos las que producen epididimitis, orquitis, e inflamación del escroto que pueden causar degeneración testicular en verracos previamente fértiles (Martínez., 2002); dentro de las bacterias que actúan directamente en el testículo están: *Brucella suis*, *Erysipelothrix Rhusiopathea*, *estreptococcus suis*, *Escherichia coli*. (Vidal et al 1999).

Por otra parte existen algunos virus que se eliminan por el semen y que pueden tener un efecto directo sobre la función testicular (Dejuq et al., 2001) entre estos los mas importantes son: virus de la enfermedad de *ajeszky*, enfermedad del *ojo azul*, y el virus del *Síndrome Respiratorio Reproductivo Porcino (PRRS)* (Chang et al., 2002), los signos clínicos de este ultimo son : anorexia, somnolencia, , fiebre, bajo deseo sexual, pobre calidad seminal, expresada en una disminución del volumen, motilidad, concentración y un aumento en las anomalías espermáticas (Cordova et al., 2000).

Es importante aclarar que el semen usado para inseminación artificial, tiene menos riesgo de transmitir enfermedades, debido a que es sometido a procesos que minimizan la contaminación, por lo tanto no puede haber contaminación indirecta de infección uterina de una cerda a otra, como es posible en monta natural, cuando un semental monta varias cerdas en un determinado tiempo (Buhr., 2001).

### **Nutrición y alimentación del verraco.**

La alimentación de los verracos y el cálculo de sus necesidades nutricionales, es uno de los aspectos menos tratados por lo investigadores y quizás por ello uno de los aspectos que menos interesa al porcinocultor

(Quiles y Hevia.,2003), esto posiblemente se debe a la poca cantidad de pienso (1000- 1500 Kg./ mes) que consume el verraco y a los bajos costos que dicha alimentación representa respecto a los costo total de la alimentación, de aquí , que la mayoría de los productores utilicen para alimentar a los verracos el pienso de cebo , el de cerdas gestantes o bien el de cerdas en lactación.(Mateos et al., 1997).

Ello explicaría porque las necesidades nutritivas de los machos no están cubiertas por el pienso, sobre todo en cuanto a necesidades energéticas, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, ya que las necesidades nutritivas difieren de las de las cerdas reproductoras o de los cerdos de cebo (Quiles y Hevia., 2003).

Por ello, es importante efectuar programas de alimentación específicos para verracos, pues una mala alimentación repercute seriamente en la cantidad y calidad del semen (Menéndez., 2002 y Quiles; Hevia., 2003 y Flowers et al., 1997).

La influencia de la nutrición sobre los parámetros reproductivos del verraco se centran principalmente en la libido, la producción espermática, la viabilidad y la capacidad fecundante del espermatozoide (Quiles y Hevia., 2003. Menéndez., 2002., y Mateos et al., 1997).

La subnutrición de los verracos puede provocar una disminución de la libido y de la calidad seminal, por otro lado, la sobrealimentación puede disminuir la vida reproductiva del animal y provocar una degeneración del tejido testicular con alteración de la espermatogénesis (Martínez., 2002).

Brown (1994) indica que las funciones reproductivas se ven afectadas más en animales jóvenes que en adultos cuando se restringe el consumo energético o proteico (Quiles y Hevia., 2003) Una restricción fuerte puede dañar de forma permanente el tejido neural y gonadal del semental joven, cosa que no es frecuente en el semental reproductor adulto (Castillo et al., 2004).

Respecto a la capacidad fecundante del espermatozoide, no parece muy claro cual es el efecto cuantitativo de la nutrición (Mateos et al., 1997). Sin embargo, las condiciones higiénicas del pienso sí parecen tener unas consecuencias significativas sobre la motilidad, viabilidad y anormalidad celular. En el sentido, por ejemplo, la presencia de ciertas micotoxinas (zearatenona, aflatoxina B, etc) repercuten negativamente en estos parámetros cualitativos (Wilson et al., 2004; Hollis et al., 2002 y Martínez., 2002).

En la mayoría de las explotaciones porcinas que se dedican a la fase de reproducción no utilizan un pienso específico para los verracos, debido a que ello supondría un manejo más complicado de la granja, de ahí que se emplee para alimentar a los machos pienso de cerdas gestantes, lo que repercute gravemente en la reproducción del semental debido a la diferencia en cuanto alas necesidades nutritivas. (Mateos et al., 1997 y Quiles y Hevia., 2003).

Antes de pasar a describir cuáles son estas necesidades nutritivas de los verracos, diremos que un aspecto importantísimo para conseguir un elevado rendimiento del macho adulto, es la correcta preparación de los animales hasta que alcanzan la madurez sexual, ya que muchos de los problemas detectados en el animal adulto tienen su origen en las primeras etapas de crecimiento, donde la alimentación juega un papel decisivo (Martínez., 2002 y Trujillo et al., 1998).

Los machos que se van a dedicar a la reproducción deben alcanzar la pubertad con el peso y la edad adecuada en relación al desarrollo anatómico-fisiológico. (Hughes y Varley., 1984) .En cualquier caso, se trata de alcanzar el peso adecuado a la edad en la que comienza la función reproductora entorno a los 8 meses, (Neumann., 2001) evitando, en todo momento, el excesivo engrasamiento y sobrepeso, que puede ocasionar en un futuro disminución de la fertilidad y problema de aplomos (Herradora., 2002).

Veamos a continuación cuáles son las necesidades nutritivas para los machos reproductores.

#### **-necesidades energéticas**

Las principales causas de reposición en verracos son peso excesivo, problemas de aplomos y falta de libido. La energía es el factor que más influye a este particular (Mateos et al., 1997 Y Hollis et al., 2002).

Las necesidades del verraco se estiman siguiendo el método factorial. Del conjunto de necesidades: Mantenimiento, crecimiento, producción de semen y actividad relacionada con la monta, (Wilson et al., 2004 y Quiles et al., 2003).Las dos primeras son las más importantes, sobre todo en el caso de verracos adultos donde en épocas de frío, las necesidades aumentan ampliamente, ya que el animal precisa quemar nutrientes para producir calor (Mateos et al., 1997 y Louis et al., 1994).

### **Necesidades de mantenimiento:**

Suponen entre un 60-90% del total de la energía consumida. Para ello (Quiles y Hevia., 2003) recomienda utilizar la siguiente fórmula:

$$EM \text{ (Kcal/día)} = 118 \times PV(\text{Kg})^{0,75}.$$

Uno de los problemas que nos podemos encontrar en los meses de invierno es que el animal no se mantenga en la zona de neutralidad térmica (20°-28° C), de tal manera que a medida que disminuye la temperatura por debajo de los 20° C, aumentan las necesidades de mantenimiento para producir más calor metabólico. En este caso las necesidades de energía se incrementan un 3% por cada grado que disminuya la temperatura de la zona de confort térmico (Quiles y Hevia., 2003 y Hollis et al., 2002).

### **Necesidades de crecimiento:**

Este es uno de los aspectos más complicado para los nutricionistas ya que se trata de ajustar los ritmos de crecimiento a la futura función reproductora (Mateos et al., 2004).

Se estima que las necesidades energéticas para crecimiento varían desde 2438 Kcal EM/día en animales jóvenes (500 g de G.M.D.) hasta 478 Kcal EM/día en animales que han superado el peso adulto, considerando que la eficacia para la deposición de la proteína es del 54% y para la grasa del 74%.(Quiles y Hevia., 2003 y Mateos et al., 2004).

Se conoce bien, que al suministrar ácido fólico promueve a un mejor crecimiento del futuro verraco (Lindemnn., 1993).

### **Necesidades de producción:**

En este caso se han de cubrir las necesidades para la producción de espermatozoides y lo gastado en la actividad física durante el salto (Wilson et al., 2004).

### **Actividad física.**

Hemos de tener en cuenta que la monta de una cerda o al maniquí significa un gasto de energía por parte del verraco en forma de calor y se requiere:

Necesidades para la cubrición (Kcal. de E.M./monta) = 3.8 Kcal/kg de P.M. (peso metabólico). (Quiles y Hevia., 2003).

### **Producción de espermatozoide.**

Según los datos aportados por Close y Roberts (1993) las necesidades energéticas para un eyaculado de 250 ml necesitaremos 2,7 Kcal E.N. por kilo de peso vivo (Quiles y Hevia., 2003).

Respecto a la grasa, resulta importante la adición de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoléico, linolénico y araquidónico, ya que son esenciales para la reproducción, al ser los precursores de las prostaglandinas y

formar parte de los lípidos estructurales de las membranas de los espermatozoides (Wilson et al., 2004 y Hollis et al., 2002).

Sumando todas estas necesidades podemos estimar las necesidades energéticas totales entre 6572 y 8939 Kcal E.M./día, según varíe el peso del verraco entre 100 y 350 Kg. (Mateos 1997). Tomando como base un pienso de 3000 Kcal E.M./kg (% de grasa bruta no superior al 5% y de fibra bruta entre 4.5-6%), a una temperatura ambiente de 20 ° C, un verraco debería consumir entre 2,2 y 3,2 Kg de pienso en función del peso (Quiles y Hevia., 2003).

#### **- Necesidades proteicas.**

Una disminución en el contenido proteico del pienso ocasiona una disminución de la libido (debido a una reducción de estrógenos en el la sangre), un aumento del tiempo preciso para iniciar la monta y una reducción del volumen del eyaculado (Estienne et al., 2003 y Hollis et al., 2002). Louis (1995 ) en un trabajo que realizo demuestra que niveles proteicos del 16 % reduce el tiempo preciso para iniciar la monta y aumenta el volumen del eyaculado (Mateos et al., 1997).

Cuando los verracos que reciben una dieta pobre en proteína vuelven a recibir una dieta adecuada recuperan totalmente su actividad reproductora (Mateos et al 1997 y Quiles y Hevia., 2003).

Igualmente hemos de diferenciar las necesidades proteicas del verraco en crecimiento de las del adulto. Las mayores necesidades son, evidentemente, para el animal en desarrollo, por lo que una deficiencia afecta mucho más al animal joven que al adulto (Mateos et al., 1997).

En cuanto a los aminoácidos esenciales, las carencias más perjudiciales son los que afectan a la lisina (20gr./día), metionina (7-10gr./día) y triptófano (1.6 – 3gr./día) ya que provocan cambios histológicos y citológicos en los testículos que pueden afectar a la espermatogénesis, la calidad del esperma y la libido del semental( Hollis et al., 2002; Brown., 1994 y Buhr., 2001). Al contrario un exceso de Metionina y lisina puede incluso perjudicar la calidad de espermatozoides del verraco adulto (Mateos et al., 1997 y Menéndez., 2002).

Recomendamos, como requerimientos proteicos, una ingesta de 250 g de proteínas diaria, con un perfil de aminoácidos parecido al de las cerdas gestantes, a excepción de un 20% más de aminoácidos sulfurados dado el papel que desempeñan en la actividad secretora del epidídimo. (Mateos et al 1997). En la práctica podemos trabajar con parámetros de proteína bruta del 15-17% y 0,7-0,8% de lisina, según la calidad de la proteína (Quiles et al., 2003).

#### **- Necesidades en minerales.**

Los minerales constituyen una pequeña proporción del organismo animal pero tienen un papel importante como componentes estructurales y coenzimas de numerosos procesos orgánicos (Mateos et al., 1997 y Castillo., 2004). Por lo tanto los requerimientos pueden ser subdivididos en dos áreas: los requeridos para el crecimiento y desarrollo y los requeridos para e la producción de esperma (Mahan et al., 2003).

En el caso del verraco son muchos los minerales y oligoelementos que intervienen en la actividad reproductora, al intervenir tanto sobre el desarrollo y mantenimiento del aparato locomotor y los aplomos (Wilson et al., 2004), como en la producción de esperma y la estabilidad de los espermatozoides. (Quiles y Hevia., 2003 y Buhr., 2001).

## Calcio y fósforo.

Dietas bajas en calcio y fósforo o con una relación inadecuada de los mismos, reduce la mineralización ósea y aumentan los problemas del aparato locomotor (Quiles y Hevia., 2003). Este aspecto puede pasar desapercibido en animales para cebo pero origina, problemas graves en animales reproductores tales como una disminución de la libido o incapacidad del macho para montar (Mateos et al., 1997).

La concentración de calcio intracelular juega un papel importante para determinar la fertilidad del espermatozoide (Félix., 2005 y Rath et al., 1999).

Se recomienda un 10-15% más de calcio y fósforo en piensos para crecimiento de animales reproductores que para cebo, con una relación calcio: fósforo de 1,3-1,5. (Quiles y Hevia., 2003). De tal manera que estamos

Hablando de niveles de calcio de 0,75-0,95% y de fósforo total de 0,60-0,75%. (Mateos 1997., Castillo 2004., Hollis et al 2002; Wilson et al 2004; Quiles y Hevia., 2003).

Por otra parte, un exceso de calcio aumenta los procesos hemorrágicos internos, al reducir la síntesis de vitamina K o su absorción intestinal. Mientras que un exceso de fósforo podría alterar la absorción de otros nutrientes, por lo tanto niveles inadecuados de calcio y fósforo o una relación desproporcionada entre ambos reduce la mineralización ósea y aumenta los problemas locomotores y como consecuencia disminuye la libido (Mateos et al., 1997 y Green., 2001).

## Magnesio.

El 70% del magnesio se encuentra formando parte de los huesos. Su déficit, igualmente ocasiona una disminución de la calidad del aparato locomotor y de los aplomos y como consecuencia disminuye la libido, el pienso debe tener 400mg./kg. (Quiles y Hevia., 2003).

## Otros macrominerales.

Normalmente con las materias primas utilizadas en la formulación de piensos es difícil que detectemos carencias en sodio, potasio y cloro (Wilson et al., 2004 y Castillo 2004).

## Oligoelementos.

Generalmente se aportan las mismas cantidades en piensos para verracos que para cerdas reproductoras, pero sería interesante prestar cierta atención a determinados oligoelementos que interviene directamente con la fertilidad del verraco (Bendich et al., 1993).

## Zinc.

Interviene en la espermatogénesis, en la respuesta humoral luteinizante y en la formación de esteroides (Mahan et al., 2003).

La carencia del Zinc en el verraco está ligada a una atrofia testicular y del epitelio seminífero con una reducción del peso de la próstata y del epidídimo, así como el número de células de Leydig (Mahan et al., 2003 y Hollis et al., 2002).

Por último, se reconoce más su papel en el estrés y en la enfermedad, con pérdidas de inmunidad en animales cadenciados (Mateos et al., 1997).

La alimentación del verraco exige un aporte de Zinc de 80-120 ppm. (Close y roberts., 1991) o un consumo de 250 mg. Por día, Cantidades 3 ó 4 veces superiores pueden utilizarse en situaciones de estrés calórico con el fin de aumentar la libido y la concentración y motilidad espermática. (Quiles y Hevia., 2003).

Selenio.

El selenio es un micronutriente esencial requerido para el mantenimiento de la fertilidad masculina (Olson et al., 2004). Se concentra en los testículos, concretamente, en la cola de los espermatozoides. Juega, además, un papel importante como componente de la coenzima glutation-peroxidasa en la barrera defensiva antioxidante del organismo (Castillo., 2004). Igualmente, podría favorecer el mantenimiento de la integridad estructural de la membrana de los espermatozoides (Mateos et al., 1997).

El aporte de vitamina E y selenio incrementa el volumen y la concentración seminal (Audet et al., 2004).

La deficiencia de selenio ha mostrado una reducción o pérdida en la motilidad y un aumento de las anomalías espermáticas lo que ocasiona una mala fertilidad espermática (Olson et al., 2004).

Mahan (2003) observó en un estudio, que al proporcionar 0.50 mg/Kg. de selenio en la dieta hubo un incremento en el porcentaje de espermatozoides normales, mientras que los verracos que no recibieron selenio en la dieta manifestaron espermatozoides con colas dobladas o enroscadas (Mahan et al., 2003).

Manganeso.

El manganeso es un elemento traza esencial para el crecimiento y desarrollo corporal de los animales jóvenes y para mejorar la fertilidad del verraco adulto (Quiles y Hevia., 2003).

Las deficiencias en manganeso, además, de producir retrasos en el crecimiento y en la aparición de la pubertad, afecta a la espermatogénesis por atrofia testicular y degeneración celular del epidídimo, dando lugar a una esterilidad progresiva del verraco (Olson et al., 2004).

Las necesidades son de 100 mg/día. El pienso ha de tener entre 35 y 40 mg de Mn/kg. (Quiles y Hevia., 2003 y Hollis et al., 2002).

## **Necesidades vitamínicas.**

Contamos con muy poca información sobre las necesidades vitamínicas de los verracos, de ahí que la mayoría de los autores recomienden niveles similares a los utilizados en cerdas reproductoras, a pesar de que la mayoría de las vitaminas liposolubles y algunas hidrosolubles tienen un papel determinante en la función reproductora del verraco (Buhr., 2001).

### Vitamina A.

La vitamina A tiene un efecto positivo sobre la libido del verraco, y en la formación y mantenimiento del tejido epitelial, el pienso debe contener 5500 U.I./kg.(Quiles y Hevia., 2004) .También se ha observado que su avitaminosis aumenta el número del espermatozoides anormales y Una deficiencia se traduce en problemas reproductivos y menor resistencia a las enfermedades (Weber et al., 1993).

### Vitamina D3.

Su aporte tiene una gran importancia en condiciones de alojamiento con ambiente controlado, en ausencia de luz solar, ya que junto con el calcio y el fósforo interviene en la calcificación de los huesos, y, por lo tanto, en el mantenimiento de los aplomos (Quiles y Hevia., 2003) El pienso debe contener 450 U.I./kg. La ingesta máxima del verraco no puede exceder de 2000 U.I. (Castillo., 2004).

## Vitamina E.

Influye de forma determinante en la maduración de los espermatozoides, favoreciendo la integridad de sus membranas, dado su función antioxidante celular: protege la membrana de la acción de los peróxidos de los fosfolípidos polinsaturados de la membrana. Estos efectos antioxidantes se ven potenciados por la presencia de selenio. (Mateos et al., 1997 y Audet et al., 2004).

El pienso debe contener 200 mg/kg (Quiles y Hevia., 2003) Una carencia predispone a daños en la membrana celular por la acción de los peróxidos formados (Castillo., 2004) Altos niveles reducen el riesgo de muerte cardiaca en el momento de la monta, en animales susceptibles (Close y Roberts., 1991).

## Vitamina C.

Actúa a nivel de varios procesos biológicos tales como la oxidación, síntesis de carnitina y formación armónica de los cartílagos y los huesos. (Quiles y Hevia., 2003).

Los cerdos tienen capacidad para sintetizarla y, por lo tanto, cubrir sus necesidades. No obstante ante situaciones de estrés (sobre todo ante las altas temperaturas) el aporte extra de vitamina C, mejora la situación, aumentando la síntesis de testosterona (Wilson et al., 2004). Para ello se recomienda un aporte extra de 500 mg/día. El pienso debe contener 300-500 mg/kg (Mateos., 1997).

Saiz Cidoncha et al. (1997) observan una mejora en la calidad del semen al suplementar el pienso con 100 ppm de vitamina C y 45 ppm de metionato de zinc.

Biotina (vitamina B8).

Su carencia ocasiona lesiones y úlceras a nivel de los aplomos y las pezuñas, pudiendo dificultar la monta por parte de los verracos y aumentar la tasa de reposición de los mismos (Cheu., et al 1995).

El pienso debe contener 200-300 mg/kg. (Quiles y Hevia., 2003). En caso de incidencia alta de problemas pódales se recomienda suministrar de 600. a 1.000 ppb durante un periodo de 30 a 60 días.(Audet et al., 2004 y castillo., 2004).

En un estudio realizado se observo que al alimentar a los cerdos durante 5 semanas con aceite de atún mejora las características espermáticas en el verraco (Rooke et al., 2001).

Audet (2004) recomienda que es necesario suplementar vitaminas cuando el semental ha sido sometido a una frecuencia de uso mas halla de lo normal.

## **Necesidades de fibra.**

La falta de fibra en la alimentación del verraco puede ocasionar estreñimiento, fermentaciones anormales y producción de toxinas, que al ser el epidídimo muy permeable puede llegar a afectar a la espermatogénesis. Se recomiendan niveles del 6-7% de fibra bruta (Cheu et al., 1995; Mateos et al 1997; Hollis et al., 2002 y Wilson et al., 2004).

## **FACTORES FISIOLÓGICOS O DEPENDIENTES DIRECTAMENTE DEL ANIMAL.**

### **Factores genéticos.**

La genética influye en la calidad del semen, donde la colocación del escroto, y la posición de los testículos en relación del cuerpo juega un papel muy importante (Hollis et al., 2002).

El desarrollo testicular, el tamaño de los testículos y la capacidad de producción de espermatozoides tienen un factor claramente racial. En general, las razas grandes como la Yorkshire y la Large White tienden a producir mayor cantidad de semen por eyaculado y mayor número de células espermáticas (Rohrer et al., 2001 y Serrano et al., 1996).

Respecto a las heredabilidades de los principales parámetros reproductivos del verraco diremos que son medias. Así por ejemplo, la cantidad de esperma por cada gramo de tejido testicular es de 0,3-0,4 y la cantidad de

peso testicular de 0,35-0,55. En este último caso se ha comprobado una correlación negativa entre este parámetro y la capa de tocino dorsal a los 154 días de edad (Quiles y Hevia., 2003).

La consanguinidad también afecta negativamente a la fertilidad del macho y la heterosis aumenta el efecto. Este efecto mayor de la heterosis sobre la fertilidad se traduce en una reducción del porcentaje de células anormales (Hughes y Varley., 1984; Ávila y García., 1999).

### **Tamaño y anatomía de los testículos.**

La producción diaria de esperma y el tamaño de los testículos está altamente correlacionado de forma positiva (Fuentes., 1995) generalmente se acepta que entre mayor sea el tamaño del testículo mayor será la capacidad de producción de espermatozoides (Lunstra et al., 2003., Ford et al., 2001) Parece ser que la masa parenquimatosa de los testículos es el factor más importante que contribuye a la variabilidad en la producción de esperma diario (zenella et al., 1999).

Sin embargo el numero de las células de sertoli es quien determina el tamaño del testículo y la capacidad de espermatozoides (Sharpe et al., 2003) además de que juegan un papel importante en la maduración de los espermatozoides (Walker et al., 2004).

Otro aspecto a tener en cuenta es el mantenimiento anatómico correcto de los testículos. (Hollis et al., 2002). La anatomía de los testículos se ve alterada por posiciones inadecuadas del verraco a la hora de echarse, de tal

manera que comprime los testículos con su peso elevado. Ello ocasiona testículos blandos y poco firmes, lo cual puede alterar la liberación de esperma (Wagner et al., 2004).

### **Factores etológicos.**

#### **Falta de libido.**

En general, la testosterona es la hormona masculina que está más relacionada con la libido (Flowers., 2005). Es verdad que los machos con los niveles extremadamente bajos de testosterona o los verracos castrados no exhiben virtualmente ningún interés sexual (wagner et al., 2004 y Walker et al., 2004 ).

Se ha observado que una reducción del contenido proteico en el pienso ocasiona una disminución de la libido (debido a una reducción de estrógenos en el la sangre), un aumento del tiempo preciso para iniciar la monta y una reducción del volumen del eyaculado (Estienne et al., 2003 y Hollis et al., 2002).

Por otro lado la falta de contacto social o aislamiento durante el crecimiento, al afectar al desarrollo psicológico del macho, puede dar lugar a un fracaso evidente en su capacidad de montar adecuadamente a la hembra (Martínez., 2002) motivo por el cual el alojamiento individual de los futuros sementales no debe hacerse de los 3º 4 meses de edad y siempre en contacto visual y olfativo, aunque no físico con otros animales (De la Torre et al., 2004).

## **Monta anormal.**

Algunos machos jóvenes tienen la conducta de montar a la cerda por la cabeza, o tratar de penetrarla por el recto, en estos casos se debe de ayudar al semental dirigiendo su pene al hacia la vulva de la hembra (Martínez., 2002).

## **Edad.**

La actividad constante de monta acompañada por la erección ocurre alrededor de los 4 meses de edad. Sin embargo, la mayoría de los verracos no son capaces de producir eyaculados con concentraciones normales de espermatozoides fértiles hasta que llegan a la pubertad (6 - 8 meses) de edad (Flowers., 2005). Después de la pubertad el número de espermatozoides y el volumen del eyaculado aumentan hasta que el verraco alcanza los 18 meses (Espinosa., 2002). El nivel se mantiene aproximadamente hasta los 4 ó 5 años, a partir de lo cual se observa un declive gradual (Nuemanni., 2001). Sin embargo, existe una gran variabilidad en cuanto a la edad a la que el verraco llega a la senescencia reproductiva (Serrano et al., 1996 y Quiles y Hevia., 2003).

Finalmente, diremos que se conoce muy poco sobre el efecto de la edad sobre el número de células anormales, aunque todo parece apuntar que a medida que envejece el animal aumenta el número de células anormales. (Quiles y Hevia., 2003). Y disminuye gradualmente la libido o apetito sexual (De la Torre et al., 2004 y Fuentes et al., 1998).

## 7. CONCLUSION.

El verraco cumple funciones específicas, dentro de la explotación porcina, tales como producir un nivel adecuado de feromonas que den lugar a una respuesta adecuada en la salida en celo de las cerdas y llevar a cabo una erección, cópula y eyaculado con un número adecuado de células espermáticas viables que hagan posible la concepción, estas funciones no siempre se llevan a cabo en forma adecuada en su totalidad, debido a que existen factores que afectan dichas funciones como son: Temperatura, foto período, estrés, manejo y tratamiento del verraco, tratamiento y manipulación de las dosis seminales, estado sanitario, nutrición, y otros que dependen directamente del verraco a los que también se les denomina fisiológicos (factores genéticos y etológicos) .

Por lo tanto conocer los factores que afectan la fertilidad del verraco, nos permite tomar medidas de prevención o de control en caso de que exista algún problema, y poder lograr nuestro objetivo en la granja porcina; ya que del conocimiento de los mismos y su posible control depende el éxito de la eficacia reproductiva de nuestros verracos, y por lo tanto, del éxito de los parámetros reproductivos de la explotación.

Por último, es de suma importancia actualizarse constantemente sobre el tema, debido a que día con día se obtiene nueva información de factores que afectan la fertilidad del verraco.

## 8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

Anzar M. Liwei He, Mary M. Buhr, Thomas G. Kroetsch, and Karl P. Pauls (2002). Sperm Apoptosis in Fresh and Cryopreserved Bull Semen Detected by Flow Cytometry and Its Relationship with Fertility. *Biology of Reproduction*; 66: 354–360.

Arancibia S. K, Martínez G. R. (1999). *Mejoramiento Animal. Reproducción en Cerdos*. 1ra. Edición 1999. pp. 130 – 145.

Audet I.P. Laforest†, G. P. Martineau‡ and J. J. Matte. (2004). Effect of vitamin supplements on some aspects of performance, vitamin status, and semen quality in boars. *J. Anim. Sci.* 82:626–633.

Avila A. J. y Garcia M. R. (1999). *Mejoramiento Genético del cerdo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.1-5.

Barb C. R., R. R. Kraeling, G. B. Rampacek†, and C. R. Dove.(1997). Metabolic Changes During the Transition from the Fed to the Acute Feed-Deprived State in Prepuberal and Mature Gilts. *J. Anim. Sci.* 75: 781–789.

Bailey J.L. He L.,, and M.M. Buhr (2001;). Incorporating Lipids into Boar Sperm Decreases Chilling Sensitivity but Not Capacitation Potential. *Biology of Reproduction* 64: 69–79.

Bendich, A. (1993). Nutrition of Boars. *J. Dairy Sci.* 76: 2789-2794.

Benson, G.S. (1993). Male sexual function: erection, emission and ejaculation. In: *The Physiology of Reproduction*, Vol. 1. Knobil, E. and Neill, J.D. (eds). Raven Press, New York. pp. 1489-1508.

Brown, B.W. (1994) A review of nutritional influences on reproduction in boars, bulls and rams. *Reproductive Nutrition Development* 34:89-114.

Bertani G. R Gladney C. D., Johnson K, and D. Pomp (2004). Evaluation of gene expression in pigs selected for enhanced reproduction using differential display PCR: II. Anterior pituitary. *J. Anim. Sci.* 82:32-40.

Braundmeier G., J. M. Demers, R. D. Shanks, and D. J. Miller (2004). The relationship of porcine sperm zona-binding ability to fertility. *J. Anim. Sci.* 82:452-458.

Buhr M (2001). Emerging Tools in Artificial Insemination. Department of Animal and Poultry Science University of Guelph London Swine Conference - The Pork Industry and Public Issues 5-6. 123.

Cerolini S., A. Maldjian<sup>2</sup>, F. Pizzi<sup>3</sup> and T. M. Gliozzi (2001). Changes in sperm quality and lipid composition during cryopreservation of boar semen. *Reproduction.* ;121: 395-401.

Chang C.-C., K.-J. Yoon, J. J. Zimmerman, K. M. Harmon, P. M. Dixon, M. T. Dvorak,<sup>3</sup> and M. P. ( 2002). Murtaugh. Evolution of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus during Sequential Passages in Pigs. *Journal of Virology* vol. 76 pp. 4750–4763..

Chew, B.P. (1995). Nutrition. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Pp: 18-25.

Close, W.H. y Roberts, F.G. (1991) Nutrition of the working boar. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. pp: 21-44.

Cooper T. G. (2002). Rebuttal of a role for the epididymis in sperm quality control by phagocytosis of defective sperm. *Journal of Cell Science* 115, 5-7.

Creemers L. B, K. den Ouden<sup>1</sup>, A. M. M. van Pelt<sup>1</sup> and D. G. de Rooij (2002). Maintenance of adult mouse type A spermatogonia in vitro: influence of serum and growth factors and comparison with prepubertal spermatogonial cell culture. *Reproduction*; 124,: 791–799.

Coy M. P, R. Romar, M. Marco, J. Gadea and S. Ruiz.( 2003).Effect of sperm preparation method on in vitro fertilization in pigs. *Reproduction*. 125: 133–141.

Dejuq N. And Bernard Jegou(2001).Viruses in the Mammalian Male Genital Tract and Their Effects on the Reproductive System. *Microbiology and Molecular Biology reviews.*, p. 208–231 vol. 65, no. 2.

- Espinosa S. H. (2002). Inseminación Artificial. La Píara Reproductora. Pp: 165-188.
- Estienne M. J and A. F. Harper (2004). Semen characteristics and libido in boars treated repeatedly with PGF $2\alpha$ . J. Anim. Sci. 82:1494–1498.
- Estienne, M. (2003) .Potential Use of Lutalyse to Enhance Libido in Boars with Suppressed Circulating Concentrations of Gonadal Steroids. . Biology of Reproduction 72; 35- 43.
- Felix R. (2005). Molecular physiology and pathology of Ca $2$ -conducting channels in the plasma membrane of mammalian sperm. Reproduction; 129:251–262.
- Flowers, W.L. (1997). Management of boars for efficient semen production. Journal of Reproduction and Fertility Supplement 52:67-78 .
- Ford J.J. T.H. Wise, D.D. Lunstra, and G.A. Rohrer (2001).. Interrelationships of Porcine X and Y Chromosomes with Pituitary Gonadotropins and Testicular Size. Biology of Reproduction ;165: 906–912.
- Fuentes A. R. Serrano G L, de Manzo R., Regaciro C, Valle A.(1992).Efecto de la época sobre las características espermáticas de verracos en el trópico. ZOOTECNIA TROPICAL . Vol. 10 Nos. 1.
- Fuentes,A.R.LagoG.ChangS.A., Semidey de S G. Regueiro, C. y Soler L(1995). Pubertad en machos porcinos. i. biometría testicular. ZOOTECNIA TROPICAL Vol. 13(2):151-162.

Fuentes A. R. Serrano G. L. (1990). La infertilidad en el verraco y sus probables causas. Instituto de Investigaciones Zootécnicas. FONAIAP DIVULGA, N° 29 julio-septiembre.

Fuentes A. R. Serrano G L., Regueiro C y Valle A. (1998) Efecto de la edad y raza sobre las características reproductivas en verracos púberes. ZOOTECNIA TROPICAL. Vol. 7(1 y 2): 119-139.

Garner, D.L. and Hafez, E.S.E. (1993). Spermatozoa and seminal plasma. In: Reproduction in Farm Animals, 6th edition. E.S.E. Hafez (ed). Lea and Febiger, Philadelphia. pp 165-187.

Gatti J.L, Sonia Me'tayer, Mohammed Moudjou, Olivier Andreoletti, Frederic Lantier, Jean-Louis Dacheux, and Pierre Sarradin (2002). Prion Protein Is Secreted in Soluble Forms in the Epididymal Fluid and Proteolytically Processed and Transported in Seminal Plasma. Biology of Reproduction; 67,:393-400.

Goddard I, Sylvian Bauer, Alain Gougeon, Frederic Lopez, Nathalie Giannetti, Christiane Susini, Mohamed Benahmed, and Slavica Krantic(2001). Somatostatin Inhibits Stem Cell Factor Messenger RNA Expression by Sertoli Cells and Stem Cell Factor-Induced DNA Synthesis in Isolated Seminiferous Tubules. Biology of Reproduction; 65: 1732-1742.

Green C. E, J. Bredl, W. V. Holt, P. F. Watson and A. Fazeli.(2001). Carbohydrate mediation of boar sperm binding to oviductal epithelial cells in vitro. Reproduction; 122: 305-315.

- Hafez, E.S.E. (2002). Reproducción e inseminación en animales. 7ª edición. Interamericana. Pp. 308 – 325.
- Hafez, E.S.E. 1993. Anatomy of male reproduction. In: Reproduction in Farm Animals, 6th edition. E.S.E. Hafez (ed). Lea and Febiger, Philadelphia. pp 3-19.
- Herradora M. L. (2002). Principales Problemas que Afectan el Rendimiento de la Píara Reproductora. La píara Reproductora. Pp 16- 60.
- Ho H. C. and Susan S. Suarez (2001). Hyperactivation of mammalian spermatozoa: function and regulation. *Reproduction*; 122: 519–526.
- Holsberger D. R., Sarah E. Kiesewetter, and Paul S. Cooke. (2005) Regulation Of Neonatal Sertoli Cell Development By Thyroid Hormone Receptor. *Biology reprod.* 105.041-426.
- Holt William V and Katrien J W Van Look (2004). Concepts in sperm heterogeneity, sperm selection and sperm competition as biological foundations for laboratory tests of semen quality. *Reproduction*; 127: 527–535.
- Hughes P. E. y Varley M. (1984). Reproducción del cerdo. Editorial, acribia. Zaragoza. Pp. 182- 205.

- Kamp G., G. Busselmann, N. Jones, B. Wiesner<sup>4</sup> and J. Lauterwein (2003). Energy metabolism and intracellular pH in boar spermatozoa. *Reproduction*; 126: 517–525.
- Knox R. V, Ph.D (2001). Artificial Insemination of Swine, Improving Reproductive Efficiency of the Breeding Herd. Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Knox R. V., G. M. Miller, K. L. Willenburg, and S. L. Rodriguez-Zas (2002). Effect of frequency of boar exposure and adjusted mating times on measures of reproductive performance in weaned sows. *J. Anim. Sci.*; 80:892–899.
- Lindemann M. D. (1993). Supplemental Folic Acid: A Requirement for Optimizing Swine Reproduction. *J. Anim. Sci.*; 71:239-246.
- Louis, G.F., Lewis, A.J., Weldon, W.C., Ermer, P.M., Miller, P.S., Kittok, R.J., and Stroup, W.W. (1994a) the effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2038.
- Lunstra D.D.,<sup>2</sup> T.H. Wise, and J.J. Ford(2003). Sertoli Cells in the Boar Testis: Changes During Development and Compensatory Hypertrophy after Hemicastration at Different Ages. *Biology of Reproduction*; 68: 140–150.

Martínez R. G. (2002). Manejo del Semental. La Píara Reproductora. 1º adición. Pp 148-163.

Mateos G. G, P. Medel y D. Carrión (1997). Necesidades nutricionales del verraco de alta selección. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. XIII curso de especialización fedna.

Mazarri G., Du Mesnil Du Buisson and Ortavant.(1995). Acción de la temperatura y de la luz sobre la producción y el poder fecundante de los espermatozoides del verraco. *Agronomía Tropical* 20(3):173-184.

Mazarri G., Fuentes A. y Valle A.( 1996). Frecuencia de recolección de semen en verracos y su relación con la fertilidad. *ZOOTECNIA TROPICAL* Vol.4 (1y 2):79-88.

Neumann F. K. (2001), crianza de porcinos, editorial iberoamericana S. A, México DF. Pp 25-32.

Olse F. U. and Denny Sakkas (2003). Protein phosphorylation in mammalian spermatozoa. *Reproduction* 125: 17–26.

Olson G. E, Virginia P Winfrey, Kristina E Hill and Raymond F Burk (2004). Sequential development of flagellar defects in spermatids and epididymal spermatozoa of selenium-deficient rats. *Reproduction*; 127:335–342.

- Pommer A C., Josep Rutllant, and Stuart A. Meyers(2003).Phosphorylation of Protein Tyrosine Residues in Fresh and Cryopreserved Stallion Spermatozoa under Capacitating Conditions. *Biology of Reproduction*; 68: 1208–1214.
- Rath D. \*, C. R. Long†, J. R. Dobrinsky†, G. R. Welch†, L. L. Schreier†, and L. A. Johnson (1999). In Vitro Production of Sexed Embryos for Gender Preselection: High-Speed Sorting of X-Chromosome-Bearing Sperm to Produce Pigs After Embryo Transfer. *J. Anim. Sci.* 77:3346–3352.
- Rohrer G. A, T. H. Wise, D. D. Lunstra, and J. J. Ford. (2001). Identification of genomic regions controlling plasma FSH concentrations in Meishan-White Composite boars. *Physiol Genomics* . 6: 145–151.
- Rooke J. A, C-C. Shao and B. K.(2001).Speake.Effects of feeding tuna oil on the lipid composition of pig spermatozoa and in vitro characteristics of semen. *Reproduction*; 121: 315–322.
- Rozeboom K. J, M. H. T. Troedsson†, H. H. Hodson, G. C. Shurson, and B. G. Crabo(2000). The importance of seminal plasma on the fertility of subsequent artificial inseminations in swine. *J. Anim. Sci.* 78:443–448.
- Saunders P. T. K, J. M. A. Turner, M. Ruggiu, M. Taggart, P. S. Burgoyne, D. Elliott and H. J. Cooke (2003). Absence of mDazl produces a final block on germ cell development at meiosis. *Reproduction* 126: 589–597.

Serrano, L. G.; Fuentes, A.; Valle, A. y Regueiro, C (1996). Estudio de las anomalías espermáticas de los verracos en relación con razas y época. *Zootecnia Tropical*. Vol. 14(1): 17-34.

Šernien L., RiškeviienV., Banys A, Žilinskas H, (2002). Efectos de edad, y la zona en esperma los parámetros cualitativos en lituano blanco y jabalíes de petren. *Academia Veterinaria lituana, Sección de Obstetricias y Gynaecology . veterinaria ir zootechnika*. (39) 17 – 28.

Sharpe R. M., Chris McKinnell, Catrina Kivlin and Jane S. Fisher (2003). Proliferation and functional maturation of Sertoli cells, and their relevance to disorders of testis function in adulthood. *Reproduction* 125, 769–784.

Setchell, B.P., Maddocks, S. and Brooks, D.E. (1993). Anatomy, vasculature, innervation, and fluids of the male reproductive tract. In: *The Physiology of Reproduction*, Vol. 1. Knobil, E. and Neill, J.D. (eds). Raven Press, New York. pp. 1063-1176.

Trujillo M. E. Tirado M. E. H., (1998) *Sistema de Producción Animal* 1. pp 31-34.

Trujillo M. O. Martínez G. R. (2002). Aspectos Básicos de la Morfología de la cerda y del semental. *La Piara Reproductora*. 1º edición Pp. 103-111.

Valencia M. J. (2002). Fisiología de la Reproducción Porcina., Trillas. Pp. 123 – 135.

Vidal L. O.<sup>1</sup>, Cruz C. y Rivera H. (1999). El virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino y neumonías en gorrinos de granjas tecnificadas. Revista de investigaciones veterinarias del Perú vol. 10, nº 1 enero-julio.

Wagner A. and R Claus (2004). Reproduction Involvement of glucocorticoids in testicular involution after active immunization of boars against GnRH. Biology of Reproduction 127: 275–283.

Walker S., O. W. Robison, C. S. Whisnant, and J. P. Cassady (2004). Effect of divergent selection for testosterone production on testicular morphology and daily sperm production in boars. J. Anim. Sci. 82:2259–2263.

Weber J. A. and Gordon L. Woods (1993). Ultrasonographic Measurement of Stallion Accessory Sex Glands and Excurrent Ducts during Seminal Emission and Ejaculation. Biology of Reproduction; 49: 267-273.

Wettemann R. P. and Claude Desjardins (1999). Testicular Function in Boars Exposed to Elevated Ambient Temperature. Biology of Reproduction; 20: 235-241.

Wilson M. E., Rozeboom K. J. y. Crenshaw T. D. (2004) Nutrición del jabalí para la Producción de Esperma Óptima. Adelantos en Producción de la Carne de cerdo. Volumen 15, pg. 295.

Zanella E., D. Lunstra, T. Wise, J. Kinder, and J. Ford (1999). Testicular Morphology and Function in Boars Differing in Concentrations of Plasma Follicle-Stimulating Hormone. *Biology of Reproduction* 60: 115–118.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS.

Anchorena G. (2002). Patrones reproductivos en porcinos.

<http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?tema=rep013>

Castillo M. A., Tinoco P M. (2004). Efectos de la nutrición sobre las características reproductivas del semental adulto.

<http://www.fda.gov/nctr/science/journals/pdfs/rrp0103.pdf>.

Chemineau P. foto período.. (1992)Reproducción Animal e Inseminación Artificial, en Salamanca sextas Jornadas internacionales de España.

<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/WAR/war/V1650B/v1650b04.htm>.

Córdova A . Izquierdo. García H C.(2000) síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo (prrs) y su importancia en la producción porcina.

<http://www.visionveterinaria.com/articulos/art101signosclnicos.htm>Autores.

De la Torre J. L y Manteca X. (2004).Universidad Autónoma de Barcelona España. <http://www.Porcinocultura.com/comportamiento/ficha.php>.

De la Torre J. L y Manteca X. (2005.).El concepto de estrés y su influencia sobre la productividad. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Copyright CEVA - 2005 <http://www.suilence.com/suilenceFR.nsf/Page>.

Flowers W. L. (2005). Anatomía y fisiología del verraco. Department of Animal Science, North Carolina State University.

<http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?tema=rep026>

Hollis G., (2002) nutrición para el verraco sexualmente activo.

<http://www.fda.gov/nctr/science/journals/pdfs/rrp0103.pdf>.

Macias J. G. y col.(2003).Evaluación del semen. Revista Virtual Visión Veterinaria 2003; 2(12). <http://www.visionveterinaria.com>.

Mahan D. Zawadzki J . Y Guerrero R. (2003). Metabolismo mineral y fertilidad del verraco observaciones de América Latina a Europa. Animal Science Department, The Ohio State University, Columbus.

<http://www.fda.gov/nctr/science/journals/pdfs/rrp0103.pdf>

Menéndez M. P. (2002). Alimentación de los sementales.

<http://www.porcicultura.com/articulos/nutricion/articulo.php?tema=nut020>.

Quiles, A. y Hevia, M. La alimentación del verraco (2003). Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

<http://www.Porcicultura.com/comportamiento/ficha.php>

Quiles, A. y Hevia, (2003) M. Factores que afectan a la fertilidad del verraco.

Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo.

<http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?tema=rep017>.

Riveiro M. (2003). Problemas Reproductivos provocados por el calor.  
<http://www.porcicultura.com/articulos/reproduccion/articulo.php?tema=rep010>.