



**UNIVERSIDAD
MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESINA PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DEL SEMEN EN EL VERRACO

QUE PRESENTA:

JUAN CARLOS LÓPEZ VEGA

ASESOR

DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO

MORELIA, MICHOACÁN. JUNIO DEL 2019



**UNIVERSIDAD
MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESINA PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DEL SEMEN EN EL VERRACO

QUE PRESENTA:

JUAN CARLOS LÓPEZ VEGA

ASESOR

DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO

MORELIA, MICHOACÁN. JUNIO DEL 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida y regalarme una segunda oportunidad en ella para seguir adelante y llegar hasta esta instancia tan importante.

A toda mi familia, pero en especial a mis PADRES; Juan Carlos López Morales y María del Carmen Vega Garnica; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A mi hermano Diego Alexis López Vega que, aunque indirectamente, siempre ha estado ahí para apoyarme en el transcurso de mi vida.

A mi abuelo Manuel López Hernández por cada uno de sus consejos cuando niño y durante mi vida. Seguro estoy que te sentirías orgulloso de mi.

A ti Zuleima Anahí Reyes Cabello por ser la persona que ha formado parte incondicional en esta etapa de mi vida con su amor, cariño, amistad, consejos, ánimo y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Gracias por ser la persona que eres conmigo, por siempre estar ahí y por nunca soltarme.

Al Dr. José Herrera Camacho, profesor investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y su vez asesor de la misma por brindarme siempre una palabra de aliento cuando más la necesitaba, por transmitirme su energía, pero sobre todo por despertar en mi ese potencial para realizar y culminar este trabajo.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que me ayudó a formarme profesionalmente. A todos y cada uno de mis maestros por haberme dado las bases y elementos en la enseñanza de esta hermosa profesión.

DEDICATORIA

Este trabajo profesional está dedicado a mis padres, quienes me dieron vida, educación, apoyo, consejos y son pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mi hermano y familia en general.

También va dedicado para todas esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda y apoyo.

Gracias por creer y confiar en mí, esto es para ustedes.

INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. MARCO TEORICO.....	7
2.1 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA GENERAL DEL VERRACO.....	7
2.2 CUARENTENA Y ACLIMATACIÓN	8
2.3 ALIMENTACIÓN DEL VERRACO	11
2.4 NECESIDADES ENERGÉTICAS	12
2.4.1 Mantenimiento	13
2.4.2 Crecimiento	13
2.4.3 Actividad física.....	14
2.4.4 Producción de esperma.....	14
2.4.5 Condición corporal	20
2.5 MANEJO DE LA REPRODUCCIÓN	21
2.5.1 Selección de reproductores.....	21
2.5.2 Reemplazo anual de animales de cría	22
2.6 ALOJAMIENTO DEL VERRACO.....	22
2.7 MANEJO GENERAL DE LOS SEMENTALES.....	25
2.7.1 Método de entrenamiento	25
2.7.2 Entrenamiento usando un Sistema de Colección Automatizado.....	28
2.8 Evaluación reproductiva del verraco.....	29
2.8.1 El examen clínico	30
2.8.2 Colección del semen.....	32
2.8.3 Técnicas de colección del semen	35
2.8.4 Fracciones en el eyaculado del verraco	36
2.9 MANEJO DEL SEMEN	37
2.9.1 Llegada del semen al laboratorio	37
2.9.2 Evaluación seminal.....	38
2.9.3 Características de los sistemas computarizados CASA (Computer Assited Sperm Analysis)	41
2.9.4 Características por el método de espectrofotometría.....	43
2.9.5 Diluyentes.....	47

2.9.6	Preparación del diluyente	49
2.9.7	Preparación de dosis	51
2.9.8	Enfriamiento del semen y empaque de dosis	53
2.9.9	Envío y transporte del semen.....	54
2.9.10	Conservación de dosis seminales	55
2.9.11	Evaluación de la motilidad post-producción.....	56
2.9.12	Plan de control sanitario	56
2.9.13	Plan de control de calidad externo	57
2.9.14	Criterios para el cierre de un Centro de Inseminación	58
III.	EXPERIENCIA PROFESIONAL	59
IV.	CONCLUSION	63
V.	RECOMENDACIONES	63
VI.	LITERATURA CITADA.....	64

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Recepción de animales en la nave de cuarentena.
- Figura 2: Alimentación de los sementales en comederos fijos.
- Figura 3: Semental con condición corporal normal.
- Figura 4: Semental con baja condición corporal (complexión delgada).
- Figura 5: Semental con alta condición corporal (complexión robusta/obesa).
- Figura 6: Verraquera con suficiente espacio para la movilidad del semental.
- Figura 7: Tipo de suelo combinado en corral para sementales (slat y firme).
- Figura 8: Entrenamiento a un macho joven para colección manual en el área de cuarentena.
- Figura 9: Potro impregnado con eyaculado de otros machos en el área de cuarentena.
- Figura 10: Identificación del semental.
- Figura 11: Semental con testículos uniformes.
- Figura 12: Método del doble guante para evitar contaminación bacteriana.
- Figura 13: Monta con tapete antideslizante.
- Figura 14: Colección de semen con la técnica de la mano enguantada.
- Figura 15: Área de colección limpia y desinfectada.
- Figura 16: Fracción rica en espermatozoides del eyaculado.
- Figura 17: Recepción del semen en el laboratorio.
- Figura 18: Evaluación del semen a su llegada al laboratorio.
- Figura 19: Toma de muestra de semen fresco para determinar la concentración espermática por medio del espectrofotómetro.
- Figura 20: Espectrofotómetro (SpermaCue) para medir la concentración espermática.
- Figura 21: Microscopio para determinar la motilidad espermática.
- Figura 22: Platina térmica para atemperar portaobjetos, cubreobjetos y pipetas Pasteur.

Figura 23: Preparación del diluyente en la fase de mezcla.

Figura 24: Dilución del semen.

Figura 25: Envasado de las dosis de semen.

Figura 26: Sellado de las dosis de semen.

Figura 27: Reposos de dosis de semen antes de entrar al cuarto frío.

Figura 28: Enfriamiento de las dosis de semen colocadas en charolas y carrito panadero.

Figura 29: Cooler con sistema de conservador donde son enviadas las dosis de semen.

Figura 30: Conservación de las dosis de semen en la granja.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos nutricionales para el verraco (características del alimento).

Tabla 2: Recomendaciones prácticas de macrominerales y microminerales para el verraco.

Tabla 3: Recomendaciones prácticas de vitaminas para el verraco.

Tabla 4: Raciones y tipo de alimento para el verraco de acuerdo a su edad y peso.

Tabla 5: Criterios de aceptación de la calidad del semen.

RESUMEN

La producción porcina en México representa una oportunidad para la producción de proteína de origen animal que puede contribuir a satisfacer la demanda de la creciente población humana. En este caso en particular, los sistemas de producción porcina generalmente son tecnificados. No obstante, la reproducción animal en estos sistemas juega un papel determinante en la eficiencia productiva de la especie. Es por ello que el manejo del semental y del semen representa una limitante que debe ser atendida por cualquier técnico que asista a una granja porcina. En el presente documento se pone de manifiesto la experiencia profesional de un servidor en el manejo reproductivo en particular en la obtención y procesamiento del semen de verraco.

***Palabras clave:* Cerdo, semen, evaluación, manejo, reproducción**

ABSTRACT

Porcine production in Mexico represents an opportunity for the production of protein of animal origin that can help meet the demand of the growing human population. In this particular case, the swine production systems are generally technified. However, animal reproduction in these systems plays a decisive role in the productive efficiency of the species. That is why the management of the stallion and semen represents a limitation that must be met by any technician who attends a pig farm. This document highlights the professional experience of a server in reproductive management in particular in the collection and processing of boar semen.

***Key words:* Boar, semen, evaluation, management, reproduction**

I. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de la demanda mundial de carne, las especies de crecimiento rápido con un alto índice de conversión de alimentos, como los cerdos, pueden contribuir en gran medida al desarrollo del subsector pecuario. La producción comercial de cerdos se ha intensificado de manera significativa en las últimas décadas. (FAO, 2014)

Los sistemas de producción a gran escala han llegado a alcanzar un alto nivel de uniformidad ya que están basados en el mismo material genético y, en consecuencia, proporcionan el mismo tipo de alimentación e infraestructuras a los animales. En el mundo desarrollado sobreviven muy pocas formas tradicionales de producción porcina. (FAO, 2014)

Sin embargo, en los países en desarrollo, la mitad de la cabaña porcina actual sigue manteniéndose bajo sistemas tradicionales de producción a pequeña escala, fundamentalmente de subsistencia, en los que cerdos proporcionan mucho más que carne. Los cerdos en estos sistemas de bajo costo suponen un valor añadido para los agricultores ya que consumen alimentos que de otra forma quedarían desaprovechados. (FAO, 2014)

La inseminación artificial es una tecnología que evoluciona día a día, adaptándose a las necesidades de un sector en continuo progreso y desarrollo. La importancia de esta técnica en los últimos veinte años ha ayudado en el manejo de las explotaciones, el refuerzo de la bioseguridad, y sobre todo favoreciendo la transmisión y expansión del material genético de forma rápida, segura y eficiente. (Roche, 2014)

La implementación de la inseminación artificial porcina ha incrementado la dependencia de los resultados reproductivos al factor macho. Hemos pasado de inseminar 2 cerdas por verraco con la monta natural a más de 30 con la inseminación post cervical. La relevancia adquirida por el macho nos obliga a aumentar las medidas de control en los centros de inseminación. (Ubeda, 2013)

Además, la aceptación de la tecnología de inseminación artificial a nivel mundial en la especie porcina, está proporcionando un enorme estímulo para el desarrollo de otras tecnologías como la congelación de dosis seminales, sexaje de espermatozoides, entre otras. (Roche, 2014)

El objetivo principal de los centros de inseminación es producir el mayor número posible de dosis, de la máxima calidad, con el mayor potencial genético, al mínimo costo y garantizando los resultados productivos en las explotaciones de destino. (Ubeda, 2013)

II. MARCO TEORICO

2.1 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA GENERAL DEL VERRACO

El cerebro produce las hormonas GnRH (hormona liberadora de gonadotropina), LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante), las cuales trabajan en conjunto para promover y regular la producción de testosterona (T) y, por último, el desarrollo de las células espermáticas y la conducta del macho. Estos procesos tienen que ocurrir para que la reproducción sea posible. (PIC, 2013)

El proceso de desarrollo testicular y el desarrollo de células espermáticas del semental comienza tempranamente durante la etapa fetal con una conducta reproductiva que parte desde el primer mes y tiene un incremento en la producción de semen a los 6 meses. (PIC, 2013)

Los testículos son responsables de la producción de espermatozoides y testosterona. Los espermatozoides son producidos y llevados hacia el mediastino y luego continúan hacia la cabeza del epidídimo. Un semental sexualmente maduro es capaz de producir 16×10^9 espermatozoides por día desde ambos testículos. (PIC, 2013)

- La producción espermática, o espermatogénesis, es un proceso altamente complejo que ocurre en compartimentos especializados en los testículos llamados túbulos seminíferos. En cualquier momento, habrá células espermáticas en diferentes etapas de desarrollo para permitir una continua producción espermática. El proceso de espermatogénesis toma en promedio 39 días en un semental. (PIC, 2013)

El epidídimo se compone de tres secciones incluyendo la cabeza, cuerpo y cola. Cada sección juega un papel en el almacenamiento de los espermatozoides, en su sustento y en la finalización del proceso de maduración (9-14 días). Las células espermáticas deben transitar a través del epidídimo para adquirir el potencial para la fertilización. Sin el epidídimo, la reproducción del semental no sería posible. (PIC, 2013)

Las glándulas sexuales accesorias incluyen la glándula prostática, glándulas vesiculares, y glándulas bulbos uretrales y son importantes para la adición de plasma seminal a las células espermáticas. La función de la glándula prostática es remover la orina y las bacterias del tracto reproductivo antes de que el espermatozoide entre en la uretra. Las glándulas vesiculares producen secreciones viscosas y lechosas en apariencia y componen la mayor parte del volumen del

eyaculado. Por último, las glándulas bulbos uretrales producen la fracción de gel del eyaculado y son grandes y densas en el semental. (PIC, 2013)

El pene está dividido en tres secciones; incluyendo la base, pene y glande del pene. El glande contiene nervios sensoriales y es responsable del inicio de la eyaculación. (PIC, 2013)

La estimulación sexual produce dilatación de las arterias que aportan sangre a los cuerpos cavernosos del pene. Los 5 centímetros terminales del pene del verraco tienen forma espiral, como sacacorchos, y durante la erección toda la longitud visible del extremo libre del pene se vuelve espiral alrededor del eje mayor como si se torciera una cuerda. La introducción dura hasta siete minutos (en el caso de monta natural), tiempo durante el cual se eyacula un gran volumen de semen. (Hafez, 1984)

La secuencia integrada total de la emisión, erección y eyaculación está sujeta a un complejo control nervioso. El paso de semen a lo largo del conducto deferente es continuo durante la inactividad sexual. La excitación sexual y la eyaculación incrementan la tasa de flujo, pero a este incremento le sigue una reducción que dura de 10 a 20 horas después de la eyaculación, de tal manera que, en conjunto, el número de espermatozoides que pasa a través de los conductos deferentes no se incrementa por la actividad sexual. (Hafez, 1984)

La eyaculación implica la contracción de los músculos estriados que son inervados por los nervios sacros. (Hafez, 1984)

2.2 CUARENTENA Y ACLIMATACIÓN

La unidad de cuarentena es utilizada para la recepción de los animales de nuevo ingreso, estos deberán ser manejados por personal exclusivo, ubicándose el corral de recepción en un área externa y/o a la entrada de la UPP o del centro de inseminación artificial, para su observación durante un lapso prudente, realizando las pruebas diagnósticas necesarias que garanticen la ausencia de enfermedades transmisibles.

Los sementales entran en cuarentena a los 6 meses de edad y permanecen ahí entre 4 a 8 semanas. Este periodo de tiempo debe ser usado para evaluar posibles enfermedades importantes y para establecer protocolos de vacunación. Dependiendo del número de vacunaciones, estas deben ser espaciadas durante el periodo de cuarentena para distribuir el estrés asociado con las vacunas. (PIC, 2013)



Figura 1: Recepción de animales en la nave de cuarentena.

Las instalaciones de la cuarentena y su ubicación dependen de la densidad de cerdos que hay en la región. Normalmente una distancia de 2.4 a 3.2 km al centro de inseminación artificial es preferida, pero en un área más densa de cerdos es mejor tener la cuarentena más cerca del centro de inseminación artificial, pudiendo estar conectados ambos sectores por un pasillo cerrado. (PIC, 2013)

La entrada al centro de inseminación artificial debe ser cerrada durante el periodo de cuarentena hasta que se tengan los resultados del diagnóstico de los sementales que están cuarentenados. Con el desarrollo e implementación de filtros de aire en la granja, se deben tomar medidas para reducir la posibilidad de diseminar una enfermedad hacia el centro de sementales. Si el centro no tiene filtros debido a que se ubica en un área de baja densidad de cerdos, el aire de salida de la cuarentena puede ser filtrado para prevenir la aparición de alguna enfermedad. (PIC, 2013)

Los sementales deben ser alojados individualmente y no deben ser mezclados durante la transferencia al centro de machos. (PIC, 2013)

Se debe registrar diariamente la temperatura máxima y mínima de la posta. El edificio debe ser lavado, desinfectado y secado entre cada grupo de sementales que ingrese a la cuarentena. Se recomienda un periodo de reposo de 1 día después de una apropiada limpieza, desinfección y secado. (PIC, 2013)

El periodo mínimo de aislamiento es de 30 días después de la última entrada de sementales a la unidad de cuarentena. Todos los sementales en cuarentena deben ser clínicamente monitoreados diariamente. Se debe registrar la información de cada individuo que presente signos clínicos o requiera tratamientos. Cualquiera de los sementales que no esté comiendo o esté clínicamente enfermo, se le debe registrar su temperatura, ser monitoreado y manejado individualmente. El aumento de la incidencia de animales que no comen o que se encuentran en estado febril día tras día, es un indicador de la introducción de una enfermedad. (PIC, 2013)

La evaluación para la liberación de los sementales hacia la posta incluye lo siguiente:

- Evaluar una muestra estadística de los sementales a los 7 días de llegada.
- Evaluar serológicamente para PRRS al 100% de los sementales al término de la cuarentena, antes de la liberación de los sementales a la posta, usando ELISA (individual) y PCR (pool de cinco).
- Asegurar que el laboratorio de diagnóstico corra el PCR antes que la prueba de ELISA para evitar contaminación.
- Los requerimientos de evaluación de enfermedades variarán de país en país y región/estado.

La bioseguridad del edificio de cuarentena debe ser mantenida de forma estricta y se debe requerir que todo el personal tome un baño al entrar y al salir del edificio de cuarentena. (PIC, 2013)

- El personal de servicio que entra al edificio de cuarentena debe seguir las mismas restricciones usadas en el centro y debe adherirse a las mismas reglas sobre tiempo de vacío sanitario

- El equipo de producción puede visitar y trabajar en la unidad de cuarentena después de trabajar en el centro, pero debe cumplir con una noche de vacío sanitario antes de volver a ingresar al laboratorio.

2.3 ALIMENTACIÓN DEL VERRACO

La alimentación de los verracos y el cálculo de sus necesidades nutricionales es posiblemente uno de los aspectos menos tratados por la literatura científica y, a la vez y quizá por ello, uno de los aspectos que menos interesa al porcicultor. Además, debido al escaso volumen de pienso necesario mensualmente para la alimentación de los verracos, provoca un verdadero problema para la fábrica de pienso, para el transportista y/o para el ganadero por el almacenamiento en granja. (Quiles, 2017)

Solamente en los centros de inseminación se les presta la debida atención a las características nutricionales de alimento para los verracos. (Quiles, 2017)

En efecto, la falta de libido o los trastornos en el comportamiento sexual del macho pueden tener su origen en la alimentación. En este sentido, una mala calidad del semen o dificultades para la monta pueden deberse a una mala formulación en vitaminas, macrominerales u oligoelementos, ya que en muchas ocasiones se utiliza el pienso de gestación, el de lactación o incluso el de engorda para alimentar a los verracos y, lo que es más grave, ello se hace independientemente de la edad del animal, la época del año o de la actividad del mismo. (Quiles, 2017)

Los sementales deben ser alimentados a libre acceso cuando llegan a la cuarentena, esto permite mejorar la transición hacia el edificio. Este nivel de alimentación debe ser mantenido por dos semanas y después se debe reducir a 2.3 kg/día por lo que resta del periodo de cuarentena. (PIC, 2013)

Los sementales en condiciones corporales normales deberán ser alimentados con 2.3-2.7 kg de alimento una vez al día. Un semental obeso debe ser limitado a 1.6-1.8 kg de alimento al día, mientras que un semental delgado deberá recibir 3.2-3.6 kg al día. (PIC, 2013)

Si se utilizan comederos automáticos de caída, pese muestras una vez por trimestre para verificar la precisión del comedero. Las mediciones deberán efectuarse con cualquier ajuste de ingredientes para considerar los cambios de densidad. Un adecuado nivel de consumo y la fortificación de nutrientes deben ser provistos para optimizar la producción de semen. (PIC, 2013)

Las micotoxinas pueden tener varias consecuencias detriminales sobre el desempeño del semental, incluyendo impactos negativos en la calidad del semen. (PIC, 2013)



Figura 2: Alimentación de los sementales en comederos fijos.

2.4 NECESIDADES ENERGÉTICAS

La energía es el factor que más influye en el exceso de peso, problemas de aplomos y falta de libido, que son las principales causas de reposición de los verracos. (Quiles, 2017)

Las necesidades energéticas en verracos deben cubrir las necesidades de mantenimiento, las de crecimiento (si las hubiera) y las necesidades propias de su función como reproductor (actividad física de la monta y la producción de espermatozoides). Cuando la temperatura desciende por debajo de la temperatura por debajo de la zona termoneutra, hemos de proporcionar al animal una temperatura extra para mantener la temperatura corporal (por cada grado que disminuya por debajo de los 20°C, hemos de añadir 3.84 kcal/kg de P.M/día), siendo P.M. = peso metabólico; P.M. = PV 0,75 o bien suministrar 80-100 g de alimento al día. (Quiles, 2017)

2.4.1 Mantenimiento

Las necesidades de mantenimiento están en función del peso vivo del verraco, de tal manera que a medida que aumenta el peso vivo aumentan las necesidades de mantenimiento de acuerdo con la siguiente ecuación, propuesta por Close y Roberts (1993). (Quiles, 2017)

Necesidades de mantenimiento (Mcal de E.M./día) = $0.1823 \times PV^{0.665}$ Siendo PV = peso vivo, expresado en kilos.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales para el verraco (características del alimento).

Elemento	Cantidad
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3000
Proteína bruta (%)	16
Lisina Total (%)	0.75
Metionina + Cistina (%)	0.5
Triptófano (%)	0.15
Treonina (%)	0.45

2.4.2 Crecimiento

A lo largo de la vida del verraco va existir una ganancia de peso al día, debido al propio fisiologismo del desarrollo del animal. Estas necesidades de crecimiento estarán en función de cuales sean las metas u objetivos que nos proponemos con nuestros verracos en las diferentes etapas de su vida o, lo que es lo mismo, que peso deseamos que tengan en función de su edad. Se recomienda una ganancia media diaria de 500, 400, 300, 200 y 100 g/día a los 100, 150, 200, 250 y 300 kg, respectivamente. De ahí que se deba procurar en la fase de crecimiento el proporcionar la cantidad de alimento adecuada para obtener aumentos corporales siempre proporcionados a la edad del verraco. (Quiles, 2017)

Por lo tanto, las necesidades de crecimiento estarán en función de la ganancia media diaria y para calcular dichas necesidades energéticas hemos de tener en cuenta una serie de parámetros como lo son:

- ✓ 1 g de proteína tiene un valor de 5.7 kcal de E.M. y 1 g de grasa 9.5 kcal de E.M.
- ✓ La eficacia de transformación de la energía metabolizable de la dieta es del 57% para la proteína y del 74% para la grasa.
- ✓ Cada kilo de ganancia de peso equivale a 160 g de proteína y 250 g de grasa.

Para todo esto, las necesidades energéticas para un crecimiento al día de un kilo serían:

E.M. para una G.M.D. de 1 kg = 160 de proteínas x requerimiento necesario para la deposición de 1 g de proteína (5.7/0.54) + 250 g de grasa x requerimiento necesario para la deposición de 1 g de grasa (9.5/0.74) = 4900 kcal de E.M., lo que viene a representar unas 5020 kcal de E.D. (Quiles, 2017)

Las necesidades de crecimiento junto con las de mantenimiento representan el 95% del total de las necesidades energéticas. El resto de las necesidades están relacionadas con la actividad de la cópula y la producción seminal. (Quiles, 2017)

2.4.3 Actividad física

La monta a una cerda o al maniquí significa un gasto de energía por parte del verraco en forma de calor y que fue calculado por Kemp y cols., (1990) mediante la siguiente ecuación:

Necesidades para la cubrición (kcal. De E.M./monta) = 4.3 kcal/kg de P.M. Siendo P.M. (peso metabólico) = PV 0.75. (Quiles, 2017)

2.4.4 Producción de esperma

Se estima que el contenido en energía y proteína de 250 ml de eyaculado porcino contienen 250 kcal y 37 g/kg, respectivamente. Si la eficiencia energética del proceso es del 60%, las necesidades energéticas para la producción de semen son de 150 kcal de E.M./monta. (Quiles, 2017)

a) Necesidades proteicas

Las necesidades en proteína para mantener la producción seminal en el verraco son pequeñas (5-10 g de proteína/día), además el contenido de aminoácidos del semen es bastante bajo (40-90 mg de aminoácidos /100 g de semen), por lo que las necesidades globales de proteínas para los verracos sexualmente activos no deben ir más allá de 230-270 g de proteína/día. (Quiles, 2017)

b) Necesidades en fibra

No hay evidencias científicas de que los aportes extra de fibra influyan en los parámetros reproductivos de los verracos. (Quiles, 2017)

El aporte de fibra a la ración cumple las siguientes funciones en el verraco:

- ✓ Reducir costos de alimentación

- ✓ Aumentar la sensación de saciedad y evitar el sobrepeso
- ✓ Mejora el nivel de bienestar de los animales
- ✓ Facilitar el tránsito intestinal y evitar el estreñimiento
- ✓ Evitar fermentaciones anómalas y la producción de toxinas que pueden llegar a afectar el desarrollo normal de los espermatozoides al ser el epidídimo muy permeable

Para ello bastará con al menos 6-7 % de fibra en el alimento, dependiendo de la calidad de la misma. (Quiles, 2017)

c) Necesidades en ácidos grasos

Los ácidos grasos poliinsaturados juegan un papel importante en la reproducción, ya que son precursores de prostaglandinas y forman parte de los lípidos estructurales de las membranas de los espermatozoides, participando en la permeabilidad y funcionamiento celular. En los espermatozoides y en el plasma seminal suponen hasta un 70% del total de ácidos grasos. (Quiles, 2017)

Los requerimientos de ácido linoleico y araquidónico son de 7 y 5 g/kg de alimento, respectivamente. (Quiles, 2017)

d) Necesidades en minerales

Tanto el aporte de minerales como el de vitaminas no deben ser olvidados si no queremos tener problemas de aplomos y de baja producción espermática. (Quiles, 2017)

- ✓ El calcio y fósforo, junto con la vitamina D3, intervienen en el crecimiento óseo y desarrollo de los aplomos. Estos minerales son los más importantes en la formulación de los alimentos de los verracos. Sus necesidades son aproximadamente de 25 g/día y 19.5 g/día, para calcio y fósforo, respectivamente. El alimento debería contener un 0.8-0.9 % de calcio y un 0.7- % de fósforo; relaciones desproporcionadas entre ambos minerales pueden conllevar problemas locomotores.
- ✓ El zinc interviene activamente en la producción de espermatozoides, por estar involucrado en el desarrollo de las células de Leydig. Además, actúa como cofactor de muchas metaloenzimas. Las necesidades son de 250-300 mg/día, por lo que el alimento debería contener 100 mg/kg. se sabe que elevadas cantidades de calcio en la ración disminuyen la biodisponibilidad del zinc.

- ✓ El aporte de Manganese mejora notablemente la calidad del semen. Sus necesidades son de 100 mg/día. El alimento ha de contener 50 mg/kg. Los alimentos ricos en maíz pueden ocasionar deficiencias de este oligoelemento.
- ✓ Generalmente el selenio va unido a la vitamina E y ambos mejoran la fertilidad del verraco. Un déficit de ambos puede ocasionar a largo plazo una degeneración testicular. Para una óptima fertilidad son suficientes con 0.20 mg/kg de M.S.
- ✓ El yodo forma parte de las hormonas tiroideas, principalmente de la T3. El alimento debe contener entre 0.5-0.8 mg/kg.
- ✓ Tanto el sodio como el cloro mantienen la presión osmótica regulan el equilibrio ácido-base y controlan el metabolismo hídrico del verraco. Se añade al alimento entre 0.3-0.5 % de cloruro sódico para satisfacer las necesidades de sodio, pero ello conlleva un exceso de cloro que puede ser perjudicial para el verraco al afectar al balance electrolítico, acidificando el medio.
- ✓ El hierro forma parte de la hemoglobina y de enzimas proteicos hemo-citocromos, interviniendo en el transporte de oxígeno. El alimento debe contener 100 mg/kg.
- ✓ El cobre participa activamente en la reproducción del verraco al formar parte de varias enzimas. El alimento debe contener 15 mg/kg.
- ✓ El magnesio interviene en la calidad de los aplomos al ir ligado al calcio y fósforo. El alimento debe contener 400 mg/kg.
- ✓ El potasio mantiene una relación estrecha con la excitabilidad nerviosa y muscular y con el equilibrio hídrico y ácido-base del verraco. El alimento debe contener 2.0-2.5 g/kg.

Tabla 2. Recomendaciones prácticas de macrominerales y microminerales para el verraco.

Macrominerales	Cantidad	Microminerales	Cantidad (mg/kg de alimento)
Calcio	0.8-0.9 %	Hierro	100
Fosforo total	0.75%	Zinc	100
Magnesio	400 ppm	Manganese	30
Potasio	0.25 %	Cobre	5
Cloro	0.15 %	Yodo	0.5
Sodio	0.15%	Selenio	0.30
		Cobalto	0.1

e) Necesidades vitamínicas

Parece ser que las necesidades de los verracos son, muy similares a las de las cerdas reproductoras, aunque en algunas de ellas existan importantes diferencias debido a su papel en la producción de espermatozoides y mantenimiento de los aplomos. (Quiles, 2017)

- ✓ El aporte de biotina previene lesiones en las extremidades y aplomos. El alimento debe contener 0.5-1 mg/kg.
- ✓ La vitamina E influye en la maduración espermática y mantiene la integridad de la membrana espermática. Su deficiencia ocasiona disminución de la fertilidad por degeneración testicular. El alimento debe contener 40-80 UI/kg.
- ✓ Los cerdos tienen capacidad para sintetizar vitamina C y, por lo tanto, de cubrir sus necesidades. No obstante, antes situaciones de estrés (sobre todo ante las altas temperaturas) el aporte extra de vitamina C mejora la situación, aumentando la síntesis de testosterona. Para ello se recomienda un aporte extra de 500 mg/día. El alimento debe contener 300-500 mg/kg.
- ✓ La vitamina D3 interviene en la calidad de los aplomos y osificación de los huesos. El alimento debe contener 550 UI/kg. La ingesta máxima del verraco no puede exceder de 2000 UI.
- ✓ La vitamina A tiene un efecto positivo sobre la libido del verraco e interviene en la formación y mantenimiento del tejido epitelial. Sus necesidades oscilan entre 10,000 y 15,000 UI. El alimento debe contener 5500 UI/kg.
- ✓ La vitamina K interviene en los procesos de coagulación. El alimento debe contener 1.5-3 mg/kg.
- ✓ La colina interviene en el desarrollo osteomuscular y, por tanto, en los aplomos. El alimento debe contener 1.5 mg/kg.

Las necesidades para otras vitaminas son: niacina (30 mg/kg de alimento), riboflavina (7 mg/kg de alimento), ácido pantoténico (20 mg/kg de alimento) y ácido fólico (1.2 mg/kg de alimento). La suplementación de vitamina B6 y de ácido fólico durante los periodos de recogida seminal intensiva, mejora la producción seminal e incrementa la proporción de células espermáticas con motilidad. (Quiles, 2017)

Tabla 3. Recomendaciones prácticas de vitaminas para el verraco.

Elemento	Cantidad
Vitamina A	5500 UI/kg
Vitamina D	500 UI/kg
Vitamina E	40-80 UI/kg
Vitamina K	1.5-3 mg/kg
Vitamina C	300-500 mg/kg
Biotina	0.5-1 mg/kg
Colina	1.5 mg/kg
Niacina	25-40 mg/kg
Riboflavina	5-7 mg/kg
Ácido pantoténico	15-25 mg/kg
Cobalamina	30 mg/kg
Tiamina	1.5 mg/kg
Piridoxina	1.5-2.5 mg/kg
Ácido fólico	1-1.5 mg/kg

f) Necesidades en agua

El mantenimiento del equilibrio hídrico es extremadamente importante, ya que pequeños cambios en el mismo pueden causar serios daños en el verraco, siendo los mecanismos internos de regulación de la sed y de la orina altamente sensibles. (Quiles, 2017)

Ante la ausencia de necesidades estándares, los estudios sobre consumo de agua en el ganado porcino han ayudado a predecir cuál sería el requerimiento de agua. Por término medio el verraco va a ingerir cuatro veces más cantidad de agua que de alimento, de manera que podemos hablar de un consumo medio de 10-15 L/día. Cuando la temperatura en el interior de la nave es muy elevada, las necesidades hídricas se pueden ver incrementadas entre un 15 y un 75%. (Quiles, 2017)

Junto al consumo de agua deberíamos vigilar la calidad del agua, ya que una mala calidad de la misma, al margen de provocar trastornos entéricos, puede afectar al crecimiento y a la producción espermática del verraco. (Quiles, 2017)

g) Manejo de la alimentación

A medida que aumenta la ingesta de alimento al día aumenta el número de células espermáticas por eyaculado; si bien una alimentación *ad libitum* provoca una excesiva ganancia diaria de peso, pudiendo llegar incluso al kilo por día, lo que conlleva a un sobrepeso y un excesivo engrosamiento en el animal. Esto origina problemas podales y de falta de libido, además los verracos pesados montan con dificultad a las cerdas, o bien, al maniquí en los centros de inseminación. Se estima

que el 50% de los verracos que son eliminados lo son como consecuencia del sobrepeso. (Quiles, 2017)

Por el contrario, cuando la ingesta de alimento disminuye repercute negativamente en la calidad del semen. Unos niveles bajos en energía y proteína disminuyen el volumen del eyaculado, la fracción gelatinosa del eyaculado, la concentración espermática del semen y la producción de espermatozoides. (Quiles, 2017)

La alimentación debe ser siempre la idónea evitando caer en el extremo del defecto o del exceso. Solamente con un hábitat y un manejo adecuado se obtendrá el grado de ingesta adecuado y la máxima rentabilidad del verraco. (Quiles, 2017)

De forma general podemos decir que el aporte de alimento a un verraco oscila entre 2.2 y 3.2 kg de alimento/día; dependiendo de la raza, la actividad sexual, la época del año, la temperatura ambiente y, sobre todo, del peso vivo. (Quiles, 2017)

En otro orden de cosas, es importante que no se haga trabajar al verraco dentro de las dos horas posteriores a la comida, ya que se corre el riesgo de que se presenten problemas cardiacos o vómitos. (Quiles, 2017)

Hay que realizar una vigilancia del estado corporal de los animales. En caso necesario se procederá a revisar la formulación de los piensos. A veces es conveniente implantar choques vitamínicos periódicos. (Higuera & García Ruvalcaba, 2003)

Tabla 4. Raciones y tipo de alimento para el verraco de acuerdo a su edad y peso.

	Cantidad/día	Tipo de alimento	Energía D.	P.B. (%)
Verracos jóvenes (100-175 kg)	2-2.5 kg	Verracos lactación	o 3000-3200 kcal.	14-16%
Verracos adultos (175-300 kg)	2.5-3 kg	Verracos gestación	o 2800 kcal.	12.5-15%

2.4.5 Condición corporal

La condición corporal es importante para mantener óptimos niveles de libido, producción de semen y una adecuada habilidad de montar en el potro de colección. El objetivo es que el 90% de los sementales del centro tengan una condición corporal normal. (PIC, 2013)

Los comederos deben ser ajustados cada dos semanas para mantener una condición corporal apropiada y una buena producción de semen. El mantenimiento adecuado de la condición corporal ayudará a mantener un buen nivel de libido y una correcta habilidad de trabajo de los sementales. (PIC, 2013)



Figura 3. Semental con condición corporal normal.



Figura 4. Semental con baja condición corporal (complexión delgada).



Figura 5. Semental con alta condición corporal (complexión robusta/obesa).

2.5 MANEJO DE LA REPRODUCCIÓN

2.5.1 Selección de reproductores

La selección de los cerdos para reproducción es uno de los factores clave en la producción porcina. Influye en la eficiencia con que los animales se reproducen y, definitivamente, afecta la economía

y la calidad de los productos finales a través de los genes que fueron transmitidos durante el proceso reproductivo. En términos generales, podemos decir que los resultados económicos de la producción en su conjunto (la eficiencia, eficacia y calidad) dependen de alrededor del 50% de la calidad genética de los reproductores utilizados en la explotación, y la otra mitad en función del tipo de sistema de producción y calidad del manejo practicado. (Santos Silva, y otros, 2012)

Después de la primera decisión y una vez elegida la genética de base, los futuros reproductores deben proseguir un buen crecimiento y entrenamiento hasta la pubertad, edad de entrada en la reproducción. La calidad genética de sus hijos en relación con el sistema de producción y el manejo animal determinará la eficacia de la reproducción, la eficiencia de la producción de carne y la calidad de los productos finales. (Santos Silva, y otros, 2012)

2.5.2 Reemplazo anual de animales de cría

Los animales envejecen y se desgastan a lo largo de su vida reproductiva por lo que una proporción de lo efectivo de reproducción debe ser reemplazado cada año. El porcentaje de animales substituidos (la tasa de reposición anual) es lo que resulta naturalmente del envejecimiento y de las causas forzadas (accidentes, enfermedad, incapacidad para reproducirse) que resultan en la pérdida de fertilidad. (Santos Silva, y otros, 2012)

Se requiere una buena planificación en la estructura de edad del efectivo animal, del establecimiento de criterios equilibrados para la sustitución, conocer el origen y la genética de los jóvenes reproductores y la aplicación de los regímenes de selección y mejoramiento más adecuados en el contexto económico de la ganadería porcina. La gestión de la reposición de los animales de cría en última instancia, determina las posibilidades de éxito y el fracaso de la producción porcina. (Santos Silva, y otros, 2012)

2.6 ALOJAMIENTO DEL VERRACO

Para el alojamiento del verraco debe contemplarse el bienestar animal. Las verraqueras deben estar ubicadas y construidas de forma que los machos puedan darse la vuelta y además les permita tener contacto audio-visual y olfativo con el resto de los sementales. La superficie mínima de la jaula será de 6.0 m². (Santos Silva, y otros, 2012)

Los corrales deben tener una adecuada ventilación y un movimiento de aire suficiente para reducir los niveles de amoniaco y los niveles de olor, manteniendo una temperatura ambiental aceptable tanto para los sementales como para el personal del centro. (PIC, 2013)



Figura 6: Verraquera con suficiente espacio para la movilidad del semental.

La parte trasera de las jaulas no debe ser sólida, debe ser de barras abiertas para crear un flujo adecuado de aire y una temperatura óptima alrededor de los testículos de los sementales. (PIC, 2013)

Existen diferentes tipos de suelo, todos tienen sus ventajas e inconvenientes, algunos permiten invertir menos tiempo de limpieza. Por lo tanto, debemos determinar en primer lugar la genética y el tipo de conformación de semental con el que vamos a trabajar y así establecer el tipo de suelo y cama que mejor se adapte a nuestras necesidades. Entre las condiciones ambientales que podemos indicar como favorables están: temperatura optima: 20°C con slat total y 13°C sobre cama; temperatura máxima 27°C; 75% de humedad relativa a 25°C; ventilación: 30 m³/hora mínimo y entre 150 a 200 m³/hora, máximo en verano; velocidad del aire: menos de 4m/s en verano y menos de 1.5 m/s en invierno; calefacción: 250 w; caudal de los bebederos: 3 l/min.; iluminación natural de buena calidad completada por iluminación artificial hasta un total de 12-14 h de luz. (Santos Silva, y otros, 2012)



Figura 7. Tipo de suelo combinado en corral para sementales (slat y firme).

La temperatura óptima para la producción de espermatozoides es entre 18-20°C. Rociadores, atomizadores, refrigeración por evaporación y aire acondicionado son usados para controlar la temperatura de la posta, pero se debe evitar crear un medio ambiente húmedo. La humedad relativa en la posta de sementales debe ser entre 40 y 65%. (PIC, 2013)

Cuando la humedad y temperatura están afuera del rango optimo, se requerirá cambiar el flujo de aire para dejar salir apropiadamente el exceso de calor y reemplazarlo con aire más fresco y más seco. (PIC, 2013)

Incrementar el flujo de ventilación para mejorar la humedad relativa cuando la temperatura exterior es superior a la deseada, no mejorará la humedad relativa. (PIC, 2013)

El objetivo de un programa de ventilación es alcanzar la temperatura deseada del cuarto y humedad, a través de la remoción del calor húmedo para crear confort. (PIC, 2013)

Se puede utilizar agua para refrescar el ambiente por medio de goteros o enfriamiento por evaporación. El propósito de los sistemas de gotero es refrescar los testículos para optimizar la temperatura para la producción de espermatozoides. Tener más agua en el aire y en el piso incrementa el riesgo de elevar la humedad del ambiente, aumentar la probabilidad de desarrollar

cojeras y crea un ambiente ideal para el crecimiento bacteriano. Para secar el piso se debe aumentar la tasa de ventilación. (PIC, 2013)

2.7 MANEJO GENERAL DE LOS SEMENTALES

Los sementales maduros son grandes y fuertes y pudieran causar lesiones a los cuidadores durante el manejo de los animales. Se debe tener especial cuidado cuando se mueven, tratan o toman muestras de los sementales. Si es necesaria una examinación detallada o se requiere de un tratamiento, el semental debe ser manejado de manera segura, efectiva y humanamente moderada. (PIC, 2013)

El operario asignado debe supervisar los corrales diariamente, identificando a los animales que no han comido lo suficiente, levantando a los sementales al momento de la alimentación para buscar signos de cojeras y también para identificar problemas de tos u otros problemas respiratorios. (PIC, 2013)

Se debe colocar tapetes bajo los sementales con problemas en las pezuñas para asegurar su confort y promover su recuperación. Debe haber suficientes tapetes para cubrir al 10% de los machos de la posta. (PIC, 2013)

Se debe llevar un registro de todos los sementales que estén en tratamiento o que no estén comiendo lo suficiente. (PIC, 2013)

Cuando se coloque a los sementales en el centro, éstos deben ser ubicados por línea genética y luego por edad. Agrupando juntos a los machos jóvenes y evitar mezclarlos con machos adultos. (PIC, 2013)

Optimizar las condiciones ambientales para los sementales es algo crítico por varias razones:

1. Se optimiza la producción de células espermáticas y se mejora la calidad del semen.
2. Se regulan los requerimientos de alimento para mantenimiento diario.
3. Controla el crecimiento bacteriano en el ambiente.
4. Promueve la salud y reducción de cojeras.

2.7.1 Método de entrenamiento

- **Entrenamiento para colección manual**

Antes de iniciar el entrenamiento, habrá que ajustar la altura del potro para que esté a la altura de los sementales jóvenes. El área de recolección deberá estar libre de corrientes y tener un buen piso. Nunca se debe entrenar a un semental antes de los 150 días de edad. (PIC, 2013)

Tenemos que identificar al personal que esté dispuesto a dedicar tiempo y sean pacientes para entrenar a los sementales jóvenes. Comenzar el entrenamiento entre los 3 y 5 días de la llegada del semental. Se debe asegurar que un sistema de registro se encuentre en su lugar para registrar el proceso de cada semental. Todos los machos deben de estar entrenados después de 4 semanas de iniciado el entrenamiento. (PIC, 2013)

- ✓ Remover cualquier fuente distractora en el área de colección.
- ✓ Los entrenamientos pueden realizarse en la propia verraquera utilizando un potro móvil o en la sala de colección.
- ✓ Asegurarse que el semental esté cómodo con el contacto humano y asegurarse de la seguridad del personal.
- ✓ El entrenamiento no debe superar los 15 minutos, deben realizarse todos los días en sesiones de mañana y tarde.
- ✓ El potro o maniquí debe tener una altura ligeramente más baja que los ojos del verraco. De esta forma, logramos que el macho apoye su cabeza como lo haría en el cortejo natural. Además, el potro debe situarse de tal forma que el verraco no pueda dar vueltas sobre el mismo.
- ✓ El operario debe fijar la atención del animal hacia el potro (acercar al hocico del animal una gasa impregnada con semen de otro verraco, colocándolo a continuación sobre el maniquí, forzando al semental a saltar sobre el potro).
- ✓ Para la estimulación de los verracos, se puede impregnar el maniquí con orina de cerdas en celo, feromonas sintéticas o eyaculados de otros machos.
- ✓ Una vez que el macho se haya acoplado perfectamente al maniquí, comenzará a realizar una serie de movimientos, exteriorizando el pene. El operario sujetará con firmeza la zona espiral del glande, sin ejercer gran presión hasta conseguir la amplexación total.
- ✓ Observe posibles problemas anatómicos en los sementales (por ejemplo, pene flácido, frenillo persistente) en este momento.

- ✓ El siguiente semental deberá ser colocado en la zona de calentamiento para ser preparado para el entrenamiento mientras que el primer semental está siendo colectado.
- ✓ Si el semental no muestra interés para montar el potro en 10 minutos, llévelo al área de calentamiento y administre una prostaglandina natural. Espere 5 a 10 minutos y trate nuevamente de colectarlo.
- ✓ Es muy importante que el animal al igual que sube al potro y exterioriza el pene, sea él quien decida cuando ha terminado la monta. Por tanto, el operador debe esperar hasta el final de la eyaculación y retractación del pene.
- ✓ Una vez que el semental ha sido entrenado, repita el proceso tres días seguidos para reforzar su experiencia de aprendizaje.
- ✓ Finalizado el periodo de entrenamiento, el ritmo de colectas se establecerá dependiendo de la calidad seminal que presenten los verracos.



Figura 8. Entrenamiento a un macho joven para colección manual en el área de cuarentena.



Figura 9. Potro impregnado con eyaculados de otros machos en el área de cuarentena.

2.7.2 Entrenamiento usando un Sistema de Colección Automatizado

El sistema de colección automática incluye un cérvix artificial (CA), un brazo deslizante, un cérvix artificial sujetador y un potro. El CA imita el cérvix de la cerda y brinda presión para estimular al semental. El brazo deslizante permite movimientos hacia delante y atrás durante la colección. (PIC, 2013)

- ✓ Siga los pasos anteriormente mencionados para el primer día de recolección.
- ✓ Al segundo día, colecte la primera porción del eyaculado manualmente por aproximadamente un minuto con la mano izquierda.
- ✓ Después de un minuto asegure el pene al sistema de colección automática y permita al semental terminar la colección.
- ✓ Repita el proceso en el día 3 de entrenamiento.
- ✓ El tiempo de aclimatación de cada semental al sistema dependerá de cada individuo.

No debemos olvidarnos del papel fundamental que tiene el técnico, operador o cuidador en todo este proceso; debe tener una buena predisposición para entrenar a los verracos. En primer lugar, deberá ganarse la confianza de los sementales. Además, es muy importante que conozca el comportamiento sexual del verraco y pueda valorar las reacciones de los mismos frente al maniquí para establecer el mejor plan de trabajo en el entrenamiento. (Santos Silva, y otros, 2012)

2.8 Evaluación reproductiva del verraco

Tanto los centros de inseminación artificial (CIA) como las granjas que disponen de verracos y realizan la técnica de inseminación artificial (IA), tienen como objetivo, optimizar la vida productiva de los machos. Por lo tanto, se hace necesario un protocolo de manejo que tenga presente tanto al semental (características anatomo-fisiológicas y de comportamiento), como factores externos (medio ambiente, nutrición, sanidad). (Santos Silva, y otros, 2012)

En el examen andrológico se tienen que tomar en cuenta varios factores como la edad, la estación del año, el nivel nutricional, la presencia de enfermedades intercurrentes, el manejo, las interacciones sociales y otros factores ambientales que puedan afectar su fertilidad. Su aptitud reproductiva depende primariamente de su salud general y su bienestar, y en segundo plano de la función de su sistema endocrino y de sus testículos, su tracto genital y sus glándulas sexuales accesorias, todo lo cual incide en la eficiencia de su capacidad de servicio. (Rodríguez-Martínez, 2008)

La evaluación de la aptitud reproductiva persigue un sólo propósito; llegar a un diagnóstico que nos permita pronosticar el uso del reproductor o de su semen. La evaluación se compone del examen clínico del reproductor, incluyendo su capacidad para servir hembras, así como de la calidad de su semen y, en última instancia, del análisis de su fertilidad, probada mediante registros apropiados. (Rodríguez-Martínez, 2008)

En el nivel de la eficiencia reproductiva, las características más importantes son aquellas que se relacionan con el rendimiento económico por unidad de los factores físicos. Buenos ejemplos de estos indicadores son el índice de conversión alimenticia (ICA), la ganancia media diaria (GMD), la edad de entrada en la reproducción, la tasa de fecundidad (TF) y la productividad numérica (Pn). (Santos Silva, y otros, 2012)

2.8.1 El examen clínico

El examen clínico debe ser siempre iniciado por una identificación sólida del reproductor (raza, edad, tatuaje, número de identificación, registro, etc.) así como la recolección de una historia clínica lo más completa posible, que incluya datos de manejo, historial nutricional, enfermedades o afecciones previas, uso previo como reproductor (incluyendo anotaciones de comportamiento) y resultados de fertilidad). El verraco debe inspeccionarse en el reposo y en movimiento prestando atención especial al sistema locomotor musculoesquelético, con énfasis en la conformación de los miembros posteriores (aplomos). Cuando exista sospecha de afección, el examen se hace más intensivo y específico. (Rodríguez-Martínez, 2008)



Figura 10. Identificación del semental.

El examen físico andrológico debe incluir la inspección del prepucio y pene (durante la colección de semen), la inspección y la palpación del escroto y su contenido (incluyendo la mensura del

ancho del escroto, la mensura testicular y los hallazgos palpatorios en epidídimo y testículo; en este último describiendo la elasticidad y la resistencia del órgano a la palpación superficial y profunda, respectivamente). Muestras de sangre para serología se toman en caso de sospecha durante el examen clínico. (Rodríguez-Martínez, 2008)

Antes de adquirir un verraco, debemos estar seguros de que el animal sea sano y de que tenga sus dos testículos, puesto que si uno de ellos faltara (monorquidia), o ambos (criptorquidia), se encontraría con problemas de fertilidad en la piara. (FAO, 2013)



Figura 11. Semental con testículos uniformes.

2.8.2 Colección del semen

Los sementales siempre deberán ser llevados al área de calentamiento antes de la colección. Esto le permite al semental prepararse para ser colectado. El prepucio debe limpiarse en el área de calentamiento y asegúrese de que el divertículo del prepucio esté libre de contenidos. El vello alrededor del prepucio deberá ser recortado periódicamente. (PIC, 2013)

La higiene deberá ser mantenida durante la colección para limitar la contaminación bacteriana. El método del guante doble es preferido. (PIC, 2013)



Figura 12. Método del doble guante para evitar contaminación bacteriana.

La colección del semen debe hacerse en una sala de colección. Esta sala debe tener unas dimensiones que permita al verraco centrar toda su atención en el maniquí. En un centro de inseminación unos de los puntos que inciden directamente en la productividad del mismo, es el tiempo que tarda el animal en eyacular. Por esta razón, el diseño de la sala debe permitir ahorra el mayor tiempo posible en cuanto al manejo de los animales tanto a la entrada como salida de la sala

de colección. Debemos disponer de un tapete antideslizante de tal manera, que el animal se sienta seguro en todo momento. (Santos Silva, y otros, 2012)



Figura 13. Monta con tapete antideslizante.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que todo el material que va a estar en contacto con el eyaculado debe estar limpio, esterilizado y atemperado a 37°C. (Santos Silva, y otros, 2012)

La colección puede hacerse con vagina artificial (VA) o manualmente, ya sea con mano enguantada (el llamado método japonés) o introduciendo el pene en un cilindro de goma descartable. (Rodríguez-Martínez, 2008)



Figura 14. Colección de semen con la técnica de la mano enguantada.

Actualmente existen en el mercado dos tipos de potros de colección automática que reducen notablemente la contaminación del eyaculado. Al sujetar horizontalmente el pene, el eyaculado cae directamente sobre el termo de colección, donde se ha colocado una bolsa con filtro de gasa que impide la presencia de grumos gelatinosos (tapioca), impidiendo la gelificación del contenido seminal. (Santos Silva, y otros, 2012)

Todos los métodos deberán utilizar un filtro para remover el material gelatinoso. (PIC, 2013)

Después de la recolección, el filtro deberá ser removido de la bolsa en la zona de colección y no debe entrar en el laboratorio. (PIC, 2013)

Una vez obtenido el eyaculado, debe llevarse inmediatamente al laboratorio para su contrastación y procesado, evitando en todo momento choques térmicos, manteniendo la muestra del eyaculado a 37°C en el baño María. (Santos Silva, y otros, 2012)

La identificación clara y precisa del semental, la genética y el colector deben ser registrados y pegados a la bolsa o al contenedor con contiene el semen. (PIC, 2013)

Todos los sementales, independientemente de la demanda de semen, deben ser colectados regularmente. Generalmente, las líneas maternas deberán ser recolectadas una vez por semana sin importar la edad. (PIC, 2013)

Después de que las colecciones son terminadas, el área de colección debe ser lavada diariamente con agua caliente a alta presión. Las áreas de limpieza incluyen el área de pre-calentamiento, corrales o jaulas de colección, potro de monta y tapetes. Después del lavado, el área debe estar limpia de material orgánico (excremento, semen). Una vez por semana se debe desinfectar el área de colección después del lavado con un producto hecho específicamente para instalaciones de animales. Se debe asegurar incluir todas las superficies (paredes, barras de las jaulas). (PIC, 2013)



Figura 15. Área de colección limpia y desinfectada.

2.8.3 Técnicas de colección del semen

El semen se colecta en una bolsa de plástico montada en un termo o en un recipiente aislante de boca ancha. La apertura del recipiente se cubre y fija con gasa a los efectos de evitar el contacto de la secreción gelificante de las glándulas bulbouretrales con el resto del eyaculado. Se deja que el verraco entre al área de colección y se familiarice con el ambiente y el potro de colección, una vez que el verraco haya montado en forma correcta el potro, en caso de usar VA se deja que el macho haga movimientos de búsqueda con su pene y que le permite penetrar la VA con una buena cantidad de aire en su cámara (mitad de agua templada y aire), a partir de cuyo momento se comienza a pulsar un manguito de goma acoplado a la válvula de VA de modo que la presión dentro de la VA aumente y pulse rítmicamente. (Rodríguez-Martínez, 2008)

En caso de usar el método japonés, se permite también que el verraco haga movimientos de búsqueda de la vulva o por debajo del potro y cuando los movimientos de búsqueda disminuyen, se atrapa el glande del pene (porción espiralada) con la mano y se ejerce fuerte presión manual sobre el espiral. (Rodríguez-Martínez, 2008)

Evite coleccionar la fracción pre-espermática dentro del contenedor. Esta es típicamente una emisión clara que contiene orina y bacterias. (PIC, 2013)

En el caso de usar un cilindro descartable de goma se coloca el glande del pene dentro del cilindro y se aplica una presión moderada con la mano sobre el cilindro. (Rodríguez-Martínez, 2008)

La presión aplicada sobre el glande del pene (ya sea con VA, cilindro o mano) provoca la eyaculación que demora más o menos entre 5 y 15 minutos dependiendo del verraco. (Rodríguez-Martínez, 2008)

2.8.4 Fracciones en el eyaculado del verraco

El eyaculado del cerdo es fraccionado y consiste de una primera fracción que en principio solo contiene secreción de la próstata y algo de gel de las glándulas bulbouretrales (acuosa, translúcida a opaca en color). La segunda porción del eyaculado, fácilmente identificable por su color blanco a lechoso, se llama fracción rica en espermatozoides a la que le sigue otra fracción (post-espermática) donde el número de espermatozoides disminuye rápidamente y donde la secreción creciente de las vesículas seminales y de las glándulas bulbouretrales dominan (la fracción post-espermática vuelve a ser translúcida u opaca, dependiendo de la secreción bulbouretral que contenga). (Rodríguez-Martínez, 2008)



Figura 16. Fracción rica en espermatozoides del eyaculado.

El volumen del eyaculado varía normalmente dentro de un rango importante (100 a 300 ml) pero si el volumen colectado es menor a 50 ml y la concentración espermática muy baja, hay razón para pensar que la eyaculación (colección) no ha sido completa y debe repetirse. La presión manual (o la presión de VA) sobre el espiral peneano debe mantenerse durante toda la eyaculación. Solo se disminuye la presión cuando el verraco intenta hacer nuevos movimientos de búsqueda, lo que marca que la eyaculación ha terminado. (Rodríguez-Martínez, 2008)

El esperma colectado debe evaluarse lo más rápidamente posible luego de la colección, aunque puede mantenerse en el termo de colección hasta una hora luego del muestreo. (Rodríguez-Martínez, 2008)

2.9 MANEJO DEL SEMEN

2.9.1 Llegada del semen al laboratorio

Una posta que pasa el semen al laboratorio a través de una ventana, debe tener una cámara de calentamiento para pre-calentar los termos de colección antes de la colecta. Debe estar programada a 37°C. (PIC, 2013)

Una posta que utiliza un sistema de entrega de tubo neumático debe tener también una cámara de calentamiento cerca al área de colección. (PIC, 2013)

El eyaculado de los sementales necesita ser claramente identificado con el arete del semental y con la línea genética. Los técnicos de granja necesitan evitar pasar contenedores sucios a través de la ventana. (PIC, 2013)

Los técnicos del laboratorio deben estar atentos cuando el eyaculado llegue a la ventana, ya que este debe ser diluido dentro de los 10 minutos de su llegada. (PIC, 2013)



Figura 17. Recepción del semen en el laboratorio.

2.9.2 Evaluación seminal

Directamente luego de la colección del eyaculado se examina su color, su densidad, su aspecto, así como la concentración y motilidad espermáticas. Para determinar si existe presencia de sangre u orina en el eyaculado. (Rodríguez-Martínez, 2008) (PIC, 2013) Luego de esta evaluación inmediata se preparan muestras para la evaluación morfológica del semen. Por último, se determina el volumen del eyaculado (por medición volumétrica o peso específico, 1g / 1ml) y en caso de su uso previsible, se extiende el eyaculado con diluyentes apropiados. (Rodríguez-Martínez, 2008)

Una vez que el semen llega al laboratorio, utilizando un microscopio se debe evaluar la motilidad y morfología de los espermatozoides y los resultados deben cumplir con los estándares de calidad. (PIC, 2013)



Figura 18. Evaluación del semen a su llegada al laboratorio.

Tabla 5. Criterios de aceptación de la calidad del semen.

Característica	Umbral
Motilidad total	Mayor o igual al 80%
Espermatozoides normales	Mayor o igual al 70%
Gotas citoplasmáticas, proximales y distales	Menor al 15%
Aglutinación	Menor al 30%

Color: Es normalmente gris a blanco grisáceo. En caso de haberse colectado solamente la segunda fracción (rica en espermatozoides) el color se hace o más blanco o tira a amarillento, dependiendo del verraco y de la concentración espermática. La contaminación con sangre, suciedad o flóculos se considera inaceptable. (Rodríguez-Martínez, 2008)

Concentración espermática: Es un parámetro muy variable, tanto en individuos de una misma raza como así también, entre verracos de diferentes razas. Depende de varios factores como: edad; frecuencia en la obtención del semen, es decir el régimen de extracciones a la que es sometido el verraco; época del año. La importancia de la concentración espermática radica en que de ésta depende, junto al volumen del eyaculado, el número total de espermatozoides del eyaculado y este valor nos indicará la dilución a efectuar a dicho material seminal, de acuerdo al número de

espermatozoides que consideremos adecuado para cada dosis o unidad de inseminación. (Arisnabarreta & Allende, 2017)



Figura 19. Toma de muestra de semen fresco para determinar la concentración espermática por medio del espectrofotómetro.

Las opciones para medir la concentración del eyaculado incluyen hematocitómetro, fotómetro, espectrofotómetro o los sistemas CASA (PIC, 2013)

Las técnicas apropiadas de mezclado de semen fresco y de pipeteo son importantes para asegurar tener una muestra representativa del eyaculado diluido y así determinar la concentración total de espermatozoides. Dependiendo del equipo disponible, esto proporcionará una medición expresada como total de células espermáticas en millones por ml de semen fresco. (PIC, 2013)

El espermiograma es fundamental para detectar problemas de subfertilidad e infertilidad en los verracos. Con este control, optimizamos el uso de verracos con mayor capacidad fecundante. (Santos Silva, y otros, 2012)

Desgraciadamente la fotometría tiene un margen de error, y por ello se debe realizar (en forma periódica) un recuento manual de la concentración espermática, mediante el uso de muestras extendidas y un conteo en cámaras cuenta glóbulos. (Rodríguez-Martínez, 2008)

La cantidad total de espermatozoides por eyaculado es un parámetro importante ya que refleja indirectamente (en condiciones de colección seminal periódica) la capacidad de producción

gonadal y de almacenamiento en las reservas no gonadales del reproductor. (Rodríguez-Martínez, 2008)

El pH no es un parámetro que se controle rutinariamente en el trabajo del laboratorio. La mayor parte de las muestras son levemente alcalinas, con una media de 7.4. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

2.9.3 Características de los sistemas computarizados CASA (Computer Assited Sperm Analysis)

La principal característica de estos sistemas es la sustitución del análisis tradicional realizado por un técnico de laboratorio. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Este sistema de análisis automático computarizado de espermatozoides, realiza un recuento directo en la cámara utilizada por el equipo, haciéndolo sobre 10 campos microscópicos diferentes, que le otorgan una mayor exactitud al mismo. El sistema CASA otorga valores de recuento espermático ligeramente superiores, frente al espectrofotómetro debido a que la mayoría de éstos son calibrados por debajo del rango posible, con el fin que las mediciones realizadas otorguen cierto "margen de seguridad". (Arisnabarreta & Allende, 2017)

La valoración objetiva del semen es la realizada por medio del sistema CASA. En la evaluación a través de este sistema, el programa analiza 10 campos microscópicos diferentes y determina los siguientes parámetros:

1. Motilidad espermática total.
2. Motilidad progresiva.
3. Motilidad local.
4. Concentración espermática.
5. Morfología espermática (mediante un programa anexo).

Inicialmente se requiere de un sistema de captura de imagen, es decir, una cámara de video. Este es un detalle importante a la hora de valorar las capacidades de un sistema y la utilización de los resultados que aporta, pues tanto su resolución como la frecuencia de captura de imágenes hacen variar sensiblemente dichos resultados. En el mejor de los casos es óptimo utilizar cámaras de alta resolución y de velocidades de captura de sesenta imágenes por segundo. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Otro factor que se debe considerar, es el relacionado con la microscopía a utilizar, ya que para la mayoría de las especies ganaderas se requiere de una iluminación por contraste de fase negativo. Este detalle es fundamental en aquellas especies con espermatozoides de estructura lateral plana (cerdo), que no resultan adecuadamente visibles con el contraste de fase positivo. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Los primeros sistemas CASA aparecieron durante la década de los setenta del siglo XX y se basaban en técnicas estroboscópicas de iluminación, que dejaban un halo del movimiento celular en una película fotográfica. Los primeros valores objetivos se obtuvieron con métodos directos como la cine-video-micrografía. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Los sistemas abiertos consisten en la utilización de un microscopio convencional, que lleva adaptada una cámara en su tercer ojo, conectada a un CPU convencional donde se instala el software específico. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Existen variaciones importantes que se presentan en el algoritmo de análisis de los sistemas CASA. En el análisis de movilidad, estas diferencias se refieren a la forma en que se definen los objetos a analizar (cabezas de los espermatozoides), el seguimiento de sus trayectorias, la capacidad de discriminar la presencia de cruzamientos entre las mismas, el número de espermatozoides a analizar, el tiempo de cálculo y las fórmulas utilizadas para el establecimiento de los diferentes parámetros a evaluar. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

En relación con el análisis morfométrico, los parámetros clásicos de anchura, longitud y elipticidad no son suficientes para obtener resultados satisfactorios, por lo que, existen diferentes algoritmos para la discriminación de los límites celulares con el fondo y también, se presentan variaciones en la estimación de los parámetros entre sistemas, lo que implica la necesidad de uniformizar criterios y obtener nuevos parámetros de estimación. (Valverde & Madrigal-Valverde, 2018)

Es importante considerar que, independientemente del tipo de sistema utilizado, es necesario realizar trabajos de estandarización que definan las mejores condiciones de observación y análisis en cada tipo de ensayo y/o trabajo.

2.9.4 Características por el método de espectrofotometría

El método de espectrofotometría permite la medición de la muestra bajo parámetros de longitud honda, determinada según el tamaño celular y volumen de la muestra, transmitancia y absorbancia, como resultado del nivel de densidad de la misma. (Rodríguez, Franco, & Jiménez, 2008)

Este método es de rápida aplicación sin importar el grado de concentración del eyaculado que es evaluado. Además de ofrecer una menor variabilidad con respecto al método directo de conteo en cámara de Neubauer. (Rodríguez, Franco, & Jiménez, 2008)

La utilización del espectrofotómetro para medir la concentración de semen ha permitido que el procesamiento de muestras sea cada vez más rápido en comparación con el uso del aparato de rutina, la cámara de Neubauer o hematocitómetro. (Rodríguez, Franco, & Jiménez, 2008)

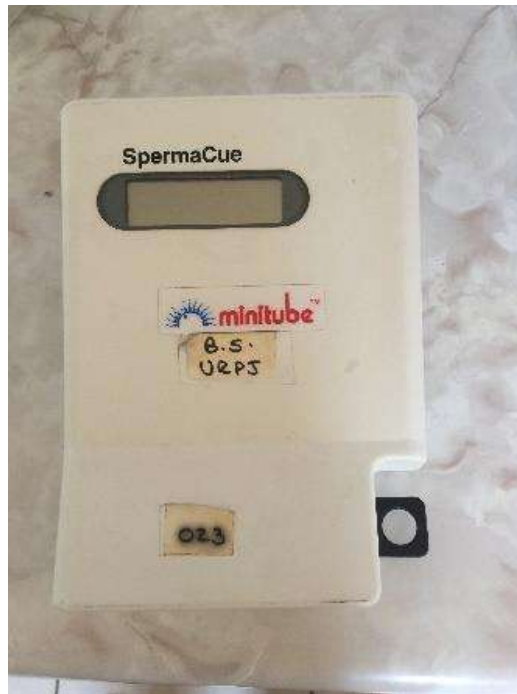


Figura 20. Espectrofotómetro (SpermaCue) para medir la concentración espermática.

Motilidad espermática: Debe determinarse colocando una gota pequeña (1-2 μ l) en un portaobjeto pre-calentado (38°C), tapando la gota con un cubreobjetos de tamaño adecuado (10x10 mm) y mirando la gota con a 200-400 aumentos en un microscopio equipado con óptica de contraste de fase. Una disminución de la temperatura conduce a una disminución de la movilidad y otros efectos indeseables en los espermatozoides, tenemos que recordar siempre el uso de material pre-calentado,

así como tener un microscopio equipado con platina térmica (38°C) para evitar errores de diagnóstico. (Rodríguez-Martínez, 2008)



Figura 21. Microscopio para determinar la motilidad espermática.



Figura 22. Platina térmica para atemperar portaobjetos, cubreobjetos y pipetas Pasteur.

La movilidad se estima generalmente en forma subjetiva, o sea que el operador estima el porcentaje de espermatozoides que muestran motilidad progresiva y linear. Si hay movimiento espermático anormal (movimientos en círculo, adhesión al vidrio, aglutinación) esto debe siempre registrarse, y repetir la observación con otras muestras. En un eyaculado considerado "normal" la movilidad espermática es usualmente de al menos un 70%. (Rodríguez-Martínez, 2008)

Menos de un 10% de los eyaculados deben ser descartados porque no cumplen con los criterios de calidad. Si este número es más alto, hay que realizar un análisis detallado de las razones de desecho para entender dónde existe el problema. (PIC, 2013)

Evaluación morfológica: En los últimos años se han logrado notables avances en el conocimiento de los mecanismos de la reproducción, así como en los métodos de investigación y diagnóstico de los trastornos de la fertilidad. Es por ello que el análisis del semen continúa siendo un examen imprescindible en el estudio de los machos utilizados en IA. Muchos son los factores de origen genético y/o ambiental que afectan, directa o indirectamente, la fertilidad del verraco. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

Es de enorme valor diagnóstico y requiere de un manejo adecuado de las muestras a analizar, las cuales se preparan en principio luego de haber evaluado la movilidad. También aquí es necesario recordar que tanto la solución taponada de formalina como los portaobjetos a ser usados estén temperados al momento del uso. (Rodríguez-Martínez, 2008)

La morfología espermática indica desviaciones del espermatogénesis y la maduración epididimaria y sus resultados, convenientemente evaluados, son usados para eliminar reproductores con semen de baja calidad para IA, en casos en los que éstos indiquen patologías genitales mayores. Desafortunadamente, cuando los parámetros morfológicos están dentro de límites aceptables, la morfología de la muestra seminal per se no nos provee de información suficiente para juzgar el nivel esperado de fertilidad del semen luego de la IA. (Rodríguez-Martínez, 2008)

El análisis de las alteraciones en la morfología del espermatozoide es de gran importancia para poder determinar la capacidad reproductiva y futuro del verraco. Si el porcentaje de anormalidades en la estructura de la célula espermática es elevado, el verraco será infértil o estéril. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

Durante la producción diaria de dosis seminales para IA, se deben desechar los eyaculados que presenten un porcentaje de formas anormales superior al 20%. Para ello es importante que, durante la evaluación de motilidad, se valore también el nivel de alteraciones morfológicas que presentan los espermatozoides: anomalías de la cabeza; pieza intermedia; cola y presencia de gotas citoplasmáticas, tanto proximales como distales. El origen de estas anomalías es diverso, algunas se producen a nivel testicular, durante la espermatogénesis e incluso durante su paso por el epidídimo. Otras aparecen durante o después de la eyaculación y se las considera debidas a errores en el manejo del semen en el laboratorio, durante el proceso de producción de dosis para IA o durante la conservación de las mismas. También existe un componente genético como causa de aparición de formas anormales en el eyaculado. En cada una de estas fases, participan diversos factores que pueden dar lugar a la aparición de alteraciones de la morfología espermática, como procesos infecciosos que pueden influir, en forma negativa, en la espermatogénesis. Modificaciones del pH, shocks térmico u osmótico, durante el procesado del semen, producen alteraciones a nivel espermático. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

La morfología espermática se puede valorar utilizando técnicas de tinción o fijación. Cuando, en forma reiterada, los porcentajes de alteraciones en la morfología espermática, superan los valores máximos exigidos (20%), en el CIA se deben tomar las siguientes medidas:

- a) Separar temporalmente al verraco afectado, del programa de producción seminal.
- b) Colecta y control de semen en los verracos afectados, una vez por semana y durante 3 meses. Si en ese periodo no hay una evolución positiva, se recomienda el sacrificio de los animales.
- c) Si el problema está relacionado con el manejo del semen durante la extracción o en el laboratorio, se deberá revisar el protocolo de producción de dosis seminales.

Principales alteraciones en la morfología del espermatozoide:

1. Anomalías de la cabeza. Las diferentes formas anormales de la cabeza (macro y microcéfalos) tienen su origen a nivel testicular. Generalmente, estos espermatozoides se mueven, pero no llegan a fecundar al ovocito. Por otra parte, estas células son difíciles de identificar durante el análisis de motilidad. Las cabezas sueltas aparecen a nivel del epidídimo y se deben a que la estructura de la pieza intermedia se vuelve más frágil y por un efecto mecánico se rompe. El acrosoma es una parte fundamental del espermatozoide y

su integridad tiene una relación directa con la fertilidad, ya que éste contiene toda una carga antigénica y enzimática de activa participación en la fertilización del ovocito.

2. Anomalías de la pieza intermedia. El defecto más frecuente a este nivel es la pieza media distal doblada. Generalmente se originan en la cola del epidídimo.
3. Anomalías de la cola. Ocasionan alteraciones del movimiento celular. Estos espermatozoides no son fértiles.
4. Gotas citoplasmáticas. Pueden ser de localización proximal o distal y son indicadoras del grado de madurez del espermatozoide. La gota es el resto de la membrana que acompaña a la célula durante su formación en el testículo. A medida que la célula va madurando, la membrana se desplaza desde la cabeza a la cola. En consecuencia, las gotas proximales indican formas más inmaduras que las gotas distales.

Un porcentaje elevado de alteraciones morfológicas, junto a la presencia de contaminación bacteriana, favorece la aglutinación espermática. Por lo tanto, si nos encontramos en el laboratorio con una proporción incrementada de aglutinaciones, deberemos revisar los aspectos higiénicos en el manejo de los verracos y de la técnica de colección de semen. Para ser compatibles con un adecuado nivel de fertilidad, deberemos admitir como valor mínimo, que un 80% de los espermatozoides sean normales. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

2.9.5 Diluyentes

Son soluciones utilizadas para aumentar el volumen del eyaculado, hasta lograr la concentración espermática adecuada que requiere la dosis, preservando las características funcionales de la célula espermática y manteniendo un correcto nivel de fertilidad durante el mayor tiempo posible. El diluyente debe: controlar las variaciones de pH, disminuir el desarrollo bacteriano, mantener un adecuado equilibrio osmótico, suplir los nutrientes necesarios para poder cumplir una alta demanda metabólica por parte del esperma, en su transporte a través del tracto genital femenino. Así, para poder mantener su actividad metabólica por un tiempo prolongado, el semen necesita ser diluido en un medio apropiado y disminuir la temperatura. Bajo estas condiciones los espermatozoides disminuyen su metabolismo y motilidad, características éstas que recuperan al ser incorporados al aparato genital de la hembra, en la inseminación artificial. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

Requisitos que debe cumplir un diluyente:

1. Favorecer el metabolismo del espermatozoide.
2. Presión osmótica (PO) isotónica con respecto al esperma y concentración electrolítica constante.
3. El pH debe favorecer la conservación de la vitalidad espermática.
4. Controlar el incremento de la población bacteriana con la adición de antibióticos al medio.
5. De fácil preparación.
6. Económico.

Tipos de diluyentes: En la práctica, los diluyentes pueden ser divididos, de acuerdo a la duración del periodo de mantenimiento de la fertilidad en dos grandes grupos:

- a) De corta duración: 1-3 días.
- b) De larga duración: más de 4 días.

Existen diluyentes de semen porcino de diferentes proveedores en el mercado. La seguridad en la calidad del ellos, es un criterio importante para distinguir. Los diluyentes se deben destacar por su alta y, sobre todo, uniforme calidad, por lo que todas las partidas deberán ser sometidas a un riguroso control de calidad de los productos químicos utilizados y de la mezcla de ellos, en cuanto a pureza química y a las propiedades de conservación espermática. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

La elección del diluyente y su manejo adecuado son de crucial importancia para lograr una correcta eficiencia reproductiva, dado el profundo impacto económico que pueden ocasionar en las granjas que lo utilizan. Además, se debe considerar que, si el semen es utilizado antes de las 72 horas, es preferible utilizar un diluyente de corta duración, dado que es más económico y tendremos la misma respuesta, en fertilidad, que con un diluyente de larga duración. Cuando las dosis de semen deben ser conservadas por más de 4 días, dado las largas distancias entre las granjas y el CIA, se recomienda el uso de un diluyente de larga duración, acompañado de una concentración espermática mayor, que compense la probable reducción de la viabilidad espermática. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

2.9.6 Preparación del diluyente

El personal del laboratorio necesita saber con antelación cuantas dosis se necesita hacer para que puedan preparar suficiente diluyente para un día normal de colecta. Una regla general es multiplicar el número objetivo de dosis por el volumen total por dosis y sumar 5 a 10% más para tener suficiente diluyente para la producción de semen y usos consecuentes como dilución de semen fresco, derrames, pre-diluciones, u órdenes de último minuto. (PIC, 2013)

El peso preciso del agua y del diluyente es vital para una producción correcta de dosis. Las desviaciones de esto pueden alterar la osmolaridad de la mezcla. El diluyente necesita ser continuamente mezclado por una hora para permitir que los componentes de éste se estabilicen antes de agregar el semen. (PIC, 2013)



Figura 23. Preparación del diluyente en la fase de mezcla.

La temperatura del diluyente debe ser mantenida a 35°C. Una colección de semen tiene una temperatura de 37-38°C y hay una caída de 2-3 grados de temperatura del eyaculado durante el proceso de evaluación. Consecuentemente el diluyente necesita guardarse a 35°C.

El diluyente debe reunir una serie de características que aporten a la célula espermática: un sustrato energético, sistema tampón, estabilización de la membrana y antibióticos, de tal forma que permita mantener la capacidad fecundante de los mismos durante varios días. Existen diluyentes de larga duración (hasta 7 días de conservación) y diluyentes que conservan el semen refrigerado 48-72 horas. (Santos Silva, y otros, 2012)

Existen diversos sistemas de depuración de agua como la ósmosis inversa, destilación, desionización, etc. Según empleemos un sistema u otro, o combinaciones de ellos, obtendremos los diversos tipos de agua de laboratorio de mayor o menor pureza. (Ubeda, 2013)

Un error bastante común a la hora de comprobar el grado de desionización de un agua de laboratorio es fijarse tan sólo en el pH. Esto, si bien es un método rápido y cómodo, no es fiable, pues a pesar de que es cierto que cuanto más pura sea un agua más se acercará su pH a la neutralidad (pH 7), hay que contar con que el agua capta CO₂ del ambiente, lo que hace que su pH varíe mientras que se mantiene inmutable su carga iónica. Por ello, hemos de medir la conductividad del agua para averiguar realmente su grado de desionización. Esto es, cuanto menor sea el valor obtenido para este parámetro, menor será la capacidad del agua para conducir la electricidad, y por consiguiente menor la cantidad de iones en disolución. (Ubeda, 2013)

Otro valor importante a considerar es el de la dureza cálcica, pues la presencia de Ca en el medio induce reacciones de capacitación en los espermatozoides con lo que se acorta considerablemente el tiempo de vida útil de las dosis seminales; esto es debido a que los espermatozoides mueren poco tiempo después de ser capacitados. (Ubeda, 2013)

Con respecto a la carga bacteriana, obviamente esta ha de ser la menor posible para evitar posteriores problemas de contaminación en las dosis seminales. (Ubeda, 2013)

Después de que el eyaculado y el diluyente hayan sido mezclados, se observa una muestra al microscopio antes de llenar la dosis. (PIC, 2013)

Especial relevancia, hasta el punto de convertirse en un punto crítico en sí mismas, tienen las gomas y conductos de las máquinas como las líneas de envasado, bombas peristálticas en general y cualquier circuito por el que pase el semen o el diluyente. Esto obedece a que su luz interior constituye un lugar ideal para que las bacterias se acantonen, ya que se dan las condiciones idóneas de humedad y temperatura si estos sistemas no son correctamente desinfectados. Cada día hay que hacer circular solución jabonosa por los circuitos y gomas de máquinas y bombas peristálticas, aclarar con agua destilada y volver a hacer circular alcohol de 70°, aclarando con agua destilada antes de su nuevo uso. (Ubeda, 2013)

El agua utilizada debe reunir una serie de requisitos imprescindibles como son: conductividad (microSiemens/cm) = 1; pH = 5 a 5.7; recuento bacteriano (ufc/ml) = 0 a 10; una presión osmótica (mosmoles) = 0; dureza cálcica = menor a 3 mg CaCo₃/l. (Santos Silva, y otros, 2012)

El diluyente en polvo se debe disolver en el volumen adecuado de agua a 37°C, almacenado en un recipiente (Erlenmeyer o bolsa). Posteriormente se realiza una homogenización de mezcla con ayuda de un agitador electromagnético durante 15 minutos. (Santos Silva, y otros, 2012)

2.9.7 Preparación de dosis

Esta dilución se realiza con la finalidad de favorecer la conservación del semen e incrementar el volumen del eyaculado, con la adición de un medio dilutorio adecuado y de esa forma poder disponer de la cantidad de dosis que nos permita obtener el material seminal diluido, el que estará en una relación directa entre el volumen del eyaculado, la concentración espermática del mismo y el número de espermatozoides, con motilidad progresiva, que consideremos adecuado debe contener cada dosis a inseminar, para que no se vea afectada la fertilidad. (Arisnabarreta & Allende, 2017)

Una vez determinada la calidad seminal y conociendo la concentración por mm³ se procede al cálculo de dosis seminales. La concentración de dichas dosis varía entre 1500 x 10⁶ a 3000 x 10⁶ espermatozoides de buena calidad. Se realiza la dilución semen/diluyente a 37°C. Esta dilución final no debe sobrepasar los 15 minutos. Debemos comprobar que no existen diferencias de temperatura entre el eyaculado y el diluyente. La dilución debe hacerse con sumo cuidado, verter el semen suavemente sobre el diluyente, permitiendo una dilución homogénea. El grado de dilución debe estar entre 1/10 a 1/25. (Santos Silva, y otros, 2012)



Figura 24. Dilución del semen.



Figura 25. Envasado de las dosis de semen.



Figura 26. Sellado de las dosis de semen.

Una vez preparadas las dosis deben permanecer a temperatura ambiente (20-25°C) entre hora y media a dos horas, momento en el que pasaremos al almacenamiento de las mismas. (Santos Silva, y otros, 2012)



Figura 27. Reposo de dosis de semen antes de entrar al cuarto frío.

2.9.8 Enfriamiento del semen y empaque de dosis

Se utilizan cuartos frescos para enfriar y almacenar el semen antes de que éste sea distribuido. La temperatura debe mantenerse entre 15-17°C. Un ventilador debe ser usado para asegurar la

circulación del aire. Es necesario registrar diariamente las altas y bajas temperaturas del cuarto. (PIC, 2013)

Para mover, almacenar y enfriar el semen, se pueden utilizar estantes de alambre o carros de transporte. Esto permite el flujo de aire fresco y un enfriamiento más uniforme de las dosis de semen. Las dosis necesitan bajar la temperatura de dilución (35°C) a la temperatura de conservación (15-17°C). (PIC, 2013)



Figura 28. Enfriamiento de las dosis de semen, colocadas en charolas y carrito panadero.

El semen debe ser enfriado por 4 horas antes de su distribución. Esto es especialmente importante para el semen que es transportado en una caja doble de espuma de poliestireno que es una combinación más fresca, ya que estas hieleras conservan una temperatura constante durante el transporte. Se puede utilizar registradores de temperatura (loggers) para monitorear las temperaturas en tránsito. La clave es que el semen se enfríe hasta la temperatura de conservación antes de ser empacado. (PIC, 2013)

2.9.9 Envío y transporte del semen

El semen enviado a través de un servicio de mensajería externa, debe ser empacado en cajas dobles de espuma de poliestireno, ya que será entregado al día siguiente. El semen que se envíe al exterior debe ser empacado y sellado dentro de un ambiente controlado (17°C). Para pedidos grandes, no se deben empacar más de 200 dosis en una hielera. (PIC, 2013)

Para el semen que es enviado vía de mensajería interna, la temperatura debe ser revisada en el lugar de entrega. (PIC, 2013)



Figura 29. Cooler con sistema de conservador donde son enviadas las dosis de semen.

2.9.10 Conservación de dosis seminales

La temperatura óptima de conservación está entre los 15 y 17°C. Debemos establecer unas condiciones de anaerobiosis por lo cual, el volumen de aire no debe superar el 20% del envase. Las dosis almacenadas en los conservadores deben ser manipuladas (suave homogenización) cada 12 horas para mantener los espermatozoides en suspensión con el medio, evitando la sedimentación de los mismos. Antes de ser utilizadas, las dosis deben pasar por un control viabilidad (% motilidad), siendo recomendable un control bacteriológico (menos 10000 UFC/ml) si alcanzan los tres días de conservación. (Santos Silva, y otros, 2012)

Valores inferiores a 14°C aumentan mucho el riesgo de shock por frío de las células espermáticas. Cabe señalar que los espermatozoides porcinos son particularmente sensibles al frío en comparación con los de otras especies animales debido a la especial composición de su membrana en lo que, a la proporción de fosfolípidos, ácidos grasos saturados e insaturados, y colesterol se refiere. Esta es una de las razones que explican la dificultad que se encuentra a la hora de llevar a cabo la criopreservación de espermatozoides de cerdo y las menores fertilidades y prolificidades obtenidas al inseminar con semen descongelado respecto al semen refrigerado. (Ubeda, 2013)

Actualmente, la utilización de la IA post-cervical está implicando una disminución tanto de concentración espermática como del volumen de las dosis seminales, por lo que se hace necesario un control muy riguroso a la hora de realizar todos estos protocolos. (Santos Silva, y otros, 2012)



Figura 30. Conservación de las dosis de semen en la granja.

2.9.11 Evaluación de la motilidad post-producción

Garantizar la calidad de las dosis de semen es de vital importancia. El mejor indicador que el laboratorio tiene que evaluar es la viabilidad de las dosis conservadas, aplicando una revisión de motilidad post-producción de todos los lotes y colecciones de un solo macho. (PIC, 2013)

Una muestra de cada lote o de una colección de un solo semental debe ser guardada en una bolsa usada para empaque. Las muestras deben ser preparadas para su evaluación de acuerdo a las direcciones provistas por el fabricante del conservador. (PIC, 2013)

Se deben realizar revisiones de motilidad post-producción al día 1,3 y 5 como mínimo, donde el día de colección es 0. Si las dosis tienen una motilidad menor a 70%, realice una revisión de motilidad post-producción una segunda vez para confirmar los resultados. (PIC, 2013)

2.9.12 Plan de control sanitario

Debemos conocer el estatus sanitario de los animales con precisión previamente a la entrada de la cuarentena. Las analíticas de la cuarentena estarán diseñadas para confirmar que no se ha producido infección durante el transporte, debiendo testarse el 100% de los animales al inicio y final de la fase. (Ubeda, 2013)

En caso de disponer de cuarentenas externas distantes al centro de inseminación debemos disponer de un "área de aislamiento" previa a la puesta en contacto con los machos residentes. En ella debemos confirmar nuevamente que no se ha producido infección en el transporte. (Ubeda, 2013)

Debemos implementar una serie de medidas diagnosticas destinadas a detectar potenciales infecciones en los verracos. Para ello deberemos tener en cuenta cual es el nivel de seguridad deseado y a partir de aquí, decidiremos con qué frecuencia, que prueba y a cuántos machos se realizan las analíticas. (Ubeda, 2013)

Actualmente la situación más frecuente es la combinación de diagnósticos vía PCR y ELISA, así como el envío a laboratorios externos de muestras de semen para cultivo bacteriano. (Ubeda, 2013)

Se recomiendan revisiones mensuales de PRRSv ELISA (30 muestras individuales) o pruebas semanales de un número similar. (PIC, 2013)

Se considera hacer pruebas inmediatas de PRRSv PCR de muestras de sangre de cualquier semental con fiebre, que no coma o presente otros signos clínicos. Estas muestras deben ser examinadas por PCR de manera individual, en lugar de ser parte de un pool. (PIC, 2013)

La técnica del hisopo de sangre ha sido utilizada durante los últimos años y es una manera efectiva de recolectar sangre para pruebas semanales de PRRS PCR. Otro método utilizado es la vena tarsal en la parte posterior de la pierna del semental, es una buena técnica para recolectar sangre para PRRS PCR y ELISA. (PIC, 2013)

Se recomienda también realizar un control diagnóstico de infestación parasitaria de los animales que nos ayude a marcar las pautas del tratamiento. (Ubeda, 2013)

2.9.13 Plan de control de calidad externo

En este control interno deberemos reflejar los datos de cada eyaculado, así como intentar trazar la capacidad de conservación de las dosis de los diferentes verracos a lo largo del tiempo. (Ubeda, 2013)

Un plan de calidad debe estar diseñado para responder a cualquier pregunta que con fin diagnóstico nos hiciéramos ante una potencial alarma, teniendo en cuenta que nos medimos en tiempos biológicos y que por tanto cuando veamos el efecto carecemos de la muestra causante (en este caso el semen). (Ubeda, 2013)

Todos los parámetros de calidad seminal deben ser incluidos en dicho plan y estarán debidamente documentados. (Ubeda, 2013)

Los resultados del plan de control de calidad externo deben ser comparados, contrastados y reflejados en un informe con respecto al plan de control de calidad interno. (Ubeda, 2013)

2.9.14 Criterios para el cierre de un Centro de Inseminación

La decisión de suspender el envío de semen desde el centro de inseminación recae fuertemente en el juicio del gerente o el médico veterinario de la posta. (PIC, 2013)

El semen no debe ser colectado para el envío si se tiene alguna duda del estatus de salud de cierto semental. Las temperaturas deben ser registradas si el semental es sospechoso de tener algún problema de salud. La suspensión de la venta de semen debe ser considerada cuando una enfermedad clínica (ejemplo: tos, diarreas, falta de apetito) sea evidente o existan temperaturas elevadas (mayor a 40°C) en más del 5% de los sementales. Si el número de sementales con fiebre y con falta de apetito es menor al 5% pero está aumentando diariamente, la posta deberá cerrarse para elaborar un trabajo de diagnóstico. (PIC, 2013)

Se deben confirmar los resultados positivos para enfermedades transmitidas vía semen, como PRRS. (PIC, 2013)

III. EXPERIENCIA PROFESIONAL

En el Centro de Inseminación Artificial (CIA) "Juan Gil Preciado" ubicado en Estipac, Jalisco municipio de Villa Corona, se reciben lotes de machos procedentes de una casa genética comercial reconocida a nivel mundial.

Los machos llegan a una caseta o nave de cuarentena donde permanecen alrededor de 40-45 días; los animales son recibidos con un antibiótico de larga acción y un antiinflamatorio no esterooidal, esto con la finalidad de desaparecer algún malestar que hayan sufrido durante todo el trayecto del viaje. Durante su estancia en dichas instalaciones se comienza con su entrenamiento para la monta del potro o maniquí y se realizan muestreos serológicos para cumplir con los protocolos sanitarios de las dependencias SAGARPA y SENASICA, estos muestreos son con el fin de verificar que los animales lleguen limpios de cualquier enfermedad, en especial, PRRS, Aujeszky, Fiebre Porcina Clásica y Peste Porcina Africana. Dependiendo de la edad de los animales, en esta área se comienza con su calendario de vacunación, el cual, va a depender de la zona donde se encuentre instalado el CIA.

Para la dieta de estos animales, utilizamos un alimento comercial que contiene los nutrientes esenciales para su correcto desarrollo. La ración por animal consta de 1 kilogramo en la mañana y otro por la tarde; lo que hacen 2 kilogramos por día, esto cuando los animales son jóvenes. Conforme los machos se van desarrollando, ofrecemos 1.5 kilogramos de alimento por la mañana y la misma cantidad por la tarde, lo que hace 3 kilogramos al día. Cuando se detecta un macho con baja condición corporal se le ofrecen hasta 4 kilogramos de alimento por día; por otro lado, tratamos de no tener verracos con sobrepeso y así evitar cojeras, problemas a la hora de montar el maniquí, etc.

El consumo de agua tanto en el área de cuarentena como en la nave del laboratorio se ofrece a libre acceso. Cabe mencionar que, al momento de arribar a la nave de cuarentena el agua que se ofrece los animales cuenta con electrolitos, esto con la finalidad de ayudarlos a que se reponga un poco del largo viaje desde la granja comercial hasta el CIA.

El entrenamiento consta de sacar al macho de su corral y conducirlo al área donde se encuentra el potro (corral de colección), una vez ahí, se estimula al macho para que comience a excitarse y muestre mayor interés en el potro. Si después de 10 minutos el animal no muestra ningún interés en el maniquí, se regresa a su corral y se le administra una prostaglandina natural, después de 5-10

minutos posteriores a la aplicación de la prostaglandina se le vuelve a llevar al corral de colección para volver a intentarlo. El tiempo de entrenamiento aproximado por animal es de 15 minutos por la mañana y 15 minutos por la tarde diariamente hasta alcanzar el objetivo.

Una vez que el periodo de cuarentena ha concluido, los machos son trasladados al área de laboratorio donde, si bien, aun no aprenden a montar al 100% se sigue con el mismo protocolo de entrenamiento, pero ya con menor intensidad. En esta área, los machos son colectados para procesar su semen en el laboratorio.

El proceso de colección de semen inicia un día antes del día establecido para coleccionar. Comenzamos determinando la cantidad total de dosis que nos solicitan los clientes, después se hace el preparado del diluyente de acuerdo a la cantidad de dosis a elaborar. El diluyente ya preparado permanece en refrigeración hasta el día siguiente donde será utilizado.

Antes de comenzar con la colección del semen, en el laboratorio tenemos todo el equipo electrónico que se va a necesitar encendido (microscopio, platina térmica, baño maría ya con el agua tridestilada atemperada, basculas, Spermacue y computadora para el registro de datos), así como todo el material consumible que se va a utilizar (portaobjetos, cubreobjetos, pipetas Pasteur, tubos capilares, micro cubetas, bolsas con filtro, bolsas para diluyente, cubre bocas, cofias, etc.), así como ropa y overoles limpios, calzado única y exclusivamente para dicho lugar. Para comenzar con la colecta del semen debemos de tener ya preparados con la bolsa con filtro y atemperados los termos (37-38°C) donde el verraco depositará el semen. También es importante tener el área de colección limpia y desinfectada. Una vez que tenemos todo listo, nos aseguramos que el divertículo del prepucio esté libre de líquidos y posteriormente limpiamos con toallitas secas estériles toda el área del prepucio, después, sacamos al macho previamente seleccionado de su corral y lo llevamos al área del potro donde hacemos la colección.

La colección consta que el macho monte el potro sin ningún factor de estrés y por su propia voluntad, de no ser así, aplicamos una prostaglandina natural vía intramuscular (1 ml) al macho para estimularlo a que monte; en lo personal, considero que esto no es lo ideal, ya que a veces nos encontramos con machos que se vuelven "adictos" a este tipo de manejo y solo así llegan a funcionar, lo correcto es que el animal monte por sí solo el maniquí. Ya que el macho se encuentra arriba del potro, dejamos que él mismo haga algunos movimientos imitando penetrar la vulva de la cerda, una vez que se encuentra quieto, se procede a sujetar el pene utilizando la técnica de la

“mano enguantada” y se hace una ligera presión tratando de simular lo que una cerda haría. Como se mencionó anteriormente, el termo de colección debe de estar limpio, desinfectado y atemperado para recibir el semen. Después, se retira el filtro de la bolsa, se le hace un nudo a la misma y se coloca el termo en la cámara de calentamiento para que el semen no siga perdiendo temperatura.

Del otro lado de la cámara de calentamiento, en el laboratorio, se comienza con el proceso del semen, el cual consiste en tomar su temperatura con un termómetro laser y evitar que siga disminuyendo la misma; posteriormente a esto, se toma una muestra de semen con una pipeta “Pasteur” y se coloca una gota sobre un portaobjetos que se encuentra atemperado sobre un “carrito de transporte” arriba de la platina térmica, este mismo se lleva a observación al microscopio con un aumento de 100X para identificar la movilidad y morfología de los espermatozoides. Una vez determinada la movilidad y morfología de los espermatozoides se registra en la hoja de cálculo de dosis (Excel).

Por otra parte, se toma de nueva cuenta una muestra de semen con un tubo capilar y se coloca en una micro cubeta, la cual, se coloca en el “Spermacue” que nos ayudará a determinar la concentración de espermatozoides por mililitro en la muestra. Es importante calibrar el “Spermacue” antes de utilizarlo, así tendremos un resultado más acertado en cuanto a la muestra que se colocó. Ya que tenemos el resultado que arrojó nuestro espectrofotómetro, lo registramos en nuestra hoja de cálculo (Excel).

Cuando tenemos registrados estos datos en la computadora (motilidad, concentración, morfología, etc.) la hoja de cálculo por medio de una formula nos dice cuanto diluyente hay que agregar al semen para lograr una buena dilución. Cabe mencionar que, a la hora de la dilución, el diluyente y el semen deben de estar a la misma temperatura, algunos autores comentan que puede haber un rango de hasta 2°C de diferencia, pero ideal es que estén a la misma temperatura. Ya que está diluido, volvemos a tomar una muestra de semen con una pipeta Pasteur, la colocamos sobre un portaobjetos y es protegida con un cubreobjetos; esta muestra la volvemos a analizar en el microscopio con un aumento de 100X para asegurarnos que exista motilidad y abundante concentración en la muestra después de la dilución. Después procedemos a dejar reposar el semen para que baje un poco su temperatura y posteriormente continuar con el envasado.

Antes de comenzar con el envasado, se enciende la selladora (Cap. 6 tubos) y se prepara la cantidad de tubos (Quick Tip) que vamos a necesitar para realizar las dosis de semen. Después, tomamos la

temperatura del semen diluido y una vez que llega a los 24°C comenzamos con el envasado. Este consiste en vaciar 90 mililitros aproximadamente de semen diluido en dichos tubos, una vez que los seis tubos están llenos dentro de la rejilla, esta se coloca en la selladora para cerrar los tubos. Posteriormente nos aseguramos que hayan quedado perfectamente cerrados y no existan ningún tipo de fugas. Por último, nuevamente dejamos reposar las dosis de semen para que siga bajando su temperatura y así, poder empaquetarlas para su envío o distribución.

Comenzamos a empaquetar las dosis de semen una vez que han llegado a los 21°C, se empaquetan por cliente, pero separadas por línea genética. Se llevan a un "cuarto frío" donde terminan de bajar su temperatura a 17 grados. Una vez listas y atemperadas se colocan en las hieleras (Cooler Minitube) y se llevan a la camioneta donde se conectan a la corriente eléctrica para que lleguen a su destino a una temperatura de entre 16-18°C.

Por último, pero no menos importante, limpiamos y desinfectamos el laboratorio, así como todo el material y equipo que utilizamos. Los productos con los que limpiamos son agua tridestilada y alcohol a 96 grados.

IV. CONCLUSION

Sabemos de las exigencias que marcan el manejo de un Centro de Inseminación Artificial (CIA), por ello, es altamente necesario contar con los más estrictos protocolos de bioseguridad para llevar a buen puerto la rentabilidad de este tipo de proyectos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que la productividad y calidad de las dosis de semen también dependen del manejo y la experiencia del personal operativo en cuanto al procedimiento en la elaboración de las mismas, así como la ubicación del CIA, la alimentación de los machos, entre otros factores.

Cada año la investigación en nutrición, manejo, sanidad y genética porcina se desarrolla ampliamente, por lo tanto, debemos apegarnos a ellos para poder aplicarlos en el campo.

V. RECOMENDACIONES

- Actualizar los Centros de Inseminación Artificial (CIA) con equipos como el sistema CASA para obtener un resultado más exacto en cuanto al análisis de las muestras de semen.
- Considero que los CIA cuentan con una amplia fuente de trabajo para las próximas generaciones de MVZ's.
- Apertura de más CIA para así obtener dosis seminales inocuas y de líneas genéticas de mayor calidad.

VI. LITERATURA CITADA

- Arisnabarreta, E. R., & Allende, R. A. (2017). *Manual de Inseminación Artificial en Porcinos*. Editorial CAR.
- FAO. (2013). *Manejo de cerdos*. Obtenido de Cartilla tecnológica 23:
<http://www.fao.org/3/V5290S/v5290s48.htm#TopOfPage>
- FAO. (28 de Noviembre de 2014). *Departamento de agricultura y protección del consumidor. Producción y sanidad animal*. . Obtenido de Cerdos y la producción animal.:
<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>
- Hafez, E. (1984). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana.
- Higuera, M. A., & García Ruvalcaba, J. A. (Mayo de 2003). *Manejo del verraco en los centros de inseminación porcina*. Obtenido de Departamento Técnico KUBUS, S.A. España :
http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0503_avesui_garcia.pdf
- PIC. (2013). *Manual de manejo de la posta de sementales*. Obtenido de
http://piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/CetI9h_Manual%20de%20Manejo%20e%20Sementales,%202013.pdf
- Quiles, A. (2017). *La nutrición del verraco*. Obtenido de Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia:
http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/craiyasalud/17/cys_17_nutricion_verraco.pdf
- Roche, A. (12 de Mayo de 2014). *Porcicultura.com*. Obtenido de Inseminación artificial porcina primera parte: <https://www.porcicultura.com/micrositio/Magapor/Inseminaci%C3%B3n-artificial-porcina-1%C2%AA-Parte>
- Rodríguez, P., Franco, E., & Jiménez, C. (2008). Estandarización de la prueba para espectrofotometría en la medición de concentración de semen bovino, equino, porcino, ovino y canino. *Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 22-28.
- Rodríguez-Martínez, H. (2008). *Evaluación de la calidad seminal en el verraco*. Obtenido de Departamento de ciencias clínicas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencia Animal. Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas:
<http://www.avparagon.com/docs/reproduccion/ponencias/21.pdf>
- Santos Silva, J. P., Williams, S., Barrales, H., Charneca, R., Tirapicos Nunes, J. L., García Artiga, C., . . . García Contreras, A. (2012). *Manejo de la Reproducción*. (M. d. Porcina, Ed.) Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/51-manual_porcino/04-BuenasPracticasCap4.pdf
- Ubeda, J. L. (22 de Enero de 2013). *Porcicultura.com*. Obtenido de Principales puntos críticos y distribución de dosis seminales a granja :
<https://www.porcicultura.com/micrositio/Magapor/Principales-puntos-cr%C3%ADticos-y-distribuci%C3%B3n-de-dosis-seminales-a-granja>

Valverde, A., & Madrigal-Valverde, M. (Mayo-Agosto de 2018). Sistemas de análisis computarizado de semen en la reproducción animal. *Agronomía Mesoamericana* , 469-484.