



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA ANIMAL**

### **Trabajo de Tesis**

**Evaluación de la fertilidad del verraco (Z-004) y su  
relación con parámetros reproductivos en cerdas de la  
línea (TN-70), granja porcina Cofradía-Masaya 2024.**

**Autor(es):**

**Br. Engel Manuel Castillo Castellón.**

**Br. Cristóbal José González Jiménez.**

**Asesor:**

**MSc. Alioska Mercedes Blandón G.**

**Managua, Nicaragua  
Septiembre, 2025**



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA ANIMAL**

### **Trabajo de Tesis**

**Evaluación de la fertilidad del verraco (Z-004) y su  
relación con parámetros reproductivos en cerdas de la  
línea (TN-70), granja porcina Cofradía-Masaya 2024.**

#### **Autor(es):**

**Br. Engel Manuel Castillo Castellón.**

**Br. Cristóbal José González Jiménez.**

#### **Asesor:**

**MSc. Alioska Mercedes Blandón G.**

**Presentado a la consideración del honorable comité  
evaluador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero en Zootecnia.**

**Managua, Nicaragua  
Septiembre 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la dirección específica de Ciencia Animal como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Zootecnia

---

Miembros del Comité Evaluador

---

Lic. Kenia Martínez Hernández.  
Presidente

Lic. Karina Galeano Pérez  
Secretario

---

MSc. Lucia Flores López  
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 05 de septiembre, 2025.

---

## **DEDICATORIA**

Dedico primeramente este trabajo primeramente a Dios por haberme brindado toda la sabiduría y paciencia de llegar hasta este honorable momento de defender mi proyecto de tesis. También quiero dedicar infinitamente a mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional, tanto económico como moral. Ellos han sido los pilares de mi vida, siempre motivándome a seguir adelante y a alcanzar la carrera que tanto he deseado desde mi infancia. Además, dedico este logro a mi abuela María Orozco, quien ha sido una guía invaluable en este largo camino, siempre animándome a no darme por vencido.

***Br. Engel Manuel Castillo Castellón***

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este estudio de investigación, primero a Dios por que sin él no somos nada, después a mis padres por el acompañamiento que tuvieron conmigo en el cual forman parte de mi profesión y sobre todo en este largo camino de vida, por brindarme la educación y estar los procesos que me permitieron culminar la carrera.

***Br. Cristóbal José González Jiménez***

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por la oportunidad de llegar a este momento tan significativo en mi vida. Su apoyo constante me ha motivado a no darme por vencido en los momentos difíciles. También quiero agradecer a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su apoyo incondicional para que pudiera completar mis estudios y graduarme como Ingeniero Zootecnista.

Un agradecimiento especial a la Ing. Alioska Blandón, quien nos asesoró en nuestra tesis y fue parte fundamental de este importante paso. Su ayuda fue altamente valiosa para superar las dificultades que encontramos en el camino.

Así mismo, quiero agradecer al gerente de la Granja Porcina Cofradía, Ervin Vargas, por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto de tesis en sus instalaciones. Su apoyo moral y sus consejos siempre fueron un aliento para seguir adelante, enfocándonos en las causas de los problemas para mejorar nuestros resultados y aumentar nuestra eficiencia. Y, por último, pero no menos importante a mi compañero de tesis Cristóbal Gonzáles por estar siempre a mi lado con mi persona y darme ánimo para salir adelante.

***Br. Engel Manuel Castillo Castellón.***

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios por darme sabiduría, entendimiento y constancia para poder culminar la carrera de ingeniería Zootecnia, a mi tutora de tesis Ing. Alioska Blandón por su apoyo incondicional que nos brindaron, por compartir sus conocimientos durante este tiempo que duro el estudio.

A mis padres que son mis pilares fundamentales, sin cuya ayuda de ellos no hubiera podido terminar mis estudios, formar la persona que hoy en día me he convertido

Por último y no menos importante a mi amigo, hermano Darwin Narváez por estar siempre apoyándome en cada paso que di durante la culminación de la carrera.

***Br. Cristóbal José González Jiménez***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| <b>CONTENIDO</b>                                                         | <b>PÁGINA</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>DEDICATORIA</b>                                                       | <b>i</b>      |
| <b>DEDICATORIA</b>                                                       | <b>ii</b>     |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                                                    | <b>iii</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                                                    | <b>iv</b>     |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>                                               | <b>v</b>      |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>                                                 | <b>ix</b>     |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                                                 | <b>x</b>      |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>                                                  | <b>xi</b>     |
| <b>RESUMEN</b>                                                           | <b>xii</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>                                                          | <b>xiii</b>   |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                                   | <b>1</b>      |
| <b>II. OBJETIVOS</b>                                                     | <b>3</b>      |
| 2.1 Objetivo general                                                     | 3             |
| 2.2 Objetivos específicos                                                | 3             |
| <b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>                                          | <b>4</b>      |
| 3.1 Importancia de la Producción Porcina Nacional                        | 4             |
| 3.2 Anatomía y función de las partes del Tracto Reproductivo del Verraco | 4             |
| 3.3 Órganos sexuales primarios.                                          | 5             |
| 3.3.1 Testículos.                                                        | 5             |
| 3.4 Órganos sexuales secundarios                                         | 6             |
| 3.4.1 Epidídimo                                                          | 6             |
| 3.4.2 Conductos deferentes.                                              | 6             |
| 3.4.3 Vesículas Seminales.                                               | 6             |

|        |                                                            |    |
|--------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.4  | Próstata.                                                  | 6  |
| 3.4.5  | Glándulas Bulbo uretrales (de Cowper)                      | 7  |
| 3.4.6  | Uretra.                                                    | 7  |
| 3.4.7  | Pene                                                       | 7  |
| 3.4.8  | Prepucio                                                   | 8  |
| 3.5    | Anatomía y fisiología del aparato reproductivo de la cerda | 9  |
| 3.5.1  | Ovarios                                                    | 9  |
| 3.5.2  | Oviductos                                                  | 9  |
| 3.5.3  | Útero                                                      | 10 |
| 3.5.4  | Cuello uterino o cérvix.                                   | 10 |
| 3.5.5  | Vestíbulo vaginal.                                         | 10 |
| 3.5.6  | La vulva                                                   | 11 |
| 3.6    | Fases del ciclo Reproductivo                               | 12 |
| 3.6.1  | Proestro                                                   | 12 |
| 3.6.2  | Estro (celo)                                               | 12 |
| 3.6.3  | Metaestro                                                  | 13 |
| 3.6.4  | Diestro                                                    | 13 |
| 3.7    | Recomendaciones prácticas para la detección del celo       | 14 |
| 3.8    | Selección del pie de cría                                  | 14 |
| 3.9    | Selección del verraco.                                     | 15 |
| 3.10   | Aspectos a tener en cuenta en la selección del verraco     | 15 |
| 3.10.1 | Edad                                                       | 15 |
| 3.10.2 | Raza                                                       | 16 |
| 3.10.3 | Procedencia                                                | 16 |
| 3.10.4 | Conformación                                               | 16 |
| 3.10.4 | Número de Tetillas                                         | 16 |

|            |                                                                                |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.10.6     | Peso                                                                           | 16        |
| 3.10.7     | Movilidad                                                                      | 17        |
| 3.11       | Selección de la cerda de cría                                                  | 17        |
| 3.12       | Importancia del Mejoramiento Genético                                          | 19        |
| 3.13       | Ventajas de la Inseminación Artificial                                         | 20        |
| 3.14       | Desventajas de la inseminación artificial                                      | 21        |
| 3.15       | El procesamiento y almacenaje de semen                                         | 21        |
| 3.16       | Obtención del semen                                                            | 22        |
| 3.17       | Evaluación del semen                                                           | 22        |
| 3.18       | Técnicas de inseminación porcina                                               | 24        |
| <b>IV.</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>                                                    | <b>25</b> |
| 4.1.       | Ubicación del estudio                                                          | 25        |
| 4.2.       | Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos.             | 25        |
| 4.3.       | Relación macho-hembra                                                          | 26        |
| 4.4.       | Manejo sanitario                                                               | 26        |
| 4.5.       | Ciclo estral                                                                   | 27        |
| 4.6.       | Datos o variables evaluados                                                    | 27        |
| 4.7.       | Recolección de datos                                                           | 28        |
| 4.7.1      | Fase de campo                                                                  | 29        |
| 4.7.2.     | Fase de laboratorio                                                            | 30        |
| 4.7.3      | Inseminación y control de hembras                                              | 31        |
| 4.7.4      | Parámetros para medir la eficiencia de la preñez                               | 31        |
| 4.8        | Análisis de datos                                                              | 32        |
| 4.8.1      | Materiales y equipos                                                           | 32        |
| <b>V.</b>  | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                                  | <b>34</b> |
| 5.1        | Características macroscópicas y microscópicas del material seminal del verraco | 34        |

|              |                                                                  |           |
|--------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2          | Tasa de repeticiones de cerdas de la línea de TN70               | 36        |
| 5.3          | Índice de preñez post inseminación artificial de las cerdas TN70 | 37        |
| <b>VI.</b>   | <b>CONCLUSIONES</b>                                              | <b>39</b> |
| <b>VII.</b>  | <b>RECOMENDACIONES</b>                                           | <b>40</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>LITERATURA CITADA</b>                                         | <b>41</b> |
| <b>IX.</b>   | <b>ANEXOS</b>                                                    | <b>46</b> |

---

## ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO |                                                | PÁGINA |
|--------|------------------------------------------------|--------|
| 1.     | Datos o variables a Evaluar                    | 27     |
| 2.     | Valoración de parámetros seminales             | 34     |
| 3.     | Registro Comportamiento Reproductivo de cerdas | 36     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA |                                                                  | PÁGINA |
|--------|------------------------------------------------------------------|--------|
| 1.     | Sistema reproductor del macho                                    | 8      |
| 2.     | Sistema reproductor de la hembra.                                | 11     |
| 3.     | Fases del ciclo estral de la hembra                              | 13     |
| 4.     | Parametros para la selección de un buen verraco reproductor.     | 17     |
| 5.     | Parametros para la selección de una buena cerda reproductora     | 19     |
| 6.     | Granja porcina Cofradía                                          | 25     |
| 7.     | Evaluación de Semen del verraco de la línea Z-004                | 35     |
| 8.     | Índice de preñez post inseminación artificial de las cerdas TN70 | 37     |

---

## ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO                                                       | PÁGINA |
|-------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Formato Información general del reproductor              | 46     |
| 2. Formato Calidad Seminal de Verracos                      | 46     |
| 3. Formato de control de inseminación y fertilidad en cerda | 47     |
| 4. Maniquí porcino                                          | 48     |
| 5. Selección de hembras                                     | 48     |
| 6. Extracción de semen                                      | 48     |
| 7. Eyaculado del verraco Z 004                              | 48     |
| 8. Fotómetro porcino                                        | 49     |
| 9. Pipeta digital                                           | 49     |
| 10. Calentador para los materiales                          | 49     |
| 11. Microcubeta                                             | 49     |
| 12. Preparación de semen                                    | 50     |
| 13. Microscopio                                             | 50     |
| 14. Pesa para medir el volumen del semen                    | 50     |
| 15. Agua destilada para preparar semen                      | 50     |
| 16. Baño maría                                              | 51     |
| 17. Termo recolector de semen porcino                       | 51     |
| 18. Diluyente para el semen                                 | 51     |
| 19. Ecógrafo                                                | 51     |
| 20. Materiales y equipos para la preparación de semen       | 52     |
| 21. Pachas preparadas con semen de Verraco 100 ml           | 52     |
| 22. Detección de preñez                                     | 53     |
| 23. Inseminación artificial en cerdas TN70                  | 53     |

## RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo en la granja porcina de Cofradía, Nicaragua, con el objetivo de evaluar la fertilidad de un verraco de la línea Z-004 a través del análisis de la calidad seminal y su influencia en los parámetros reproductivos de siete hembras de la línea TN-70. La metodología consistió en la evaluación macroscópica (aspecto, volumen, color y olor) y microscópica (volumen, concentración y motilidad) del semen del verraco. Posteriormente, se determinó la tasa de repeticiones y el porcentaje de preñez post inseminación artificial en las cerdas TN-70 utilizando el semen del verraco evaluado. Los resultados del análisis seminal revelaron una excelente calidad en el verraco, con parámetros macroscópicos ideales, una alta concentración espermática (374 millones/ml) y una excelente motilidad (95%). La inseminación artificial con este semen resultó en un índice de preñez del 85.71% en las cerdas. Sin embargo, se observó una tasa de repetición del 14.29%. En conclusión, el verraco Z-004 demostró una alta calidad seminal que se tradujo en una buena tasa de preñez, aunque la tasa de repetición sugiere la necesidad de investigar factores adicionales que puedan afectar la eficiencia reproductiva.

**Palabras Clave:** Fertilidad, Parámetros reproductivos, inseminación artificial

## ABSTRACT

This study was carried out on a pig farm in Cofradia, Nicaragua, with the general objective of evaluating the fertility of a boar from the Z-004 line through the analysis of semen quality and its influence on the reproductive parameters of seven females from the TN-70 line. The methodology consisted of the macroscopic (appearance, volume, color, and odor) and microscopic (volume, concentration, and motility) evaluation of the boar's semen. Subsequently, the repeat breeding rate and the post-artificial insemination pregnancy rate in the TN-70 sows were determined using the semen from the evaluated boar. The results of the semen analysis revealed excellent quality in the boar, with ideal macroscopic parameters, a high sperm concentration (374 million/ml), and outstanding motility (95%). Artificial insemination with this semen resulted in a pregnancy rate of 85.71% in the sows. However, a repeat breeding rate of 14.29% was observed. In conclusion, the Z-004 boar demonstrated high semen quality that translated into a good pregnancy rate, although the repeat breeding rate suggests the need to investigate additional factors that may affect reproductive efficiency.

**Keywords:** Fertility, reproductive parameters, artificial insemination.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción porcina en Centroamérica tiene un papel relevante en las economías locales, especialmente en términos de empleo, seguridad alimentaria y comercio. Aunque la región no es un productor líder a nivel mundial, el sector porcino tiene una importancia significativa dentro de sus economías rurales y urbanas. (Castellanos, 2024)

En este contexto, es fundamental asegurar un alto nivel de producción en las granjas porcinas, lo que requiere que los reproductores cumplan con estrictos parámetros de calidad, especialmente en lo que respecta a la fertilidad. Según López y Solarte (2014), la fertilidad del macho desempeña un papel crucial en la producción pecuaria. A menudo se pasa por alto que la eficiencia reproductiva en las diversas especies domésticas no solo depende de la capacidad reproductiva de la hembra; el macho también puede enfrentar problemas reproductivos que conducen a la infertilidad, lo que impacta negativamente en dicha eficiencia. Por lo tanto, es esencial considerar ambos sexos en la evaluación de la reproducción para optimizar los resultados en la producción porcina.

La selección y evaluación adecuada de los reproductores es una práctica fundamental para asegurar la eficiencia en la producción de las granjas.

(Rodríguez, 2013) menciona que:

La evaluación del verraco requiere de exámenes clínicos y de laboratorio. El análisis seminal in vitro (espermiograma), complementario del examen clínico, es de alto valor diagnóstico para evaluar (en forma indirecta) la función testicular, epididimaria y del tracto genital del verraco, permitiendo eliminar casos claros de infertilidad o, incluso, de sub fertilidad potencial.

Considerando la importancia de la evaluación de la fertilidad para mejorar la productividad de la granja se decidió elaborar este estudio que tiene como objetivo evaluar de la fertilidad del verraco Z-004 y su influencia sobre los parámetros reproductivos en cerdas de las líneas Z y TN-70 en la granja porcina de Cofradía, con esto se busca identificar las correlaciones entre su desempeño reproductivo y los resultados obtenidos en las cerdas, lo que permitirá establecer estrategias que optimicen la producción porcina en la granja.

Con los resultados de esta investigación se busca contribuir a mejorar las prácticas de manejo reproductivo y en consecuencia aumentar la rentabilidad de la producción dentro de la granja, a la vez se analizará la efectividad de algunas prácticas que beneficien a la producción porcina del país.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

1. Evaluar la calidad seminal del verraco de la línea Z-004 y su relación con la eficiencia reproductiva en hembras TN-70, en la Granja Porcina Cofradía, Masaya 2024.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar la calidad seminal del verraco de la línea Z-004, mediante parámetros macroscópicos y microscópicos.
2. Cuantificar la tasa de repeticiones en siete hembras TN70, inseminadas con semen del verraco Z-004, como indicador de su capacidad fecundante.
3. Determinar el porcentaje de preñez post inseminación artificial en cerdas TN70, para lograr la evaluación de la eficiencia reproductiva del verraco Z-004.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 Importancia de la Producción Porcina Nacional**

“El cerdo fue introducido a Nicaragua en 1493, durante el segundo viaje que Cristóbal Colón realizara a América, la raza introducida en ese momento fue la raza ibérica” (Báez, 2017). En tiempos antiguos se tenía como creencia que el cerdo era un animal impuro, ya que presenta pezuñas partidas y que no rumia, ya que en la biblia se establece como un animal impuro por lo antes dicho, las creencias acerca de la carne del cerdo son aun en la actualidad parte de las costumbres en la semana santa, por honrrar las costumbres cristianas.

La porcicultura en Nicaragua ha experimentado una evolución significativa, transitando de sistemas tradicionales de traspatio a granjas semi tecnificadas. Esta transición ha permitido incrementar la capacidad de abastecimiento del consumo nacional de carne de cerdo, pasando del 40% al 70%. La carne porcina se destina principalmente a los mercados populares y al consumo local en las comunidades rurales, lo que convierte a esta actividad en una fuente de ingresos considerable para la economía de las familias campesinas. Ministerio de economía familiar, comunitaria, cooperativa y asociativa (MEFCCA, 2021)

La porcicultura reviste una notable importancia económica debido a su capacidad para generar ingresos y empleos, dinamizar el movimiento de recursos e insumos, ocupar extensiones territoriales significativas, producir un bien primario esencial como la carne, diversificarse en productos derivados a través de la industrialización, fomentar la actividad comercial y contribuir de manera fundamental a la alimentación de la población a nivel nacional. (Medina y Urbina, 2015)

#### **3.2 Anatomía y función de las partes del Tracto Reproductivo del Verraco**

El verraco solo contribuye con la mitad del material genético a su descendencia, pero es el elemento de mayor importancia, un solo verraco tiene una capacidad prolificidad productiva entre 15 y 25 veces más camadas en comparación a la de una hembra, esta cifra puede aumentar aún más con el uso de la Inseminación Artificial (I.A).

El éxito de la reproducción depende crucialmente del encuentro de los espermatozoides con los ovocitos en el tracto reproductivo de la cerda. Por lo tanto, un conocimiento profundo de la anatomía y fisiología del verraco es esencial para seleccionar reproductores de alta calidad y para asegurar un manejo que promueva una fertilidad óptima. (Agrinews, 2020)

El aparato reproductor masculino puede compararse con una fábrica en la que el principal objetivo producción de espermatozoides fértiles. La producción de hormonas (como la testosterona) o de otras secreciones (como el plasma seminal) contribuyen a realizar esta función. La llegada de los espermatozoides al lugar de la fecundación está determinada por varios factores, incluyendo la habilidad del verraco para la monta y la producción de una cantidad adecuada de espermatozoides sanos. (González, 2005)

El aparato reproductor del verraco se compone de órganos dispuestos en secuencia, cada uno con funciones específicas en la creación, maduración, transporte y transmisión de los espermatozoides, las células sexuales masculinas que forman el semen; estos órganos se dividen en genitales primarios (testículos) y secundarios (epidídimo, conductos deferentes, ámpula, uretra) y glándulas accesorias como las vesículas seminales, próstata y bulbo uretrales) y también los órganos externos (pene y prepucio) trabajando todos en conjunto para asegurar la función reproductiva masculina. (Coronel, 2012).

### **3.3 Órganos sexuales primarios.**

#### ***3.3.1 testículos***

Los testículos tienen dos funciones primordiales: producir espermatozoides, las células sexuales masculinas, y sintetizar la testosterona, la hormona que regula el comportamiento sexual del macho y el desarrollo de sus características sexuales secundarias. En el caso particular de los cerdos, estos órganos se encuentran localizados de manera vertical en la parte trasera del cuerpo. Instituto Nacional Tecnológico. (INATEC, 2018)

### **3.4 Órganos sexuales secundarios**

#### **3.4.1 *epidídimo***

Diversos estudios describen al epidídimo como un conducto alargado, enrollado y de forma cilíndrica que desempeña un papel fundamental en la fisiología espermática. Sus funciones principales incluyen el transporte de los espermatozoides, la provisión de nutrientes esenciales para su viabilidad, su almacenamiento hasta la eyaculación y la facilitación de su proceso de maduración. (Villegas, 2022)

“A través de mecanismos de absorción y excreción, y mediante movimientos peristálticos de sus conductos, el epidídimo permite el tránsito de los espermatozoides hacia el conducto deferente. En el cerdo, la longitud aproximada del epidídimo es de 50 cm” (Beltrán, 2015).

#### **3.4.2 *conductos deferentes***

Los conductos deferentes del verraco son estructuras anatómicas en forma de tubo, que conecta el epidídimo con la uretra pélvica; Su revestimiento epitelial cambia de pesado estratificado cilíndrico a cilíndrico simple cerca de la uretra. Su función principal durante la eyaculación es transportar los espermatozoides mediante impulsos. (Pineda, 2007)

#### **3.4.3 *vesículas seminales***

Las vesículas seminales son glándulas túbulo alveolares compuestas, formadas por un epitelio glandular cilíndrico; las glándulas seminales del verraco cuentan con dimensiones aproximadas de 15 cm de largo y 7 cm de diámetro, un peso cercano a los 200 g, se sitúan dorsalmente a la vejiga y sus conductos se unen a los conductos eyaculadores.

#### **3.4.4 *próstata***

Pineda (2007) explica que la glándula prostática presenta dimensiones anatómicas cercanas a 2.5 a 3 cm de ancho por 1 cm de diámetro y una porción diseminada que rodea dorsal y lateralmente la uretra, parcialmente cubierta por las vesículas seminales.

Su tejido funcional está formado por glándulas tubuloalveolares compuestas. La próstata secreta fluidos antes y durante la eyaculación, contribuyendo a la limpieza y lubricación de la uretra, al volumen del semen, al aumento de la motilidad espermática y al color característico del semen. (Pineda, 2007)

#### **3.4.5      *glándulas bulbo uretrales (de Cowper)***

Las glándulas de Cowper son órganos pares pequeños, ubicados dorso lateralmente a la uretra; Cada glándula mide aproximadamente 16 cm de largo y 3 cm de diámetro, con un peso cercano a los 85 g. Están rodeadas por músculo de tipo esquelético estriado y secretan un fluido mucoso que sirve para limpiar y lubricar la uretra En el cerdo, esta secreción es parte del eyaculado y forma un tapón en el cérvix, que impide el reflujo de espermatozoides, es conocida como "tapioca", esta fracción si es colectada produce aglutinación espermática. (Castellanos, 2024)

#### **3.4.6      *uretra***

La uretra es un conducto anatómico que desempeña un doble papel en el sistema reproductor y urinario masculino: conduce la orina desde la vejiga y, durante la eyaculación, transporta el semen proveniente del conducto deferente (Pineda, 2007).

La uretra se divide en dos secciones: la uretra pélvica, que se extiende desde la vejiga hasta el punto donde se unen los conductos deferentes, los conductos eyaculadores de las vesículas seminales y algunos conductos de la próstata; y la uretra, que se localiza en la parte inferior del cuerpo del pene y finaliza en la abertura externa conocida como meato urinario. (Marco, 2020)

#### **3.4.7      *pene***

El pene es un órgano que cumple una doble función en los mamíferos machos: la eliminación de la orina y la deposición del semen en el tracto reproductivo femenino. La estructura del pene incluye cuerpos cavernosos y un cuerpo esponjoso que rodea la uretra, los cuales tienen la capacidad de llenarse de sangre, provocando la erección. En el caso específico del cerdo, el pene es de tipo fibroelástico, con cuerpos cavernosos menos desarrollados. (Parodi, 2013)

El pene del verraco presenta una curvatura sigmoidea o "S" peneana, que se endereza por la relajación de los músculos retractores durante la erección y retorna a su forma plegada por la

contracción de estos músculos. La forma del glande varía según la especie de mamífero; en el cerdo, el glande es una continuación del cuerpo del pene que culmina en una forma espiral similar a un tirabuzón o sacacorchos (INATEC, 2018).

#### 3.4.8 *prepucio*

El prepucio es un pliegue de piel que recubre el pene, lo cubre en totalidad cuando está flácido formando una especie de saco. En el prepucio se forma un espacio en el cual se acumulan fluidos ricos en feromonas y con una alta concentración bacteriana, conocidos como secreciones prepuciales. (Ramírez Medina, 2021)

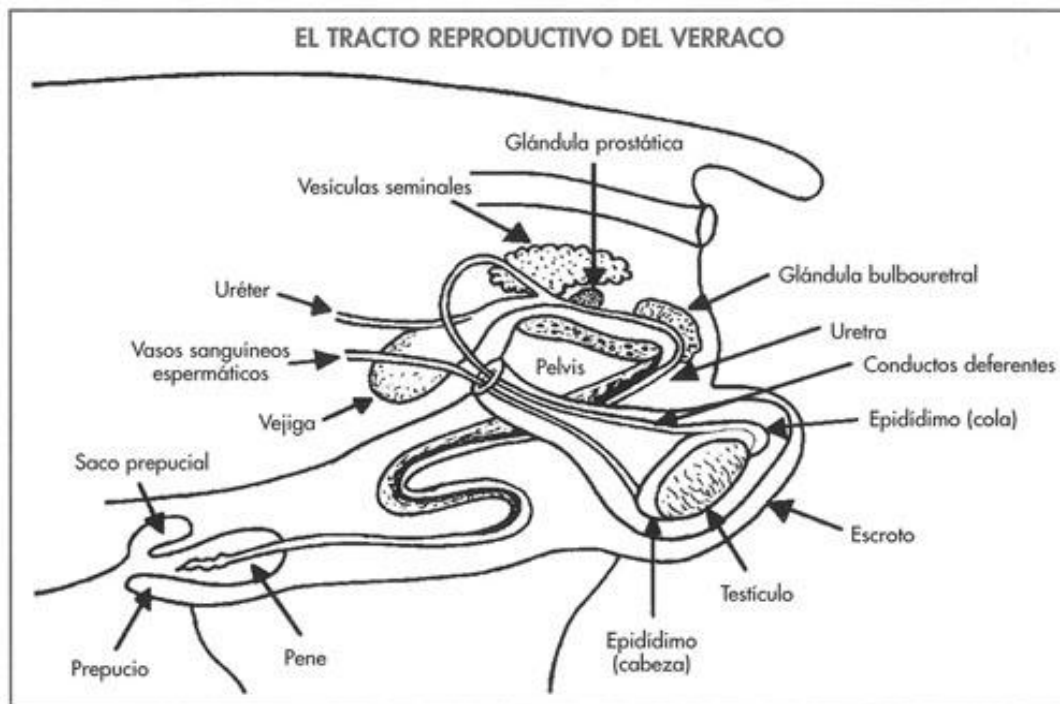


Figura1. Sistema reproductor del macho.

Fuente: (El Sitio Porcino, 2020)

### **3.5 Anatomía y fisiología del aparato reproductivo de la cerda**

Galina et al. (2016) Explica que el conocimiento detallado de la anatomía porcina es fundamental para una selección genética eficaz y la implementación de un manejo reproductivo óptimo. Esta comprensión permite identificar los cambios físicos que experimenta la cerda durante el tiempo del celo (estro). Y evaluar su potencial reproductivo, todo ello con el objetivo de maximizar la producción sin causar sobreexplotación y alcanzar parámetros productivos favorables. (citado por Ramírez ,2021)

Un conocimiento preciso del sistema reproductor de la cerda facilita la detección temprana y el tratamiento adecuado de enfermedades que afectan a las cerdas, las cuales pueden convertirse en problemas graves y contagiosos para toda la piara, poniendo en riesgo a un gran número de animales. El aparato reproductor de la hembra está conformado por dos ovarios, oviductos, útero, cérvix, vagina y genitales externos.

#### **3.5.1 ovarios**

En las cerdas, los ovarios presentan una apariencia similar a un racimo de uvas debido a la prominencia de los folículos y los cuerpos lúteos, Con un peso que oscila entre 3 y 7 gramos, su función principal es la producción de óvulos, estrógenos y progesterona, siendo el ovario izquierdo el más activo, liberando aproximadamente el 55% de los óvulos. Cada ovario contiene entre 8 y 15 folículos. Una vez liberados, los óvulos ingresan al oviducto o trompas de Falopio, donde tiene lugar la fecundación. (González, 2019)

#### **3.5.2 oviductos**

En los porcinos los oviductos miden entre 15 y 30 cm de longitud y que el sitio que ocupaba el folículo tras la ovulación es reemplazado por el cuerpo amarillo, también conocido como cuerpo lúteo, encargado de producir la hormona progesterona. La hormona progesterona es una hormona que juega un papel fundamental en el ciclo reproductivo de la cerda, dando la introducción al celo y al embarazo de la cerda. (Manteca y Verlarde, 2022)

Cuando el óvulo es fecundado, el cuerpo lúteo persiste y la producción de progesterona inhibe la continuación del celo, deteniendo la formación de nuevos folículos durante la gestación.

“En caso de no haber cópula o fecundación, el cuerpo lúteo desaparece, permitiendo que la producción normal de folículos continúe. Asimismo, dando paso para otro futuro ciclo reproductivo” (Saenz, 2021).

### **3.5.3 útero**

El útero de la cerda es de tipo bicorné, caracterizado por dos astas uterinas largas (120-150 cm), un cuerpo corto (aproximadamente 5 cm) y un cuello. Esta conformación anatómica favorece la gestación de camadas numerosas. El útero desempeña diversas funciones cruciales en la reproducción, incluyendo el transporte de los espermatozoides, la regulación de la actividad del cuerpo lúteo, el inicio de la implantación embrionaria, la gestación y el parto. (González, 2019)

### **3.5.4 cuello uterino o cérvix**

El cérvix es una estructura anatómica que establece la comunicación entre el útero y la vagina, Facilita el paso de los espermatozoides hacia el útero a través del moco cervical, actúa como reservorio espermático y participa en la selección de espermatozoides viables. La pared muscular del cuello uterino es gruesa y capaz de contraerse para cerrar el paso durante la gestación o relajarse para permitir el movimiento del semen después de la monta o la inseminación, así como el paso del lechón durante el parto. (Gil, 2009)

### **3.5.5 vestíbulo vaginal**

Ramírez (2021) explica que el vestíbulo vaginal es la sección que conecta la vagina con los genitales externos, con una longitud de 6 a 8 cm, se desarrolla embrionariamente a partir del seno urogenital. El límite entre el vestíbulo y la vagina está marcado por el orificio uretral externo, que en la cerda presenta una evaginación llamada divertículo su uretral, consistente en un pequeño saco cerrado.

Además, añade que en el vestíbulo vaginal se encuentran las glándulas de Bartholin, que secretan un líquido viscoso. Estas glándulas tienen una estructura tubuloalveolar similar a las glándulas bulbouretrales del macho. Su secreción tiene como función lubricar la vagina para facilitar la cópula durante el estro. En esta etapa, la secreción aumenta y su olor actúa como un estímulo sexual para el macho.

### 3.5.6 la vulva

La vulva de la cerda constituye la entrada del tracto reproductivo, presentando una forma ligeramente cónica con su abertura orientada hacia la parte superior y posterior del animal. Está compuesta por dos labios bulbares, izquierdo y derecho, que se unen longitudinalmente mediante dos comisuras, una superior y otra inferior. Los labios bulbares contienen numerosas glándulas sebáceas y tubulares, depósitos de grasa, tejido elástico, una fina capa de músculo liso y una capa externa con estructura similar a la piel, asimismo, están ricamente irrigados por vasos sanguíneos muy sensibles a los estrógenos. Durante el estro, la sensibilidad provoca una hinchazón (edema) de la vulva debido al ensanchamiento de los vasos bulbares, lo que se manifiesta como un aumento de tamaño y la coloración roja característica de esta fase. (Gil, 2009)

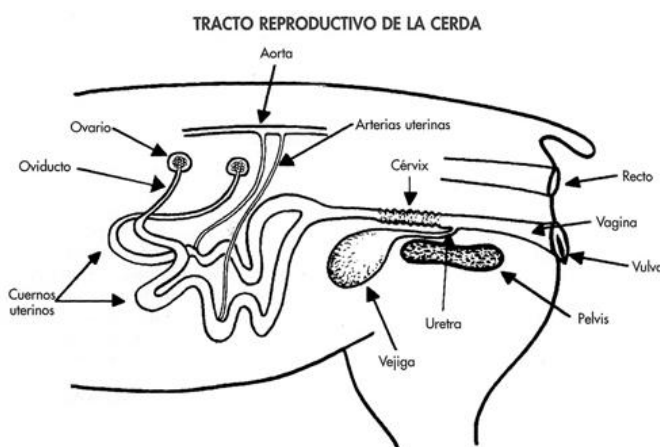


Figura 2. Sistema reproductor de la hembra.

Fuente: Parodi (2013)

Para el grupo de reproductoras, es crucial que cada cerda produzca más de 10 lechones por parto, con un peso individual superior a 1.3 kg al nacer. Pasado el tiempo de lactancia se espera destetar más de 9 lechones por camada, alcanzando un peso mínimo de 6 kg a los 21 días o de 8 kg a los 28 días.

“La tasa de preñez debe superar el 80%, idealmente con un intervalo entre el destete y la siguiente monta inferior a 7 días, Adicionalmente, se busca una productividad anual superior a 18 cerdos por cerda” (Medina y Urbina, 2015).

### **3.6 Fases del ciclo Reproductivo**

La cerda es un animal poliéstrico, lo que significa que, en condiciones favorables, presenta actividad sexual a lo largo de todo el año. Su ciclo estral tiene una duración aproximada de 21 días, con una variación que oscila entre 15 y 28 días. Este ciclo, caracterizado por cambios internos y externos, se divide en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro. (Fuentes et al., 2006)

Las cerdas suelen alcanzar la pubertad alrededor de los siete meses de edad, sin embargo, se recomienda esperar a que maduren un poco más antes de destinarlas a la reproducción. Es preferible permitir que tanto las cerdas como los verracos crezcan hasta los ocho meses, momento en el que, además de tener una edad apropiada, habrán alcanzado un peso adecuado para iniciar su vida reproductiva. Una vez que la cerda se encuentra en condiciones óptimas y manifiesta el celo, puede ser cubierta por el macho. El periodo de celo en una hembra puede extenderse hasta por 72 horas. (Knox, 2021)

#### **3.6.1 *proestro.***

El proestro es una fase que tiene una duración de 2 días, durante los cuales las hembras comienzan a montarse entre sí, aunque aún no aceptan al macho. Se inician manifestaciones externas como enrojecimiento vulvar y secreciones. En algunas cerdas, el proestro puede prolongarse hasta 5 o 7 días. Internamente, se desarrolla el folículo terciario en el ovario, aumentando la secreción de estrógenos y comenzando la preparación de los órganos tubulares y la vulva, con su característica hinchazón. (Fuentes et al., 2006)

#### **3.6.2 *estro (celo)***

Con una duración de 2 a 3 días, la fase del estro se caracteriza por inflamación vulvar, posible presencia de secreciones mucosas en la comisura de la vulva, vocalizaciones frecuentes (gruñidos), disminución del apetito e inquietud.

Las cerdas pueden mostrarse agresivas, y el signo más distintivo es el reflejo de inmovilidad o quietud, momento oportuno para la monta o la inseminación artificial. La ovulación suele ocurrir entre 26 y 40 horas después del inicio del celo, siendo esta la fase más importante del ciclo, ya que es cuando se realiza el apareamiento. (González, 2019)

### 3.6.3 *metaestro*

“Esta fase dura alrededor de 7 días y se caracteriza por la organización del cuerpo lúteo y el inicio de la producción de progesterona” (Fuentes et al., 2006). “Esta fase nos indica el finiquito de la etapa del celo, en la cual la cerda ya debería estar inseminada, de lo contrario al inseminarla en esta fase es muy probable que la cerda falle en la inseminación” (Beltrán, 2015).

### 3.6.4 *diestro*

Con una duración aproximada de 9 días, se mantiene la producción de progesterona. Si no ocurre la gestación, al final de esta fase comienza la regresión del cuerpo lúteo, disminuyendo los niveles de progesterona en sangre, lo que permite la maduración de nuevos folículos y el inicio de un nuevo ciclo estral, en caso que la fecundación haya fracasado (Báez, 2017).

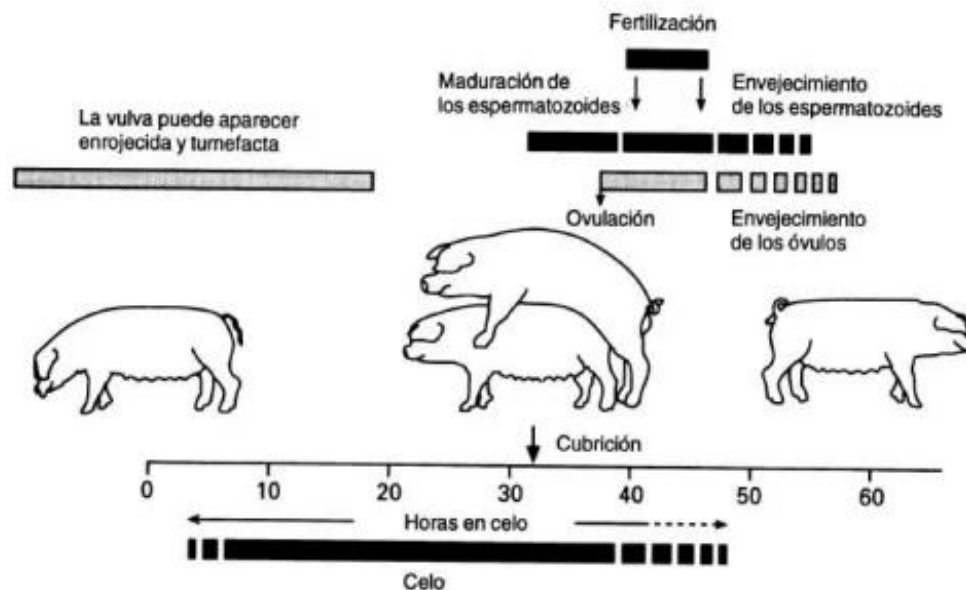


Figura.3 Fases del ciclo estral de la hembra.

Fuente: (Knox, 2021)

### **3.7 Recomendaciones prácticas para la detección del celo**

La clave para un buen manejo del celo radica en la identificación y separación de las hembras que comienzan a mostrar los primeros signos de actividad sexual. Dada la importancia del periodo de celo o "calores" y su impacto en la producción anual de cerdos, se presentan algunas recomendaciones prácticas para su detección. (Manteca y Verlarde, 2022)

Se aconseja realizar la observación para detectar el celo a primeras horas de la mañana y al final de la tarde.

- ✓ El empleo de machos detectores facilita la identificación de las hembras en celo, lo que generalmente resulta en un mayor número de cerdas gestantes en la explotación.
- ✓ Cuando la detección del celo la realiza el personal sin la ayuda de machos detectores, debe hacerse con tranquilidad, presionando suavemente el flanco de la hembra con la rodilla o intentando levantarla con el puño.
- ✓ Al presionar con la palma de la mano la zona de la grupa de una hembra en celo, esta suele permanecer inmóvil (reflejo de inmovilidad), incluso permitiendo que una persona se coloque a horcajadas sobre ella.
- ✓ Si la cerda se asusta durante la prueba, el control debe repetirse. Los animales nerviosos a menudo requieren varias pruebas antes de mostrar el reflejo de quietud.
- ✓ La detección del celo siempre debe llevarse a cabo en el entorno habitual de la hembra, evitando la presencia de personas ajenas a esta actividad.

Es fundamental e indispensable asegurar una higiene y nutrición adecuadas para las hembras.

### **3.8 Selección del pie de cría**

La selección del pie de cría es el método fundamental para establecer y fortalecer los rasgos productivos deseados en la porcicultura, este proceso se lleva a cabo mediante la planificación de un programa de mejora genética y la utilización de herramientas de selección para comparar el rendimiento de la descendencia con el de sus progenitores. (Agrinews, 2020)

Elegir un buen pie de cría representa una etapa crucial en el desarrollo de una explotación porcina. A través de la selección, se busca identificar aquellos animales superiores que serán destinados a la reproducción, ya que poseen una alta probabilidad de transmitir las características deseadas a su descendencia. (González, 2005)

### **3.9 Selección del verraco**

Se suele afirmar que el verraco representa una parte fundamental del potencial genético de la explotación, por lo que su selección requiere una atención especial, sin embargo, en la práctica actual, muchos productores porcinos eligen a sus reproductores basándose únicamente en sus características físicas aparentes. Estas elecciones a menudo reflejan las preferencias personales del criador o lo que considera visualmente atractivo, en lugar de criterios genéticos o productivos. (Báez, 2017)

### **3.10 Aspectos a tener en cuenta en la selección del verraco**

La capacidad de seleccionar cerdas primerizas de reemplazo con precisión mejora la productividad de por vida y la rentabilidad de las operaciones porcinas. Para muchas granjas, una cerda debe lograr tres partos para cubrir sus costos de desarrollo y mantenimiento antes de obtener ganancias. Cuando las tasas de reemplazo aumentan debido a primerizas no productivas, los costos de producción y mano de obra aumentan rápidamente. El objetivo siempre es maximizar las ganancias, disminuir la mano de obra, utilizar las instalaciones de manera eficiente y mantener la salud reproductiva y general de las primerizas. (El sitio Porcino, 2023)

#### **3.10.1 edad**

El proceso de selección se realiza en dos momentos clave, al destete y posteriormente entre los 6 y 7 meses de edad. Se considera que la selección del verraco es más efectiva cuando se realiza más tarde, una vez que ha desarrollado claramente sus características sexuales secundarias. También es importante evaluar su desarrollo físico en relación con su edad. (González, 2005)

### **3.10.2 raza**

La selección de los animales debe considerar aquellas razas que demuestren una mejor adaptación al entorno (rusticidad) y razas con buena prolificidad o crecimiento rápido (precocidad), dependiendo del objetivo de producción, ya sea la producción de lechones para engorde o la producción de pie de cría. Los animales seleccionados deben gozar de buena salud y no presentar signos de enfermedad como tos, diarrea o mal olor. (El sitio porcino, 2021)

### **3.10.3 procedencia**

“Es preferible seleccionar verracos que provengan de camadas numerosas, vigorosas e idealmente, homogéneas en tamaño y desarrollo” (Manteca y Verlarde, 2022).

### **3.10.4 conformación**

Se busca una buena conformación general, con un aspecto armonioso con las partes exteriores deseadas (como el lomo y el pernil) bien desarrolladas, incluyendo sus órganos reproductores. Es importante tener precaución con animales que solo destacan por su apariencia atractiva y gran tamaño, ya que a menudo presentan un mayor porcentaje de grasa dorsal. (Marco, 2020)

### **3.10.5 número de tetillas**

“El verraco también debe ser evaluado en cuanto al número de tetillas, requiriéndose un mínimo de 12, distribuidas de manera uniforme” (González, 2005).

### **3.10.6 peso**

“Se espera que el verraco alcance un peso superior a los 20 kg a los 3 meses de edad y de 100 kg entre los 6 y medio y 7 meses” (Castellanos, 2024).

### 3.10.7 movilidad

“El verraco candidato a selección debe ser observado tanto en reposo como en movimiento. Se evaluará su apariencia frontal, posterior y lateral, prestando atención a su forma de desplazarse y a la calidad de sus extremidades posteriores”(Gonzalez, 2005).

La impresión general debe ser de agilidad y potencia. Es importante recordar que, si un verraco produce descendencia de buena calidad, debe mantenerse como reproductor el mayor tiempo posible, reemplazándolo únicamente en caso de enfermedad, lesiones o una disminución significativa de su libido o un aumento excesivo de peso. (MEFCCA, 2021)

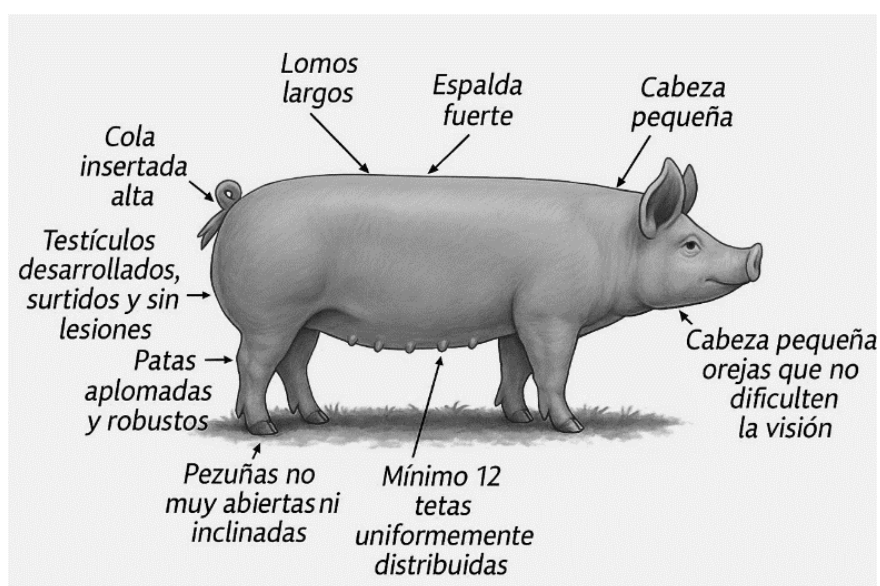


Figura 4. Parametros para la selección de un buen verraco reproductor.

Fuente: (Gil, 2011)

### 3.11 Selección de la cerda de cría

La selección adecuada de cerdas reproductoras es un paso fundamental en la mejora genética y productiva de una piara porcina. Esta decisión influye directamente en la calidad de las futuras camadas, ya que las cerdas no solo transmiten sus características individuales, sino también aquellas heredadas de generaciones anteriores. Por ello, es esencial considerar diversos factores que garanticen el éxito reproductivo y la eficiencia productiva del hato. (Castellanos, 2024)

Según (Gonzalez, 2005) explica que entre los aspectos a considerar en la selección de cerdas están:

- ✓ Edad: El momento óptimo para seleccionar cerdas es al destete o entre los 5 y 7 meses de edad. La primera cubrición debe realizarse alrededor de los 8 meses, cuando la cerda alcance un peso entre 100 y 110 kilogramos.
- ✓ Razas: Salvo que se busque mantener razas puras, se recomienda utilizar cerdas híbridas, producto del cruce de razas adaptadas al entorno. Esto favorece el vigor híbrido mejorando la productividad y resistencia.
- ✓ Salud: La cerda debe estar completamente sana, sin signos visibles de enfermedad, lo cual es crucial para evitar la transmisión de patologías a la descendencia.
- ✓ Procedencia: Es preferible seleccionar cerdas provenientes de camadas numerosas y homogéneas, lo que indica un buen potencial genético y reproductivo.
- ✓ Conformación: Se debe observar una buena capacidad abdominal, jamones desarrollados, extremidades bien estructuradas (buenos aplomos) y un tren posterior fuerte pero no excesivamente pesado, para evitar el aplastamiento de las crías.
- ✓ Número de tetillas: La cerda ideal debe tener entre 6 y 7 tetillas bien definidas y uniformemente distribuidas a cada lado del vientre, lo que asegura una adecuada alimentación para toda la camada.

Adicionalmente, se deben considerar las siguientes cualidades:

- ✓ Buenas aptitudes maternas y una excelente capacidad de producción de leche (evaluadas a través del historial de la madre).
- ✓ Buena fecundidad (capacidad de quedar gestante) y fertilidad (capacidad de producir óvulos viables y llevar la gestación a término).
- ✓ Alta prolificidad (capacidad de parir camadas numerosas).
- ✓ Precocidad (alcanzar la madurez sexual a una edad temprana).
- ✓ Rusticidad (capacidad de adaptarse a las condiciones del entorno) y resistencia a enfermedades.

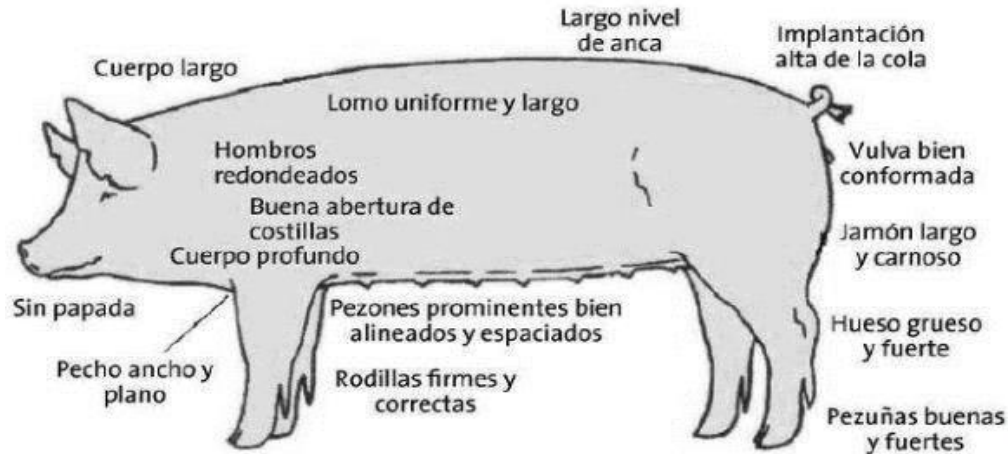


Figura 5. Parametros para la selección de una buena cerda reproductora.

Fuente: (Parodi, 2013)

### 3.12 Importancia del Mejoramiento Genético

En la industria porcina, la aplicación de técnicas de mejora genética ha revolucionado la producción, incrementando la eficiencia, mejorando la calidad de la carne y fortaleciendo la resistencia a enfermedades. Mediante la selección genética, los criadores identifican y reproducen animales con atributos deseables, como un crecimiento más rápido, una conversión alimenticia eficiente y una mayor capacidad reproductiva. Estos avances han impulsado la productividad, permitiendo a los productores obtener más carne de cerdo de manera más eficiente y rentable. (Beltrán, 2015)

La inseminación artificial juega un papel crucial en la producción porcina, ya que impulsa el progreso genético y mejora los rendimientos productivos; para lograrlo, es esencial que los veterinarios y técnicos de campo cuenten con el respaldo de laboratorios que ofrezcan diagnósticos precisos y especializados en la evaluación de semen. La implementación de evaluaciones periódicas de la calidad seminal, a través de espermogramas, asegura un comportamiento reproductivo óptimo y sostenible en la granja a largo plazo. (Almaguer, 2015)

### **3.13 Ventajas de la Inseminación Artificial**

Según lo descrito por (Torrentes et al., 2013) existen ventajas y desventajas de la I.A las cuales se describen a continuación:

#### **Ventajas zootécnicas:**

- ✓ Reduce la necesidad de un gran número de verracos, lo que conlleva ahorros en espacio e inversión en mantenimiento.
- ✓ Facilita la rápida propagación de mejoras genéticas a través del uso de reproductores con características deseadas.
- ✓ Permite una mayor incorporación de genética superior y novedosa en las explotaciones.
- ✓ Contribuye a la obtención de lotes de producción más uniformes.
- ✓ Posibilita que los verracos generen una gran cantidad de descendencia en un periodo de tiempo más corto.
- ✓ La información recopilada de la numerosa descendencia incrementa la precisión en la evaluación genética de cada verraco.
- ✓ Permite el control de la calidad del semen de los verracos, que puede verse afectada por diversos factores ambientales, de manejo y sanitarios.
- ✓ Acelera el proceso de selección genética al lograr un mayor número de concepciones en menos tiempo.

#### **Ventajas sanitarias.**

- ✓ Permite un mayor control de la higiene durante el procedimiento de inseminación artificial.
- ✓ Disminuye el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y contagiosas por vía sexual.
- ✓ Facilita el mantenimiento de un registro detallado de las vacunas y tratamientos aplicados a los animales.

## **Ventajas de manejo**

- ✓ Representa un ahorro significativo de tiempo y esfuerzo en comparación con la monta natural.
- ✓ Posibilita el uso de semen de verracos con una calidad genética superior.
- ✓ Evita los problemas e inconvenientes que pueden surgir durante la monta natural.
- ✓ Reduce la necesidad de introducir nuevos animales a la explotación, minimizando el riesgo de introducción de portadores de enfermedades.
- ✓ Disminuye los inconvenientes asociados al mantenimiento de verracos en instalaciones adecuadas, como el costo de alimentación y sanidad.
- ✓ Reduce los costos generales de reproducción, incluyendo el ahorro de espacio, alimento y mano de obra.

### **3.14 Desventajas de la inseminación artificial**

Las desventajas de la inseminación artificial (IA) en porcinos incluyen principalmente el factor humano, ya que la intervención de los operarios en etapas como la recolección y la inseminación puede generar errores o alteraciones en el proceso, especialmente cuando el sistema ya está establecido en la granja y comienzan a aplicarse atajos que afectan la calidad del trabajo. Esto resalta la importancia de la consistencia y la disciplina del personal. Además, una detección inadecuada del celo en las hembras puede reducir la eficacia de la técnica, por lo que es fundamental aplicar rigurosamente los procedimientos y determinar correctamente el momento óptimo para la inseminación. (Instituto de Investigaciones Porcinas, s.f)

### **3.15 El procesamiento y almacenaje de semen**

Durante la preparación del Verraco, el prepucio puede ser una fuente importante de contaminación, es fundamental limpiarlo y recortar el pelo largo de la zona. El masaje durante esta higiene también ayuda a estimular sexualmente al verraco. Se incentiva a realizar esta tarea utilizando guantes de polivinilo sin talco, dado los pasos anteriores, se prepara el soporte o 'potro' donde el verraco eyaculará. (Almaguer et al., 2015)

Durante el proceso de preparación del verraco, estos no ofrecen resistencia, especialmente si ya están acostumbrados.

Es crucial que el 'potro' esté bien ajustado y firmemente sujeto al suelo, ya que de lo contrario el animal podría fallar en su intento y mostrar resistencia a futuras montas.

“Para aumentar la estimulación, es útil que los componentes del soporte emitan olores atractivos para el cerdo, lo cual se puede lograr impregnando un paño con semen u orina de cerdas en celo” (González, 2005).

### **3.16 Obtención del semen**

Para la recolección de semen utilizando la técnica de mano enguantada, se deben seguir los siguientes pasos: primero, asegurarse de que el recipiente térmico esté claramente identificado con el número del verraco. Luego, esperar a que el pene salga del prepucio mientras el verraco muestra excitación sobre el soporte de monta.

Una vez que el pene haya salido del prepucio, se procede a tomar el pene con la mano de forma suave, sin ejercer presión, para que el animal se habitúe al contacto. Es importante mantener el pene en posición horizontal para evitar que el semen se derrame sobre la mano y contamine la muestra. Seguidamente, se estimula la punta del pene con los dedos pulgar o meñique. Finalmente, cuando el pene sobresalga completamente del prepucio, se presiona su extremo, teniendo cuidado de que la punta quede libre fuera de la mano. (Córdova , 2015)

### **3.17 Evaluación del semen**

La evaluación del semen es crucial para identificar posibles problemas de subfertilidad o infertilidad en los verracos. Estas condiciones pueden ser resultado de diversos factores que afectan la calidad del semen, incluyendo las condiciones ambientales, el estado nutricional y la sanidad general del animal (El sitio porcino, 2021). Una vez que la muestra de semen llega al laboratorio, se pueden evaluar diversos parámetros.

- ✓ Color y Olor: Se examina si el color blanco característico del semen es brillante o si presenta turbidez con tonalidades anormales como marrón, rojizo o amarillento. La presencia de colores u olores inusuales puede ser indicativo de alteraciones patológicas en el sistema reproductor o de la contaminación del semen con orina durante la eyaculación (Torrentes et al 2013).
- ✓ Temperatura: Se mide la temperatura del semen directamente en el recipiente de recolección antes de colocarlo en un baño María con una temperatura controlada entre 33 y 37°C, según el protocolo de trabajo. Es crucial verificar que la diferencia de temperatura entre el eyaculado recién recolectado y el baño María no exceda los 2°C. En caso de una diferencia mayor, se debe ajustar la temperatura del baño María a la del semen, nunca, al contrario. Además, para prevenir daños en la membrana espermática, no se recomienda mantener el semen puro en el baño María por más de 15 minutos antes de su dilución. (Medina y Urbina , 2015)
- ✓ Motilidad: Se evalúa mediante la observación al microscopio de una gota de semen colocada en un portaobjetos calentado a 38-39°C y cubierta con un cubreobjetos. Para mantener la temperatura, se utiliza una platina calentable.

“La observación se realiza con aumentos de 100x a 200x, evaluando tanto el movimiento general de la muestra como el tipo de movimiento individual de los espermatozoides, cuya valoración se expresa en un porcentaje de 0 a 5%” (Saenz, 2021).

En la evaluación de la motilidad del semen conservado, se realizan dos observaciones: una con una gota de semen diluido y atemperado, y otra con una gota similar a la que se añade una solución de cafeína. Esta última prueba ayuda a determinar la capacidad real de movimiento de los espermatozoides. (Senasa, 2011)

- ✓ Calidad de Movimientos: Se distinguen varios tipos de movimiento espermático: ausencia de movimiento, movimientos pobres (solo se mueve la cola, la cabeza permanece fija, pudiendo girar sobre sí mismos), desplazamientos en círculos con algunos movimientos progresivos, movimientos progresivos y ondulantes, movimientos progresivos y rápidos, y movimientos progresivos muy rápidos. (Torrentes, 2013)

- ✓ **Aglutinación:** Durante la evaluación de la motilidad, se pueden observar grupos de espermatozoides de diferentes tamaños, fenómeno conocido como aglutinación espermática. Esta se valora de 0 a más, siendo tres cruces indicativas de una aglutinación muy evidente. Al calcular el porcentaje total de células en movimiento, los espermatozoides aglutinados no se incluyen en la cuenta. (Grupo Minitube, 2021)
- ✓ **Concentración:** El cálculo de la concentración espermática es fundamental, ya que, en función de este valor y del volumen del eyaculado, se puede determinar el número de dosis de semen a preparar. Consiste en la cuantificación del número de espermatozoides por unidad de volumen. Esta determinación se puede llevar a cabo mediante diversos métodos, siendo los más comunes el uso de cámaras de recuento celular (Bürker, Neubauer, Thomas), la colorimetría, los sistemas integrados de conteo de espermatozoides mediante microscopía de fluorescencia (Nucleocounter) y los sistemas automáticos de análisis de imágenes CASA (Computer Assisted Semen Analysis). (Torrentes, 2013)

### **3.18 Técnicas de inseminación porcina**

Las técnicas de inseminación porcina varían según el punto de deposición del semen. La Inseminación Cervical (SAI) deposita el semen al inicio del cérvix, requiriendo que atraviese el útero; se emplean diversas estrategias para facilitar este paso y asegurar la fecundación. La Inseminación Post Cervical (PCAI) introduce el semen directamente en el cuerpo del útero con una cánula especial guiada a través del cérvix, permitiendo la fecundación bilateral. Finalmente, la Inseminación Intrauterina Profunda (DUI) deposita el semen en un solo cuerno uterino cerca de la unión útero-tubárica, utilizando una cánula más larga, lo que puede afectar la prolificidad al dificultar la fecundación en ambos lados. (Sellés et al., 2003)

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

Este estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Porcina de Cofradía, (del colegio Rubén Darío 600 metros al oeste). Departamento de Masaya, municipio de Nindirí, comarca de Cofradía. Con coordenadas geográficas. 12°7'12" N y 86°7'19" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o 12.12 y 86.1219 (en grados decimales). Su posición UTM es EU93. (Graphic, Join operation, 2015).



Figura 6. Granja porcina de Cofradía

Fuente Google maps

### 4.2. Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos.

Se realizó un estudio Experimental de corte transversal para evaluar la fertilidad del verraco Z-004 en cerdas TN70 de la granja en Cofradía. Inicialmente, se recolectó semen del verraco, y se procedió a un análisis seminal exhaustivo, donde se midieron el volumen, la concentración y la motilidad espermática. Posteriormente, se inseminaron artificialmente siete cerdas TN70 en estro con el semen recolectado.

Las fechas de inseminación fueron registradas, y se observó a las cerdas durante 21 días para detectar repeticiones de estro, lo que permitió calcular la tasa de repeticiones. A partir del día 30 post inseminación, se efectuó un diagnóstico de gestación por ultrasonido para determinar el porcentaje de preñez. Finalmente, los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva utilizando el programa Excel para guardar la información en bases de datos con el fin de evaluar la eficiencia reproductiva del verraco Z-004.

#### **4.3.Relación macho-hembra**

La respuesta óptima a la inducción puede obtenerse utilizando una vez al día el contacto físico del macho con el corral de nulíparas. La relación adecuada Macho: nulíparas ( $\leq 1:15$ ) es importante y si aumenta, también debe hacerlo la duración de la exposición diaria o el número de verracos. La exposición física utilizando un verraco intacto o vasectomizado proporciona un gran abanico de estímulos. Es importante controlar a los verracos con una libido alta con paneles, arneses o dispositivos mecánicos móviles para evitar el estrés y lesiones en las patas de las nulíparas. (Knox, 2017)

#### **4.4.Manejo sanitario**

Dentro de las instalaciones la temperatura oscila entre unos 34 a 38 °C, tomando referencia en el área de reproducción se realizaron diferentes tipos de medidas sanitarias, como son las siguientes:

- ✓ Limpieza en seco.
- ✓ Lavado en húmedo
- ✓ Fumigaciones sanitarias para reducir carga bacteriana.

Esto se realiza todos los días en el área para prevenir diferentes tipos de patologías sean bacterianas o virales que afecten el ciclo productivo del animal.

#### 4.5.Ciclo estral

El Estro o calor de las cerdas primerizas dura de uno a dos días y la mayoría de las cerdas van a ovular tarde en el segundo día. Es por eso que para las cerdas nulíparas las horas ideales para inseminar son en horas: 0,12 y 24 esto debido a que su periodo de ovulación es más rápido al de una multípara.

La detección de calores se optimiza al tener un periodo corto e intenso de exposición al macho. Si la cerda recibe una exposición constante al macho. La cerda se puede habituar al macho y por lo tanto bajar su nivel de recepción al momento del celo o calor.

#### 4.6. Datos o variables para evaluar

Cuadro 1. Datos o variables para evaluar

| Nombre de la variable | Definición                                                                                                                                         | Operalización                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                                                                                                                                    | El análisis seminal in vitro (espermiograma). Según lo descrito por (Rodríguez-Martínez, 2013)                                                                                                  |
| Calidad seminal       | Conjunto de características (Macro y microscópicas) del semen que determinan su capacidad para fertilizar a las cerdas y producir camadas viables. | Motilidad espermiática: Se mide la capacidad de los espermatozoides para moverse y nadar, tomando en cuenta una escala de 0 a 100%. Un valor de motilidad del 60% o mayor es considerado normal |

|                              |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                                                                                                        | Concentración de espermatozoides: Se evalúa la cantidad de espermatozoides presentes en un volumen determinado de semen con la técnica de Fotometría                                                                                                                                                                                   |
| Tasa de repeticiones hembras | Es el número de cerdas que no quedaron gestadas después de recibir su servicio (inseminación), expresado en porcentaje | Para ello se intenta conseguir en cerdas primerizas un 20% o menos, mientras que en cerdas multíparas un 15% o menos, siendo el promedio general entre un 15% a 20%.<br>Ecografía:<br>Es el método más preciso y común. Se realiza a partir de los 25-30 días post inseminación. Permite visualizar la presencia de fetos en el útero. |
| Porcentaje de Preñez         | Es el número de cerdas que quedan gestantes, expresado en porcentaje                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

---

#### 4.7. Recolección de datos

Los datos se recolectaron en tres momentos, fase de campo y fase de laboratorio y fase de inseminación. Iniciando en la tercera semana del mes de marzo con la etapa de campo finalizando la tercera semana de abril del año 2024.

Se realizó en una hoja de cálculo de SPSS y Excel para crear una base de datos y se utilizó formatos que requieren la información individual del macho y las hembras también un formato que se utilizó para la evaluación andrológica del verraco.

La obtención de semen del verraco Z-004 se documentó de manera rigurosa mediante formatos, asegurando la integridad de los datos y la completa trazabilidad de los resultados de laboratorio. Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de parámetros seminales específicos con el objetivo de determinar la viabilidad del semen para la inseminación artificial de las cerdas y, por consiguiente, inferir la capacidad reproductiva del verraco. La estructura de la recolección de datos se basó en un formato predefinido que comprendió la información general del animal, los análisis biológicos detallados del semen y las conclusiones derivadas de dichos análisis. (Anexo 1, 2,3 y 4)

#### ***4.7.1 fase de campo***

##### ***selección de reproductores***

La selección de reproductores, tanto machos como hembras, se realizó siguiendo criterios específicos para asegurar la calidad genética y el éxito reproductivo. Para los verracos, se evaluaron parámetros como la edad, la fertilidad, la condición de las extremidades, la condición física y de salud, la producción de saliva, el comportamiento, la raza y el reconocimiento del maniquí.

En el caso de las hembras, se seleccionaron siete cerdas nulíparas, considerando su edad, raza, peso, tamaño, condición de las extremidades, condición física y de salud, comportamiento, cantidad de pezones y desarrollo de la vulva.

##### ***método de extracción de semen***

La obtención de semen se llevó a cabo de forma manual en un potro o maniquí en la cual consistió llevar al verraco de su corral hacia el área de extracción para estimularlo en la parte del prepucio con las condiciones naturales de apareamiento y estimular al macho. Se permitió al verraco realizar movimientos de búsqueda con su pene.

##### ***colección del semen***

La recolección de semen se inició cuando el pene del verraco emergió del prepucio, momento en el que el animal se encontraba excitado. Con una mano, se tomó el pene, sujetándolo suavemente para familiarizar al verraco con la manipulación.

Una vez que el pene estuvo completamente afuera, se presionó la punta con los dedos, asegurándose de que los espirales de la punta del pene sobresalieran de la mano.

Al comenzar la eyaculación, se continuó presionando la punta del pene con una presión intermitente para estimular al verraco hasta la expulsión completa del semen.

#### **4.7.2 fase de laboratorio**

Se realizó un seguimiento detallado de la actividad reproductiva del verraco, registrando la frecuencia de extracción de semen y todos los parámetros seminales relevantes. Paralelamente, se documentaron las fechas de inseminación de las cerdas, programando un control de gestación de 21 días después de cada inseminación.

Una vez completada la detección de gestación en todas las cerdas inseminadas, se calculará la tasa de fertilidad del verraco. El objetivo es evaluar si el verraco alcanza o supera el 85% de fertilidad en las cerdas inseminadas.

Los datos recopilados, incluyendo las fechas de extracción de semen del verraco y las fechas de inseminación de las cerdas, se almacenaron en una hoja de cálculo de Excel para facilitar el análisis y seguimiento.

#### ***espermiograma***

La medición del volumen del eyaculado se realizó después del filtrado, utilizando una probeta graduada con capacidad de 500 ml, previamente esterilizada.

#### ***concentración***

La concentración espermática de los verracos se determinó mediante la técnica de fotometría, Descrita por (Brito et al. 2016; Vianna et al. 2004). Utilizando un fotómetro calibrado específicamente para semen porcino. Se recolectaron muestras de semen fresco, las cuales se diluyeron en una solución salina fisiológica según las instrucciones del fabricante del fotómetro. (Citado por Valverde-Abarca et al., 2019)

Posteriormente, se introdujo la muestra diluida en la cubeta del fotómetro y se realizó la lectura de la absorbancia. A partir de la lectura obtenida, se calculó la concentración espermática utilizando la curva de calibración específica para el fotómetro utilizado. Los resultados se expresaron en millones de espermatozoides por mililitro (mill/ml).

### ***motilidad espermática***

La motilidad espermática se evaluó siguiendo la metodología descrita por Sellés et al. (2003). Inmediatamente después de la recolección del semen, se colocó una gota sobre un portaobjetos y se observó bajo un microscopio óptico con platina caliente, previamente atemperada para estimular el movimiento de los espermatozoides.

La motilidad se expresó como un porcentaje, basado en el tipo de movimiento exhibido por las células espermáticas. Se estableció un valor mínimo aceptable de 70% de motilidad. Cuando se observa un movimiento rectilíneo sin oleaje toma valores entre 60- 65%, si hay oleaje oscila entre 70-75% y si se presenta en forma de remolino con movimiento muy rápido, la motilidad es del >75%; observable solamente en sementales jóvenes elites.

#### ***4.7.3 inseminación y control de hembras***

La inseminación artificial de las hembras fue según la regla internacional: am – pm; pm – am. Los calores de estas hembras son más cortos debido a que son cerdas nulíparas el cual fueron inseminadas a la hora 0 por su ciclo, que son más cortos que las multíparas, con una repetición de 12 horas, cada dosis de semen equivale a 100 ml.

Al día 25 posterior a la inseminación artificial, se llevó a cabo una evaluación ecográfica en cada una de las hembras para confirmar de manera temprana el establecimiento de la gestación. este procedimiento no invasivo se realizó con el fin de detectar estructuras embrionarias.

#### ***4.7.4. parámetros para medir la eficiencia de la preñez***

La tasa de gestación, expresada como el porcentaje de cerdas que conciben tras la inseminación, es un indicador clave de la eficiencia reproductiva. El objetivo es alcanzar una tasa de gestación óptima, generalmente entre el 87% y el 95%.

La tasa de gestación, expresada como el porcentaje de cerdas que concibieron tras la inseminación, fue un indicador clave de la eficiencia reproductiva. El objetivo fue alcanzar una tasa de gestación óptima, generalmente entre el 87% y el 95%.

Tras la confirmación de la gestación, se procedió a registrar los datos de las cerdas gestantes y no gestantes en una hoja de cálculo de Excel para un seguimiento detallado. Las cerdas confirmadas como gestantes fueron reclasificadas en la categoría correspondiente

#### **4.8 Análisis de datos**

Con la información recolectada se diseñó una base de datos en Excel de Microsoft office posteriormente se realizó un análisis descriptivo con frecuencias, distribución de frecuencia, gráficos y función percentil, para luego obtener resultado del estudio realizado.

##### **4.8.1 materiales y equipos**

Los equipos que se utilizaron en el estudio están dentro de tres fases: campo, laboratorio e inseminación fueron de suma importancia porque nos ayudaron en el proceso de preparación del estudio para poder evaluar parámetros de las variables antes mencionada

##### ***materiales de campo***

- ✓ Guantes
- ✓ Botas
- ✓ Termo recolector
- ✓ Potro o Maniquí

##### ***materiales de laboratorio***

- ✓ Microscopio: fue de vital importancia porque el uso principal fue para analizar nuestras muestras de semen y evaluar su calidad de movimiento espermáticos antes de realizar la preparación de semen Fotómetro porcino se utilizó para medir con precisión la concentración de nuestras muestras del semen del verraco Z 004
- ✓ Balanza de gramera: Se utilizó para medir el volumen del semen en caliente extraído del macho.

- ✓ Calentador: Este equipo se utilizó para calentar los materiales como: Micro cubeta, porta objeto y pipetas, esto con el fin de esterilizar a 37°C.
- ✓ Porta objeto: es una pequeña lamina de vidrio rectangular, donde se coloca una muestra de semen para su observación en el microscopio.
- ✓ Micro cubeta: Es un material de importancia que fue utilizado para medir la concentración de espermatozoides en una muestra de semen.
- ✓ Agua reactiva: Es una agua destilada o desmineralizada, ya que está libre de sales y minerales que puedan afectar la calidad del semen y su viabilidad
- ✓ Diluyente: Solución utilizada para extender y preservar la viabilidad de los espermatozoides después de la recolección, especialmente para la inseminación artificial.

#### ***materiales de inseminación***

- ✓ Pachas y tapones: Capacidad de 100 ml donde equivale una dosis seminal, donde ayuda a cerrar la pacha el tapón.
- ✓ Catéter: Es un dispositivo de plástico, usualmente flexible que se introduce en el aparato reproductivo de la hembra para depositar el semen en el lugar deseado, generalmente en el cérvix, durante la inseminación artificial. El catéter convencional para las cerdas fue una herramienta en la inseminación artificial y su correcta selección y uso fueron claves para obtener buenos resultados de fertilidad presentados en el estudio.
- ✓ Guantes: Se utiliza con el propósito de no tener contaminación cruzada y no afectar el proceso
- ✓ Tabla de registro: En esta tabla se lleva el control de la dosis aplicada por cerda, hora, fecha.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Características macroscópicas y microscópicas del material seminal del verraco

En el presente estudio, se realizó un examen seminal exhaustivo al verraco de la línea **Z-004** con el objetivo de calificar sus parámetros reproductivos.

Cuadro 2. Valoración de parámetros seminales

| Examen andrológico | Ideal                     | Media Real      |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| Aspecto            | Lechoso – cremoso -espeso | Lechoso-cremoso |
| Color              | Blanco                    | Blanco cremoso  |
| Olor               | Sin olor                  | Sin olor        |
| Volumen            | 100-300                   | 216 ml          |
| Concentración      | 102-390                   | 374             |
| Motilidad:         | 70-90                     | 95%             |
| Pachas preparadas  | 20                        | 22              |

**Nota:** Datos obtenidos del análisis andrológico realizado en el laboratorio de Granja Porcina Cofradía 2024.

El examen andrológico reveló que el verraco presentó características seminales dentro de los parámetros esperados para un reproductor de alta calidad. El aspecto lechoso-cremoso y el color blanco cremoso del semen, junto con la ausencia de olor, confirman la normalidad de la muestra. El volumen del eyaculado, de 216 ml, superó el límite inferior del rango aceptable (100-300 ml) descrito por Rodríguez-Martínez (2013) en su tabla de rangos y niveles de aceptabilidad para parámetros seminales de verraco.

La concentración espermática de 370 millones de espermatozoides por mililitro (mill/ml) indica una alta densidad espermática, lo que sugiere un potencial de fertilidad favorable. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Villegas (2022), quien reportó concentraciones espermáticas que oscilaron entre 102.35 y 390.38 x 10<sup>6</sup> espermatozoides/ml.

La similitud entre los datos obtenidos en este estudio y los de Villegas (2022) refuerza la validez de la evaluación y sugiere que el verraco evaluado se encuentra dentro de los parámetros de calidad seminal esperados.

La evaluación de la motilidad espermática arrojó un valor del 95%, superando significativamente el rango ideal de 70-90%. Este resultado evidencia una excelente capacidad de movimiento de los espermatozoides y un alto potencial fecundante. Resultados similares fueron reportados por (Villegas, 2022), quien encontró valores de motilidad individual progresiva del 90.49%. En contraste, Almaguer et al. (2015) informaron valores de motilidad inferiores al 80% en todos los genotipos de verracos analizados. La discrepancia entre estos resultados y los obtenidos en el presente estudio puede atribuirse a diversos factores, incluyendo diferencias en las condiciones de manejo, la genética de los animales o las técnicas de análisis empleadas.

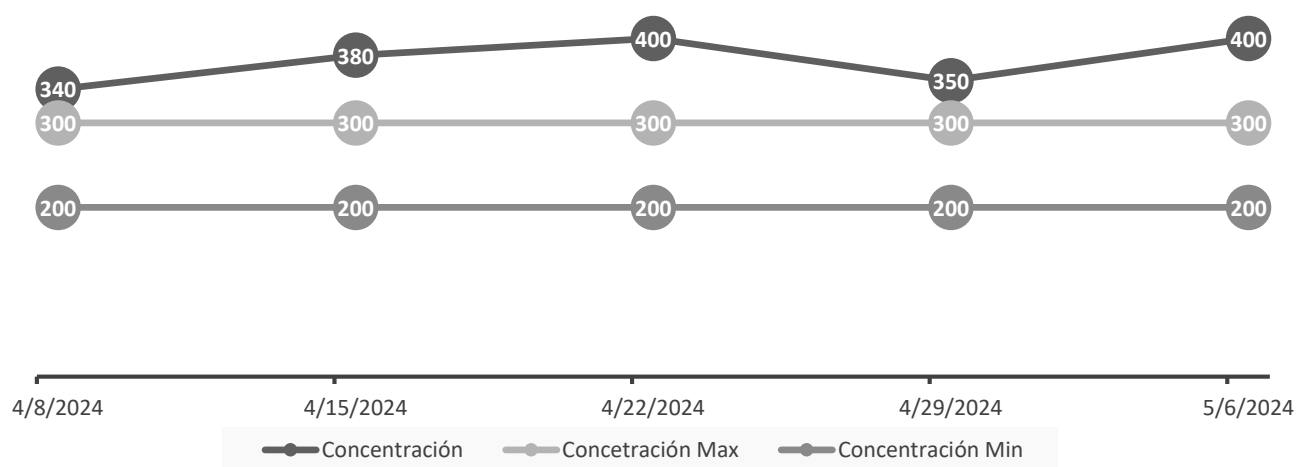


Figura 7. Evaluación de Semen del verraco de la línea Z-004.

Fuente: Fuente propia

El gráfico muestra la concentración espermática del verraco a lo largo de un período de aproximadamente un mes, desde el 8 de abril hasta el 6 de mayo 2024. Se observa una tendencia estable en la concentración espermática, con valores que oscilan entre 300 y 400 millones de espermatozoides por mililitro (mill/ml).

La línea negra sólida representa la concentración espermática real medida en cada fecha, mientras que la línea gris oscura indica valores máximos y la gris clara indica el valor mínimo registrados, respectivamente.

La línea negra muestra la tendencia lineal de la concentración, confirmando la estabilidad observada. En general, el gráfico evidencia una producción espermática consistente y de alta densidad a lo largo del tiempo evaluado.

La alta tasa de preñez del 85% registrada en este estudio respalda los resultados obtenidos sobre la calidad seminal observada en el verraco evaluado, esto se tradujo en una alta eficiencia reproductiva. La media de 22 pachas preparadas confirma la viabilidad del semen para su uso en programas de inseminación artificial. En conjunto, estos resultados sugieren que el verraco evaluado posee una excelente calidad seminal y un alto potencial reproductivo.

Según Rodríguez (2020). Los datos de fertilidad de un reproductor a evaluar andrológicamente son de suma importancia. Éstos determinan, en última instancia, su normalidad basada en el nivel de fertilidad registrado, llegando a clasificarle como sub fértil o, en casos graves, como de infertilidad permanente y completa (esterilidad). La fertilidad de un verraco se refiere a la capacidad para producir espermatozoides de alta calidad que pueden resultar en una concepción exitosa y el nacimiento de camadas numerosas. Tradicionalmente, la evaluación de la fertilidad se basa en medidas convencionales de calidad del semen. (Portal Veterinaria, 2020)

## 5.2 Tasa de repeticiones de cerdas de la línea de TN70

Cuadro 3. Registro Comportamiento Reproductivo de cerdas

| <b>Cerdas</b>      |          | <b>100.00%</b>    |                                        |
|--------------------|----------|-------------------|----------------------------------------|
| <b>Inseminadas</b> | <b>7</b> | <b>Regla de 3</b> | <b>Equivale a 7 cerdas inseminadas</b> |
| Cerdas Gestadas    | 6        | $6*100/7$         | 85.71% de fertilidad                   |
| Cerdas repetidoras | 1        | $1*100/7$         | 14.29% de repetición                   |

La tabla muestra una tasa de repetición del 14.29% en las cerdas inseminadas, lo que representa una cerda del total de siete.

Este valor es considerablemente menor a los reportados por González (2019), quien observó tasas de repetición del 32.19% en montas directas y del 25.0% en inseminaciones artificiales. Aunque la tasa de preñez general del 85.71% se considera aceptable, la presencia de una cerda repetidora sugiere posibles deficiencias en el manejo reproductivo, la calidad del semen o la salud animal. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de una evaluación exhaustiva de los factores que podrían haber contribuido a la falta de concepción en esta cerda en posteriores estudios.

### 5.3 Índice de preñez post inseminación artificial de las cerdas TN70

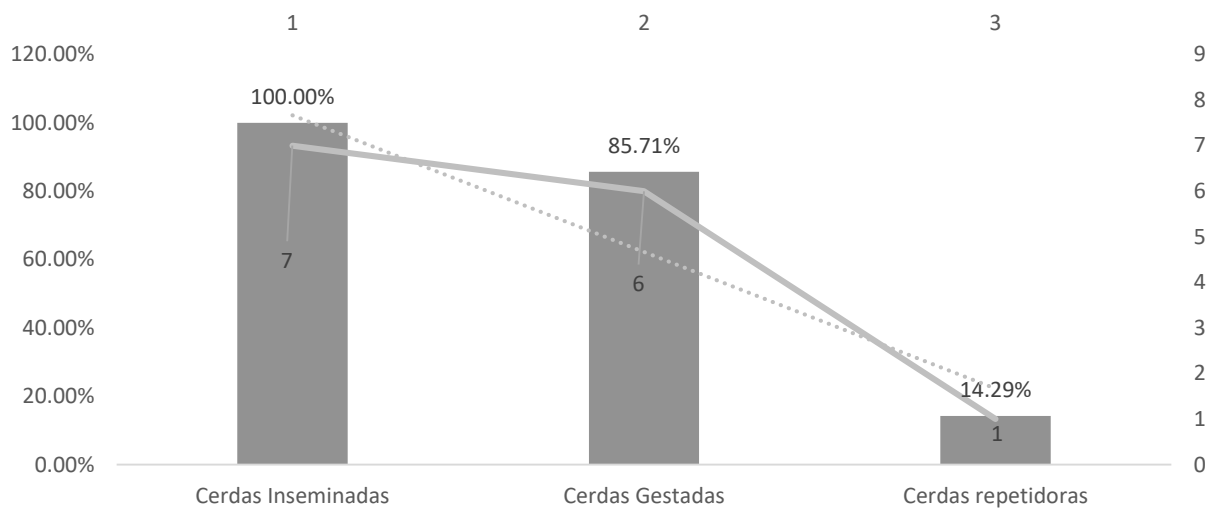


Figura 8. Índice de preñez de cerdas inseminadas de la línea de TN70

Fuente: Fuente propia

La Figura 3 presenta el índice de preñez obtenido en este estudio, el cual fue del 85.71%, comparando el número de cerdas inseminadas, gestantes y repetidoras. Al contrastar estos resultados con estudios previos, se observa una variación significativa. González (2019) reportó en su estudio que el índice de preñez fue un promedio de 69.12%, en su estudio sobre el comportamiento reproductivo de cerdas. más bajo que los porcentajes en este estudio debido que el presentaba mayor número de cerdas y un mayor número de repeticiones. Este reporte difiere considerablemente de los hallazgos de Coronel (2012) y Delgadillo et al. (2021), quienes obtuvieron índices de preñez del 93.7% y 89.5%, respectivamente.

Aunque el índice de preñez obtenido en el presente estudio es inferior a estos últimos, se considera que aún indica una alta eficiencia reproductiva, situándose dentro de los parámetros aceptables para granjas porcinas comerciales. La variabilidad en los resultados entre los estudios podría atribuirse a diferencias en las metodologías de inseminación, el manejo de las cerdas, la calidad del semen utilizado, o factores ambientales específicos de cada estudio.

## VI. CONCLUSIONES

Se evaluó la calidad del semen del verraco de la línea **Z-004** mediante un examen seminal en el que se determinó que este presenta una excelente calidad, entre las características evaluadas se encuentran por los parámetros macroscópicos (aspecto, color, olor y volumen) encontrándose estos dentro de los rangos ideales y una concentración espermática consistente de alta densidad a lo largo del tiempo evaluado, con una media de 374 millones de espermatozoides por mililitro, a su vez este semen se destacó particularmente por la elevada motilidad espermática (95%), lo que sugiere un excelente potencial fecundante.

El análisis macroscópico del semen del verraco evidenció parámetros dentro de los rangos deseables, incluyendo un aspecto lechoso-cremoso, color blanco cremoso, ausencia de olor y un volumen de 216 ml. A nivel microscópico, la concentración espermática (374 millones/ml) y la motilidad (95%) superaron los valores ideales establecidos para verracos reproductores. Estos resultados permitieron obtener un promedio de 22 dosis seminales por eyaculado.

La aplicación del semen del verraco Z-004 en la inseminación artificial de cerdas de la línea TN70 logró un índice de preñez del 85.71%. Si bien este valor se considera indicativo de una alta eficiencia reproductiva y se sitúa dentro de los parámetros aceptables para la producción porcina comercial, la presencia de una tasa de repetición del 14.29% (una cerda de siete) sugiere la necesidad de una evaluación más detallada de los factores que pudieron haber influido en la concepción de esta cerda en particular.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Dada la excelente calidad seminal demostrada por el verraco de la línea Z-004, se recomienda mantener un programa de evaluación seminal periódica (espermigramas) para asegurar la continuidad de estas características a lo largo de su vida reproductiva. Esto permitirá detectar cualquier cambio temprano y tomar medidas correctivas si es necesario.

Se recomienda revisar y optimizar continuamente los protocolos de manejo reproductivo, incluyendo la sincronización del celo, la técnica de inseminación y el momento óptimo para la inseminación, con el objetivo de minimizar la tasa de repetición y maximizar la tasa de preñez.

Para obtener una comprensión más completa de los factores que influyen en la fertilidad en esta línea genética y bajo las condiciones de manejo específicas, se sugiere realizar estudios complementarios que incluyan un mayor número de cerdas y la evaluación de otros parámetros relevantes, como la tasa de partos y el tamaño de la camada.

Asegurar que el personal encargado del manejo reproductivo esté debidamente capacitado y actualizado en las mejores prácticas de inseminación artificial, detección de celo y manejo de verracos y cerdas reproductoras.

## VIII. LITERATURA CITADA

(s.f.). *sitio porcino*.

Agrinews. (23 de Noviembre de 2020). *Etología porcina que nos indica el comportamiento de los cerdos*. Recuperado de <https://porcinews.com/etologia-porcina-que-nos-dice-el-comportamiento-de-los-cerdos/#:~:text=y%20Bienestar%20Animal-La%20etología%20en%20cerdos%20pretende%20d>

Almaguer Pérez, Y., Font Puente, H., Rosell Pardo, R., Quirino, C. R., Montes Torres, I. (2015). Evaluación de la calidad seminal en sementales porcinos en un Centro de Inseminación Artificial. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(5), 1-7. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638742006.pdf>

Báez, L. M. (2017). *Manual de Cria y manejo técnico del ganado criollo Porcino (Sus scrofa domesticus) en condiciones del trópico húmedo El Rama RACCS, Nicaragua [Trabajo de Graduación, Universidad Nacional Agraria]*. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/3602/1/tnl01b141.pdf>

Beltrán, G. E. (2015). Mejora Genética. *SUIS*, 117, 1699-7869. Recuperado de <https://bmeditores.mx/porcicultura/mejora-genetica/>

Castellanos, E. (2024). *Impacto económico de la producción porcina a la economía de la región*. Recuperado de <https://masporcicultura.com/impacto-economico-de-la-produccion-porcina-a-la-economia-de-la-region/>

Córdova Izquierdo, A., Pérez Gutiérrez, J. F., Méndez Hernández, W., Villa Mancera, A. E., Huerta Crispín, R. (2015). Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en una unidad de producción mexicana. *Rev. vet*, 26(1), 69-74,. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/230827822.pdf>

Coronel, M. H. (2012). *Evaluación de los índices reproductivos de marranas híbridas de 2do, 3ro ,4to y 5to parto, fertilizadas con inseminación artificial y monta natural en la granja “Pork” Tiquipaya – Cochabamba [Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés]*. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4429/T-1733.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Delgadillo Sevilla, M. M., & Jynneth , J. A. (2021). *Incorporación a la reproducción en cerdas de traspatio (Sus scrofa domesticus) en edades de 7 - 8 meses, bajo programa de*

- inseminación artificial, en la comunidad Asedades, Municipio de Teustepe - Boaco [Tesis de grado; Universidad Nacional Agraria]. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/4621/1/tnl01d352.pdf>*
- El Sitio Porcino. (2020). *El verraco; Anatomía y Fisiología*. Recuperado de <https://www.elsitioporcino.com/publications/7/manejo-sanitario-y-tratamiento-de-las-enfermedades-del-cerdo/312/el-verraco/>
- El sitio porcino. (2021). *manejo sanitario de las enfermedades del cerdo*. Recuperado de <https://www.elsitioporcino.com/publications/7/manejo-sanitario-y-tratamiento-de-las-enfermedades-del-cerdo/260/sistema-reproductivo/>
- El sitio Porcino. (10 de Abril de 2023). *Mejorando el Proceso de Selección de Primerizas*. Recuperado de <https://www.elsitioporcino.com/articles/2982/mejorando-el-proceso-de-seleccian-de-primerizas/>
- Fuentes Cintra, M., Pérez García, L., Suárez Hernández, Y., Soca Pérez, M. (2006). Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VII(1), 1-36. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612648012.pdf>
- Gil Corbalan, M. A., Cuello Medina, C., Parrilla Riera, I. (2009). *Fisiología del tracto genital de la cerda y el verraco [Archivo PDF]*. Recuperado de <https://s1dbc118a5bef4e14.jimcontent.com/download/version/1524227300/module>
- Gil González , A., Hernández Alderete, L., & Jiménez Paredes, D. (2011). *Prácticas y asesoramiento técnico en el manejo de porcinos en la granja “22 de febrero”, Santiagotulantepec, hgo [Archivo PDF]*. recuperado de <https://zootecnia.chapingo.mx/assets/ftporcinos.pdf>
- González Ábrego, R. J. (2019). *Comportamiento Reproductivo de las cerdas en la granja porcina de la cooperativa Juan XXIII, R.L. Santiago de Veraguas” [Tesis de grado; Universidad de Panamá]*. recuperado de [https://up-rid.up.ac.pa/7073/1/roberto\\_gonzalez.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/7073/1/roberto_gonzalez.pdf)
- González, H. (2005). *Manual de Producción Porcina [Archivo PDF]*. Recuperado de <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Manual%20de%20produccion%20porcicola.pdf>
- Graphic, Join operation. (2015). Recuperado de <https://mapcarta.com/es/19586352>

Grupo Minitube. (2021). *Diluyentes Minitube para semen porcino [Archivo PDF]*. Recuperado de <https://www.minitube.com/catalog/es/androstar-plus-p4759/>

<https://porcinews.com/fertilidad-de-verracos-marcadores-geneticos-para-predecirla/>. (2023). fertilidad de verraco.

Instituto Nacional Tecnológico. (2018). *Manual para protagonistas ; manejo productivo y reproductivo en porcinos y aves* . Recuperado de [https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual\\_Porcino\\_y\\_Aves.pdf](https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Porcino_y_Aves.pdf)

Instituto de Investigaciones Porcinas. (s.f). *Inseminación Artificial Porcina: Ventajas y desventajas [Archivo PDF]*. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/49b0011f-f104-4a71-ac1b-27bd8a451e88/content>

López R., R., Losada, V., Solarte , P. (2014). Evaluación Reproductiva de Verraco. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6(1), 29-34. Recuerado de <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/download/381/371/1145>

Manteca Vilanova, X., Verlarde, A. (2022). *Comportamiento y bienestar animal en la detección de celos, el manejo del verraco y la gestación*. recuperado de Comportamiento y bienestar animal en la detección de celos, el manejo del verraco y la gestación: <https://ddd.uab.cat/record/203618>

Marco, E. (29 de octubre de 2020). *¿Cuándo se producen las repeticiones?* Recuperado de [https://www.3tres3.com/latam/articulos/tipos-de-repeticiones-en-cerdas\\_12460/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/tipos-de-repeticiones-en-cerdas_12460/)

Medina Pérez , H. R., & Urbina , G. E. (2015). *Cadena de valor porcina [Seminario de Graduación para optar al título de Ingeniería Agroindustria, Umiversidad Autonoma de Nicaragual]*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3826/1/11069.pdf>

Ministerio Para la Promoción de Emprendimientos. (2021). *Estrategia Nacional para el Desarrollo del sector porcino nicaragüense*. Recuperado de <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/estrategia/documento89242.pdf>

Parodi, V. (01 de abril de 2013). *Selección de la Cerda para partos óptimos*. Obtenido de Selección de la Cerda para partos óptimos: [https://www.engormix.com/porcicultura/manejo-cerdas/seleccion-cerda-partos-optimos\\_f17280/](https://www.engormix.com/porcicultura/manejo-cerdas/seleccion-cerda-partos-optimos_f17280/)

- Pineda Acevedo, A. (2007). *Manual Práctico de la Reproducción del Verraco [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de México]*.  
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000624891/3/0624891.pdf>
- porcicultura. (23 de junio de 2020). *seleccion y manejo del verraco*. Recuperado de  
<https://www.porcicultura.com/destacado/seleccion-y-manejo-del-verraco>
- portal de veterinaria. (25 de Mayo de 2023). *manejo reproductivo del verraco*. Recuperado de  
<https://www.portalveterinaria.com/porcino/articulos/40801/manejo-reproductivo-del-verraco.html>
- Ramírez Medina, M. J. (2021). *Manual del manejo reproductivo porcino [Archivo PDF]*.  
 Recuperado de  
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/26504/1/250028.pdf>
- Rodriguez, H. (2020). En *evaluacion de la calidad del verraco*.
- Rodríguez-Martínez , H. (2013). *Evaluación de la calidad seminal en el verraco [Arhivo PDF]*.  
 Recuperado de <https://www.avparagon.com/docs/reproduccion/ponencias/21.pdf>
- Saenz, J. A. (18 de noviembre de 2021). *factores que influyen en el rendimiento del cerdo macho*.  
 Recuperado de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/factores-que-influyen-en-el-rendimiento-reproductivo-del-cerdo-macho/>
- Sellés , E., Gadea , J., Romar , R., Matas , C. Ruiz , S. (2003). Analysis of in vitro fertilizing capacity to evaluate the freezing procedures of boar semen and to predict the sub sequent fertility. *Reprod Domest Anim* , 38, 66-72. Obtenido de <https://www.um.es/grupo-fisiovet/SellesRDA2003.pdf>
- Senasa. (21 de octubre de 2011). *Guia para la implementacion de buenas practicas pecuarias (BPP) Produccion de porcinos*. Recuperado de  
<https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BP-PORCINOS.pdf>
- Torres Midence, R. A., Torrez Quiroz, K. R., Vanegas, D., López Flores, J., Guevara Moya, L. (2013). *Manual de Inseminación Artificial en Porcinos [Archivo PDF]*. Obtenido de  
<https://cenida.una.edu.ni/textos/NL10U58.pdf>
- V. Knox, R. (octubre de 2021). *Manejo de la reproducción en cerdos*. Recuperado de  
<https://www.merckvetmanual.com/es-us/manejo-y-nutrici%C3%B3n/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-cerdos/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-en-cerdos>

- Valverde-Abarca, A., Madrigal-Valverde, M., Solís-Arias, J., & Paniagua-Madrigal, W. (2019). Variabilidad en los métodos de estimación de la concentración espermática en verraco. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 25-43. Recuperado de file:///C:/Users/Nohemy-1/Downloads/Dialnet-VariabilidadEnLosMetodosDeEstimacionDeLaConcentrac-6973059.pdf
- Velasco, J. (22 de agosto de 2016). *deteccion efectiva de celos*. Recuperado de <https://www.porcicultura.com/destacado/deteccion-efectiva-de-celos>
- Villegas Chávez , G. J. (2022). *Evaluación de la calidad seminal de cerdos criollos (sus scrofa domesticus) de la comuna colonche de la zona rural de la provincia de Santa Elena*. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8792/1/UPSE-TIA-2022-0069.pdf>

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Formato Información general del reproductor

| Información general del reproductor |          |                        |                               |
|-------------------------------------|----------|------------------------|-------------------------------|
| ID del reproductor                  | 004      | Nombre del reproductor | Chele                         |
| Raza                                | Z        | Edad                   | 2                             |
| Número del padre                    | 007      | Raza del padre         | Yorshire                      |
| Número de la madre                  | 1516     | Raza de la madre       | Landrace<br>(Abuela)          |
| Comarca                             | Cofradía | Nombre de la finca     | Granja porcina<br>de cofradía |
| Municipio                           | Nindirí  | Propietario            | Caruna                        |
| Departamento                        | Masaya   | Fecha                  | 07/02/2023                    |

### Anexo 2. Formato Calidad Seminal de Verracos

| Calidad Seminal de Verracos          |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--------------------------|--|--|------------------------|--|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Número de Identificación             | Edad                     |  |  | Fecha                  |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Volumen del Eyaculado (ml):          |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Aspecto Macroscópico:                | Lechoso                  |  |  | Cremoso                |  | Acuoso                        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Color:                               | Blanco                   |  |  | Blanco grisáceo        |  | Amarillo                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Olor:                                | Normal                   |  |  | Anormal                |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Contaminación:                       | Sangre                   |  |  | Orina                  |  | Pus                           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Motilidad Espermática (%):           |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Concentración Espermática (mill/ml): |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Morfología Espermática (% normal):   | Anomalías de cabeza (%): |  |  | Anomalías de cola (%): |  | Anomalías de parte media (%): |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH:                                  |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vitalidad Espermática (%):           |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Observaciones Adicionales:           |                          |  |  |                        |  |                               |  |  |  |  |  |  |  |  |

Anexo 3. Formato de control de inseminación y fertilidad en cerdas

| <b>Tarjeta colectiva del control de inseminación y fertilidad</b> |               |                   |                  |                   |                    |            |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------|
| Código de cerda                                                   | Fecha de celo | Fecha de servicio | Hora de servicio | Código de verraco | Fecha de ecografía | Resultados |
| 9016                                                              | 6 de mayo     | 6 de mayo         | 6am              | Z004              | 27 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   |               | 6 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 7 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9017                                                              | 6 de mayo     | 6 de mayo         | 6am              | Z004              | 27 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   | 6 de mayo     | 6 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   | 7 de mayo     | 7 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9059                                                              | 7 de mayo     | 7 de mayo         | 6am              | Z004              | 28 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   |               | 7 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9058                                                              | 7 de mayo     | 7 de mayo         | 6am              | Z004              | 28 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   |               | 7 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9112                                                              | 7 de mayo     | 7 de mayo         | 6am              | Z004              | 28 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   |               | 7 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9108                                                              | 8 de mayo     | 8 de mayo         | 6am              | Z004              | 29 de mayo         | Gestada    |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 9 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |
| 9107                                                              | 8 de mayo     | 8 de mayo         | 6am              | Z004              | 29 de mayo         | Repetidora |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 5pm              |                   |                    |            |
|                                                                   |               | 8 de mayo         | 6am              |                   |                    |            |

Anexo 4. Maniquí porcino



Anexo 5. Selección de cerdas para inseminar



Anexo 6. Extracción de semen



Anexo 7. Eyaculado del verraco Z 004



Anexo 8. Fotómetro porcino



Anexo 9. Pipeta digital



Anexo 10. Calentador de materiales a utilizar



Anexo 11. Microcubeta



Anexo 12. Preparación de semen



Anexo 13. Microscopio



Anexo 14. Pesa para medir el volumen del semen



Anexo 15. Agua destilada para preparar semen



Anexo 16. Baño María



Anexo 17. Termo recolector de semen porcino



Anexo 18. Diluyente para el semen



Anexo 19. Ecógrafo



Anexo 20. Materiales y equipos para la preparación de semen



Anexo 21. Pachas preparadas con semen de Verraco 100 ml



Anexo 22. Detección de preñez



Anexo 23. Detección de preñez a los 21 días con ecógrafo

