# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA"

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de**

**Médica Veterinaria**


**Autora:**

Estefanía Belén Meneses Hinojosa

**Tutora:**

Dina Maricela Veloz Veloz


**Latacunga – Ecuador**

**Agosto - 2026**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Meneses Hinojosa Estefanía Belén, con cédula de ciudadanía No. 1716350929, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: "**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA"**, siendo la MVZ. Dina Maricela Veloz Veloz MSc., tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Meneses Hinojosa Estefanía Belén
CC: 1716350929
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MENESES HINOJOSA ESTEFANÍA BELÉN**, identificada con cédula de ciudadanía **1716350929** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LAS PROVINCIA DE PICHINCHA"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

**Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutora: MVZ. Dina Maricela Veloz Veloz, MSc.

**Tema:** "Determinación de la calidad espermática de dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha"

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
b) La publicación del trabajo de grado.
c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA. -** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA. -** El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. -** Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA. -** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA. -** En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA. -** Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días de mes de agosto del 2026

Estefanía Belén Meneses Hinojosa

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

**LA CESIONARIA**

## AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

**"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA"**, de Estefanía Belén Meneses Hinojosa de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 05 de agosto del 2026

MVZ. Veloz Veloz Dina Maricela MSc.

**DOCENTE TUTORA**

CI: 1720299302

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Estefanía Belén Meneses Hinojosa, con el título del Proyecto de Investigación: "**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA**", ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de agosto del 2026

MVZ. Vanessa del Rosario Herrera Yunga, Mtr.
C.C: 1103758999

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.
C.C: 0501942940

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

MVZ. Cristian Neptalí Arcos Álvarez, Mg.
C.C.: 1803675634
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco al Dios Omnipotente, Padre Santo y misericordioso, por el don de la vida, por su infinito amor y por las bendiciones que han guiado mi camino. A la Santísima Virgen María y a todos los ángeles y santos del cielo por su intercesión y acompañamiento espiritual en todo este proceso académico.*

*A mi esposo, Argenis Godoy, le agradezco profundamente por su amor, paciencia, apoyo incondicional y por creer en mí. Te amo.*
*A mis hijos, Doménica y Benjamín, quienes son la razón más importante de mi esfuerzo y superación su presencia en mi vida me inspira a ser mejor cada día y a construir un futuro lleno de oportunidades para ustedes, los amo*
*A mis padres, Bertel y Eva, gracias por su amor, enseñanzas y respaldo constante. Gracias por inculcarme valores, perseverancia y fortaleza.*

*A mis amigas Scarleth y Erika, por su amistad sincera en tantos años, su compañía en este proceso y por compartir momentos de apoyo y motivación. ¡A mis compañeros de curso también cada día aprendí mucho de ustedes!*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme una formación académica integral que fortaleció mi compromiso profesional veterinario.*

*De manera especial, agradezco a mi docente tutora, Dina Veloz, por su orientación, dedicación, apoyo, guía, paciencia y experiencia durante el desarrollo de esta investigación. Dios le bendiga mucho.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron de un modo u otro a mi crecimiento y a la consecución de este sueño: doctores, compañeros, amigos, muchísimas gracias, los extrañaré cada día. Dios les pague siempre.*

*Estefanía Belén Meneses Hinojosa*

## DEDICATORIA

*Con el corazón lleno de alegría, dedico este trabajo a ti Señor mío y Dios mío siempre, a mi madre y Señora mía la Virgen María, tu mano me ha sostenido en cada paso de este camino.*

*A mi pequeña familia mi esposo, Argenis Godoy, mis dulces hijos, Dome y Benji, por su amor incondicional, su apoyo, su paciencia y su compañía constante en cada desafío, ustedes apoyándome siempre en todo este proceso los amo.*

*Papitos Bertel y Eva siempre enseñándome que todo es posible…*

*A mis gatitos (Tabyto, Fanny, Buen Mozo, Dotty, Caledonia, Guillo, Morenita, Momeko, Ingeniero) a mi fiel can Carlitos, todos y cada uno de ellos, que con su presencia, cariño y compañía han sido un apoyo especial en mi camino de formación.*

*A todos ustedes, que me han enseñado lo hermoso de la vida les dedico este logro con todo mi amor.*

*Estefanía Meneses*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DE DOSIS SEMINALES PORCINAS COMERCIALIZADAS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA"**

**Autora:** Meneses Hinojosa Estefanía Belén

## RESUMEN

La determinación de la calidad de las dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha es fundamental para garantizar un adecuado desempeño en los programas de inseminación artificial. En esta investigación se analizaron 45 dosis seminales comercializadas en la provincia de Pichincha mediante un enfoque cuantitativo, descriptivo, no experimental y de corte transversal. Se registraron la temperatura de recepción, el volumen, el pH y el color; la motilidad y la concentración se determinaron mediante el sistema CASA con tecnología iSperm, mientras que la morfología se valoró mediante tinción con azul de metileno. Además, se efectuó un análisis bacteriológico para determinar la presencia o ausencia de crecimiento microbiano e identificar los géneros aislados. La temperatura media fue de 16,81 °C, el volumen promedio de 94,98 ml y el pH medio de 7,11. Predominó el color blanco acuoso en el 55,56 % de las muestras. La motilidad total alcanzó una media de 68,99 %, la concentración fue de 119,63 millones de espermatozoides/ml y la morfología normal presentó un promedio de 87,18 %. En el análisis bacteriológico, seis muestras mostraron crecimiento, el género predominante fue *Enterobacter spp*., presente en 5 muestras positivas (83,33 %), mientras que *Klebsiella spp*. se identificó en 1 muestra (16,67 %). La comparación con los criterios de referencia evidenció resultados favorables en temperatura, volumen, morfología y el pH promedio se ubicó dentro del intervalo descrito. La motilidad alcanzó parcialmente el valor técnico de comparación y la concentración mostró amplia variabilidad. En conclusión, las dosis no presentaron una calidad uniforme, por lo que no puede afirmarse que todas cumplieron los criterios de referencia. Esta falta de uniformidad puede comprometer la eficiencia reproductiva cuando las dosis se utilizan sin una evaluación integral previa.

**Palabras clave:** calidad seminal, semen porcino, motilidad espermática, morfología espermática, contaminación bacteriana.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**THEME:** "DETERMINATION OF SPERM QUALITY IN COMMERCIALLY AVAILABLE PORCINE SEMEN DOSES IN THE PROVINCE OF PICHINCHA"

**Author:** Meneses Hinojosa Estefanía Belén

## ABSTRACT

Assessing the quality of commercial porcine semen doses sold in the province of Pichincha is essential to ensuring adequate performance in artificial insemination programs. In this study, 45 commercial semen doses sold in the province of Pichincha were analyzed using a quantitative, descriptive, non-experimental, cross-sectional approach. The temperature upon receipt, volume, pH, and color were recorded; motility and concentration were determined using the CASA system with iSperm technology, while morphology was assessed by methylene blue staining. In addition, a bacteriological analysis was conducted to determine the presence or absence of microbial growth and to identify the isolated genera. The mean temperature was 16.81 °C, the average volume was 94.98 ml, and the mean pH was 7.11. A watery white color predominated in 55.56% of the samples. Total motility averaged 68.99%, concentration was 119.63 million sperm/mL, and normal morphology averaged 87.18%. In the bacteriological analysis, six samples showed bacterial growth; the predominant genus was Enterobacter spp., present in 5 positive samples (83.33%), while Klebsiella spp. was identified in 1 sample (16.67%). Comparison with the reference criteria revealed favorable results for temperature, volume, and morphology, and the average pH fell within the specified range. Motility partially met the technical comparison value, and concentration showed wide variability. In conclusion, the doses did not exhibit uniform quality; therefore, it cannot be stated that all of them met the reference criteria. This lack of uniformity may compromise reproductive efficiency when the doses are used without a prior comprehensive evaluation.

**KEYWORDS**: Semen quality, Porcine semen, Sperm motility, Sperm morphology, Bacterial contamination.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ..... ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR ..... iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ..... v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ..... vi
AGRADECIMIENTO ..... vii
DEDICATORIA ..... viii
RESUMEN ..... ix
ÍNDICE DE TABLAS ..... xv
ÍNDICE DE FIGURAS ..... xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL ..... 1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO ..... 2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO ..... 3
3.1. Directos ..... 3
3.2. Indirectos ..... 3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 3
5. OBJETIVOS ..... 5
5.1. Objetivo general ..... 5
5.2. Objetivos específicos ..... 5
6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN ..... 6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA ..... 7
7.1. Importancia económica de la reproducción porcina ..... 7
7.2. Sistemas reproductivos porcinos ..... 7
7.2.1. Monta natural ..... 8
7.2.2. Inseminación artificial porcina ..... 8
7.2.3. Importancia de la inseminación artificial porcina ..... 8
7.2.4. Tipos de semen utilizados en IA porcina ..... 9
7.2.4.1. Semen fresco ..... 9
7.2.4.2. Semen refrigerado ..... 9
7.2.4.3. Semen congelado ..... 9
7.3. Calidad seminal porcina ..... 10

7.3.1. Factores que afectan la calidad del semen ..... 10
7.3.2. Evaluación de la calidad seminal porcina ..... 11
7.4. Evaluación macroscópica del semen ..... 11
7.4.1. Volumen ..... 11
7.4.2. Color ..... 12
7.4.3. pH ..... 12
7.4.4. Temperatura ..... 12
7.5. Evaluación microscópica del semen ..... 13
7.5.1. Concentración espermática ..... 13
7.5.2. Motilidad ..... 13
7.5.3. Morfología espermática ..... 13
7.5.3.1. 7.5.3.1 Clasificación de anomalías ..... 13
7.5.3.2. Porcentaje de formas normales ..... 14
7.5.3.3. Relación de la morfología con la fertilidad ..... 15
7.6. Bacteriospermia en semen porcino ..... 15
7.6.1. Definición e impacto reproductivo ..... 15
7.6.2. Origen y fuentes de contaminación ..... 15
7.6.3. Efectos de las bacterias sobre la calidad espermática ..... 16
7.6.4. Evaluación microbiológica del semen porcino ..... 16
7.7. Microbiota seminal del verraco ..... 16
7.7.1. Identificación bacteriana básica ..... 17
7.8. Diluyentes seminales ..... 18
7.8.1. Uso de antibióticos en diluyentes seminales porcinos ..... 18
7.8.2. Resistencia antimicrobiana ..... 19
7.9. Análisis espermático computarizado ..... 20
7.9.1. Sistema CASA ..... 20
7.9.2. Parámetros evaluados mediante CASA ..... 20
7.9.3. Ventajas del sistema CASA en porcinos ..... 20
7.10. Parámetros de referencia de calidad seminal porcina ..... 21
7.10.1. Normativa sanitaria aplicable en Ecuador ..... 21
7.10.2. Valores de referencia para inseminación artificial porcina ..... 22
7.10.3. Importancia de la estandarización de la calidad seminal ..... 22
8. PREGUNTA CIENTÍFICA ..... 22
9. METODOLOGÍA ..... 23

9.1. Tipo y enfoque ..... 23
9.2. Área de estudio ..... 23
9.3. Población y muestra ..... 24
9.4. Adquisición de muestras ..... 24
9.5. Periodo de la investigación ..... 24
9.6. Evaluación macroscópica ..... 25
9.6.1. Medición del volumen ..... 25
9.6.2. Visualización del color ..... 25
9.6.3. Medición de pH ..... 25
9.6.4. Toma de temperatura ..... 26
9.7. Análisis espermático microscópico ..... 26
9.7.1. Análisis mediante el sistema CASA ..... 26
9.7.2. Análisis Morfológico ..... 27
9.8. Análisis microbiológico ..... 27
9.9. Procesamiento y análisis de datos ..... 29
9.10. Comparación con parámetros de referencia ..... 29
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 29
10.1. Evaluación macroscópica ..... 29
10.1.1. Temperatura ..... 30
10.1.2. Volumen (mL) ..... 30
10.1.3. pH ..... 31
10.1.4. Color ..... 32
10.2. Evaluación microscópica ..... 32
10.2.1. Motilidad total ..... 33
10.2.2. Concentración espermática ..... 34
10.2.3. Morfología espermática ..... 34
10.2.4. Análisis bacteriológico ..... 35
10.3. Comparación de los resultados con criterios de referencia de calidad seminal porcina ..... 36
11. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS ..... 42
11.1. Técnicos ..... 42
11.2. Económicos ..... 42
11.3. Sociales ..... 42
12. CONCLUSIONES ..... 43

13. RECOMENDACIONES ..... 44
14. BIBLIOGRAFÍA ..... 45
15. ANEXOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación ..... 6
**Tabla 2.** Bacterias encontradas comúnmente en los eyaculados ..... 17
**Tabla 3.** Bacterias gramnegativas identificadas en dosis seminales porcinas diluidas..... 18
**Tabla 4.** Valores de referencia reportados del sistema CASA..... 22
**Tabla 5.** Adquisición de dosis seminales..... 25
**Tabla 6.** Criterios bioquímicos empleados para la identificación bacteriana ..... 28
**Tabla 7.** Media ($\bar{x}$) y desviación estándar ($\sigma$) por variable macroscópica..... 29
**Tabla 8.** Media ($\bar{x}$) y desviación estándar ($\sigma$) por variable microscópica ..... 32
**Tabla 9.** Resultado general del análisis bacteriológico..... 35
**Tabla 10.** Bacterias identificadas en las dosis seminales porcinas con cultivo positivo ..... 36
**Tabla 11.** Comparación con criterios de referencia para dosis seminales porcinas..... 37

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Morfología de los espermatozoides ..... 14
**Figura 2.** Mapa de Pichincha ..... 23
**Figura 3.** Temperatura de recepción ..... 30
**Figura 4.** Volumen (mL) seminal de muestras ..... 30
**Figura 5.** pH de las muestras seminales ..... 31
**Figura 6.** Color de las muestras seminales ..... 32
**Figura 7.** Motilidad de las muestras seminales ..... 33
**Figura 8.** Concentración espermática de las dosis seminales porcinas ..... 34
**Figura 9.** Morfología normal de las dosis seminales porcinas ..... 34

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:** "Determinación de la calidad espermática de dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha"

**Fecha de inicio:** Abril 2026

**Fecha de finalización:** Agosto 2026

**Lugar de ejecución:** Provincia de Pichincha

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Carrera de Medicina Veterinaria

**Proyecto de investigación vinculado:** Recursos Zoogenéticos Locales, conservación y desarrollo sostenible

**Equipo de trabajo:**

**Estudiante:** Estefanía Belén Meneses Hinojosa (Anexo 1)

**Tutora:** MVZ. Dina Maricela Veloz Veloz MSc. (Anexo 2)

**Área de Conocimiento:** Agricultura, silvicultura, pesca y veterinaria.

**Subárea:** 64. Veterinaria

**Línea de investigación:** Producción y biotecnología animal

**Sublínea de investigación de la Carrera:** Fisiología animal y reproducción.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La eficiencia reproductiva en la producción porcina depende en gran medida de la adecuada selección de los verracos destinados a la reproducción. Por ello, además de establecer si un animal es fértil, es necesario estimar su capacidad reproductiva, ya que el semen de un solo verraco puede utilizarse para inseminar numerosas hembras (1).

La evaluación seminal permite determinar la aptitud del eyaculado mediante el análisis de parámetros como la motilidad, la concentración y la morfología espermática. Su realización antes del procesamiento del semen facilita la detección de alteraciones que podrían comprometer la calidad de las dosis seminales y optimiza la selección de los reproductores (2,3).

Pese a que las técnicas de análisis seminal han evolucionado, aún no existe un indicador único capaz de predecir con exactitud la fertilidad que alcanzará un verraco en condiciones de campo, debido a la influencia de factores propios del animal, la hembra y el manejo reproductivo (4).

La inseminación artificial con semen líquido constituye la principal biotecnología reproductiva en la producción porcina, por lo que mantener una adecuada calidad espermática es indispensable, ya que las alteraciones del eyaculado se asocian con menores tasas de parto y una reducción del tamaño de la camada (5).

La evaluación convencional del semen comprende principalmente la motilidad, la concentración y la morfología espermática; sin embargo, estas variables también pueden analizarse mediante sistemas computarizados como el CASA, que proporciona una evaluación objetiva de la movilidad espermática y reduce la subjetividad del análisis convencional (4). Además, pueden incorporarse pruebas de integridad de membrana, daño del ADN y análisis del plasma seminal para obtener una caracterización más completa del eyaculado (6). Asimismo, la morfometría y las subpoblaciones espermáticas aportan información complementaria sobre el potencial reproductivo del verraco y deben interpretarse junto con los demás parámetros de calidad seminal (7).

## 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

### 3.1. Directos

- La investigadora del estudio
- Porcicultores de la provincia de Pichincha

### 3.2. Indirectos

- Industria porcina regional y nacional
- Comunidad científica y académica.
- Empresas distribuidoras y Centros de Inseminación
- Profesionales, estudiantes de veterinaria y técnicos de campo

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, según reportes de la FAO de enero a octubre de 2025, el índice de precios de la carne de ovino, bovino y porcino, subieron un 31 %, un 12 % y un 7 % respectivamente. A nivel regional, Sudamérica también registrará aumentos, gracias a una mayor producción de carne de ave y de cerdo (8). En respuesta a esta demanda en las últimas dos décadas, la inseminación artificial se ha consolidado como una herramienta clave para mejorar el rendimiento reproductivo en la porcicultura. Actualmente, además de optimizar el uso de espermatozoides por cerda, se busca perfeccionar el manejo en granjas y centros de inseminación para lograr una mayor eficiencia reproductiva (9).

En Ecuador, los productores porcinos de mediana escala generalmente no realizan evaluaciones rutinarias de la calidad seminal debido al elevado costo de los análisis, la limitada disponibilidad de laboratorios especializados y el escaso conocimiento sobre su importancia (10). Además, la baja adopción de técnicas reproductivas modernas restringe el aprovechamiento de la inseminación artificial y dificulta la implementación de programas de control de calidad en las dosis seminales (11).

La evaluación tradicional del semen, especialmente en aspectos como la motilidad y la morfología, La evaluación tradicional del semen permite identificar alteraciones en parámetros como la motilidad y la morfología; sin embargo, su carácter subjetivo puede limitar la precisión con la que se determina la aptitud de los eyaculados. Aunque la incorporación de sistemas computarizados ha mejorado la objetividad del análisis y facilita el descarte de muestras de baja calidad, todavía persiste variabilidad entre los verracos utilizados en inseminación artificial, lo

que puede afectar directamente los resultados reproductivos del hato (12). Esta variabilidad responde a múltiples factores que influyen sobre el volumen del eyaculado, la concentración espermática, la motilidad, la integridad de membrana y la presencia de espermatozoides anormales (13). A ello se suman deficiencias en la salud y el manejo de los verracos, la recolección del semen, el saneamiento y el control de la contaminación, aspectos que pueden comprometer la calidad de las dosis, especialmente en sistemas deficientes (14).

La falta de controles integrales de calidad representa, por tanto, un riesgo para la eficiencia reproductiva, debido a que la valoración seminal es necesaria para estimar la capacidad fértil del macho y reducir fallas tanto en la monta natural como en la inseminación artificial (15). En la porcicultura, esta biotecnología se realiza principalmente con semen refrigerado durante periodos cortos; no obstante, su manipulación y almacenamiento pueden favorecer la contaminación bacteriana y disminuir la viabilidad espermática (16). La elevada presencia de bacterias ambientales en dosis seminales evidencia la necesidad de fortalecer las medidas higiénicas en los centros de inseminación y de aplicar protocolos que reduzcan este problema (17). Aunque los diluyentes incorporan antibióticos para limitar la proliferación microbiana, su uso no sustituye las prácticas adecuadas de higiene ni garantiza por sí solo la conservación de la calidad seminal y la fertilidad de las cerdas (18).

En este contexto, el problema no radica únicamente en disponer de semen para inseminación, sino en desconocer si las dosis utilizadas mantienen condiciones adecuadas de calidad espermática y microbiológica. Finalmente lo que limita la detección oportuna de muestras no aptas y puede traducirse en menor eficiencia reproductiva, pérdidas productivas y un aprovechamiento insuficiente del potencial genético de los verracos. Por ello, resulta necesario fortalecer los métodos de evaluación, conservación y control de las dosis seminales porcinas, de modo que su uso contribuya de manera efectiva al desarrollo sostenible de la producción porcina (19).

# 5. OBJETIVOS

## 5.1. Objetivo general

Determinar la calidad de las dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha, para establecer su cumplimiento con los parámetros de calidad requeridos para su uso en inseminación artificial.

## 5.2. Objetivos específicos

- Describir las principales características macroscópicas y microscópicas de las dosis seminales porcinas.
- Identificar la presencia bacteriana en las dosis seminales porcinas comercializadas mediante análisis microbiológico.
- Comparar los resultados obtenidos con parámetros de referencia de calidad seminal porcina existentes.

## 6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación

| OBJETIVO 1 | ACTIVIDAD | METODOLOGÍA | RESULTADOS |
|---|---|---|---|
| Describir las principales características macroscópicas y microscópicas de las dosis seminales porcinas comercializadas. | 1. Adquisición de 45 dosis seminales porcinas en establecimientos comerciales de la provincia de Pichincha.<br>2. Evaluación macroscópica<br>3. Evaluación microscópica mediante sistema CASA. | 1. Muestreo no probabilístico por conveniencia.<br>2. Análisis de parámetros como volumen, color, pH y temperatura<br>3. Aplicación de sistema de análisis espermático computarizado (CASA) para medir motilidad y concentración.<br>4. Aplicación de tinción con azul de metileno para determinar la morfología básica | Se describieron las características de las 45 dosis seminales, obteniéndose valores medios de 16,81 °C de temperatura, 94,98 ml de volumen, 7,11 de pH, 68,99 % de motilidad, 119,63 millones/ml de concentración y 87,18% de morfología normal. Predominó el color blanco acuoso. |
| **OBJETIVO 2** | **ACTIVIDAD** | **METODOLOGÍA** | **RESULTADOS** |
| Identificar la presencia bacteriana en las dosis seminales porcinas mediante análisis microbiológico | 1. Procesamiento microbiológico de las dosis seminales.<br>2. Identificación bacteriana mediante pruebas bioquímicas. | 1. Se realizó la siembra mediante agotamiento de asa en agar MacConkey.<br>2. Identificación mediante las pruebas de oxidasa, catalasa, TSI, producción de gas y $H_2S$, citrato, rojo de metilo, motilidad y ureasa. | De las 45 muestras evaluadas, seis (13,33 %) presentaron crecimiento bacteriano. Se observaron colonias compatibles con Enterobacter spp. en cinco muestras (83,33 %), mientras que en una muestra se observaron colonias compatibles con Klebsiella spp., (16,67 %.) |
| **OBJETIVO 3** | **ACTIVIDAD** | **METODOLOGÍA** | **RESULTADOS** |
| Comparar los resultados obtenidos con parámetros de referencia de calidad seminal porcina existentes | 1. Organización y sistematización de los datos obtenidos.<br>2. Comparación de los resultados con criterios de referencia. | 1. Registro y procesamiento de los datos en Microsoft Excel mediante estadística descriptiva.<br>2. Comparación e interpretación conjunta de los parámetros espermáticos y bacteriológicos con criterios reportados en literatura científica y guías técnicas. | La temperatura, el volumen y la morfología mostraron mayor cumplimiento; la motilidad fue parcial y la concentración presentó alta variabilidad. En conjunto, la calidad seminal fue heterogénea. |

# 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

## 7.1. Importancia económica de la reproducción porcina

En el Ecuador, la producción porcina representa aproximadamente el 40 % del total de carne generada a nivel nacional (11). Esta participación está directamente relacionada con la elevada capacidad reproductiva del cerdo, caracterizada por su crecimiento de tipo geométrico, así como por el predominio de sistemas de crianza intensivos implementados en diversas regiones del país  Los índices reproductivos representan un papel importante, para lograr indicadores productivos óptimos, significando una mayor rentabilidad de la inversión, así mismo dentro del proceso de producción se caracteriza por ser un papel organizativo, dicho papel debe ser mejorado con profesionalidad y preparación (20).

La reproducción porcina ha impulsado importantes avances tecnológicos, convirtiendo a la inseminación artificial en una herramienta clave para las granjas al mejorar indicadores como la fertilidad y el número de lechones por hembra. Con esta técnica se facilita un control sanitario más riguroso, previniendo la transmisión de enfermedades sexuales. Otra ventaja es que acelera el mejoramiento genético, optimiza el manejo reproductivo y contribuye a reducir los costos de producción (21).

La calidad seminal de los verracos puede variar en función de la raza, afectando parámetros como el volumen del eyaculado, la concentración espermática y la motilidad. En un estudio realizado en verracos Landrace, Large White, Duroc y Pietrain, se observó que las características del eyaculado dependieron principalmente de la raza y la edad. Los eyaculados de verracos Landrace presentaron las condiciones más favorables para la inseminación artificial, mientras que los verracos Duroc mostraron una elevada concentración espermática y motilidad, evidenciando que el componente genético influye directamente en la calidad seminal (22).

## 7.2. Sistemas reproductivos porcinos

La literatura científica reciente muestra que los métodos reproductivos porcícolas, como la inseminación artificial y la monta natural, pueden diferir en su impacto sobre parámetros productivos y reproductivos. Un estudio realizado en sistemas de producción porcina destaca que la IA supera a la monta natural en términos de tasa de parto y beneficios económicos, lo

cual respalda su adopción creciente en explotaciones modernas para optimizar la reproducción y eficiencia productiva (23).

### *7.2.1. Monta natural*

La monta natural es un método de reproducción sexual en el cual el macho reproductor cubre directamente a la hembra y la fecunda sin el uso de tecnologías reproductivas. Durante este proceso, la eyaculación ocurre en un tiempo aproximado de 3 a 25 minutos, con un volumen seminal que puede oscilar entre 150 y 250 mL o incluso ser mayor (24).

### *7.2.2. Inseminación artificial porcina*

La inseminación artificial es una técnica de manejo reproductivo que contribuye a la reducción de riesgos sanitarios al minimizar el contacto directo entre machos y hembras. Esta práctica permite mejorar la eficiencia reproductiva y alcanzar indicadores productivos favorables dentro de la piara reproductora. Consiste en la introducción controlada y aséptica del semen en el aparato reproductor de la hembra. En la inseminación artificial convencional, el material seminal se deposita en la región craneal del cérvix, desde donde es transportado hacia los cuernos uterinos, motivo por el cual se conoce como inseminación intracervical (25).

### *7.2.3. Importancia de la inseminación artificial porcina*

La inseminación artificial intrauterina (IAIU) en cerdas se caracteriza por requerir una menor cantidad de espermatozoides por dosis, sin afectar los resultados reproductivos obtenidos con la inseminación artificial cervical (IAC). Esto permite un mayor aprovechamiento del verraco, prolonga su vida reproductiva y reduce la necesidad de sementales en la granja, disminuyendo así los costos de producción. Aunque su uso comercial aún es limitado, la inseminación intrauterina representa una alternativa con potencial de crecimiento, asociada al desarrollo de tecnologías emergentes como el uso de semen sexado (21). Para Astudillo Jurado la aplicación de herramientas reproductivas modernas, como la inseminación artificial, permite incrementar la productividad, reducir de manera considerable los costos de producción, optimizar el uso de los sementales y disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades de origen sexual (26). No obstante, es fundamental que los productores reconozcan que la reproducción porcina está influenciada por múltiples factores y adopten prácticas de manejo apropiadas que aseguren la calidad del semen y el logro de resultados reproductivos exitosos (11).

### *7.2.4. Tipos de semen utilizados en IA porcina*

#### 7.2.4.1. Semen fresco

El eyaculado del verraco no es una sustancia homogénea, sino el producto de la combinación de dos componentes principales: los espermatozoides, originados en los testículos, y el plasma seminal, que agrupa las secreciones de diversas glándulas accesorias del aparato reproductor, como las vesículas seminales, la próstata, las glándulas uretrales y las bulbouretrales (también llamadas de Cowper), este fluido eyaculatorio incluye, además de los gametos y el líquido seminal, unas secreciones de consistencia gelatinosa, cada una procedente de distintas estructuras glandulares. El proceso de emisión se da en tres fases secuenciales: una primera porción, donde se concentra la mayor cantidad de espermatozoides; una segunda, compuesta predominantemente por el fluido seminal; y una tercera, caracterizada por el material viscoso y gelificado que vierten las glándulas bulbouretrales (13).

En la producción porcina, la inseminación artificial se lleva a cabo principalmente utilizando semen fresco conservado bajo refrigeración. Habitualmente, la calidad del semen se valora mediante apreciaciones subjetivas; sin embargo, estas deben ser sustituidas por métodos de evaluación objetiva, lo que permite cumplir con los estándares de la industria y garantizar la capacidad fecundante de los eyaculados provenientes de los verracos (26).

El semen fresco es el más utilizado y preferido en la inseminación artificial porcina debido a su mayor viabilidad y mejores resultados reproductivos (27).

#### 7.2.4.2. Semen refrigerado

En los sistemas comerciales de inseminación artificial porcina, se emplea principalmente semen líquido refrigerado, ya que permite mantener la calidad y viabilidad espermática durante varios días cuando es conservado bajo condiciones térmicas controladas, generalmente cercanas a los 17 °C. El semen de verraco presenta una elevada sensibilidad a las variaciones de temperatura y a los procesos de criopreservación, lo que limita el uso del semen congelado debido a la disminución de su capacidad fecundante (28).

#### 7.2.4.3. Semen congelado

La criopreservación del semen de verraco permite su conservación a largo plazo mediante el uso de extensores y almacenamiento en nitrógeno líquido a −196 °C. Sin embargo, su aplicación

comercial es limitada, ya que solo cerca del 1 % de las inseminaciones emplean semen congelado-descongelado. Por ende, esto se suscita por el tamaño y fertilidad de la camada; con diferencias del semen fresco. Además, el semen criopreservado presenta menor motilidad y mayor daño celular. Por ello, es necesario optimizar los protocolos de congelación para mejorar su desempeño reproductivo (27).

## 7.3. Calidad seminal porcina

La calidad del semen es un elemento clave para lograr una producción porcina eficiente, ya que la disminución en las características del eyaculado genera pérdidas económicas y afecta el desempeño reproductivo. Esto cobra mayor relevancia si se considera que un solo verraco participa en numerosos servicios reproductivos a lo largo del año, por lo que cualquier alteración en su calidad seminal impacta directamente en la productividad de la granja (29).

### *7.3.1. Factores que afectan la calidad del semen*

Un verraco se considera de buena calidad reproductiva cuando su semen mantiene sus características por más tiempo, permite obtener un adecuado número de dosis y presenta alta capacidad fecundante. Por ende, dicha calidad puede cambiar de forma considerable por los factores ya sea por edad, raza, frecuencia de colecta y nutrición (30).

Existe una posible relación entre los factores genéticos, así como la calidad y la producción del semen considerando que el semen se obtiene de verracos propios de granjas o centros de IA especializados en los cuales se ofrecen una diversidad de razas y líneas genéticas y el potencial de distribuir dosis de semen listas para usar de calidad constante. Ciertos rasgos morfológicos pueden emplearse como indicadores tempranos para identificar verracos con elevada capacidad reproductiva y producción de semen de alta calidad, contribuyendo a la selección de individuos genéticamente superiores. No obstante, en los programas de inseminación artificial la elección de los reproductores no debe basarse únicamente en sus características seminales, sino también en el potencial productivo y las cualidades cárnicas que puedan transmitir a su descendencia (31).

La porcicultura ecuatoriana utiliza principalmente razas especializadas como Duroc, Pietrain, Hampshire y Landrace, seleccionadas por su aporte genético al mejoramiento de características relacionadas con el crecimiento, la eficiencia productiva y el desempeño reproductivo (32)

Actualmente se han desarrollado cruces entre o dentro de los dos tipos de líneas genéticas una paterna y materna (33).

La calidad seminal en los verracos es el resultado de la interacción de factores genéticos, fisiológicos, ambientales y de manejo presentes desde las etapas tempranas del desarrollo hasta la edad adulta. Así mismo, existen distintos estudios que han facilitado conocer las condiciones de estrés térmico ya sea prenatal como postnatal, llegando afectar de manera negativa la espermatogénesis y minimizando la calidad de los espermatozoides (34).

Considerando a factores relacionados con el desarrollo temprano, como el peso al nacimiento y una adecuada ingestión de calostro, se han asociado con un mejor potencial reproductivo. De igual manera, prácticas de manejo apropiadas, incluyendo condiciones adecuadas de alojamiento, bienestar animal y protocolos estandarizados de recolección seminal, contribuyen significativamente a optimizar la calidad del semen y el desempeño reproductivo de los verracos (34)

#### *7.3.2. Evaluación de la calidad seminal porcina*

La evaluación de la calidad del semen utilizado en inseminación artificial es fundamental para evitar disminuciones en la eficiencia reproductiva porcina. El análisis clínico del verraco, junto con el estudio del semen en laboratorio, permite identificar problemas de fertilidad y verificar que el semen presente condiciones adecuadas antes de ser utilizado en programas de inseminación artificial (35). De ahí la importancia de llevar a cabo análisis macroscópicos y microscópicos, pues los resultados proporcionan datos confiables sobre la apariencia, el volumen, la motilidad, el pH, la morfología, la concentración y la viabilidad de los espermatozoides para conocer si el ejemplar es adecuado para la reproducción (21).

### 7.4. Evaluación macroscópica del semen

#### *7.4.1. Volumen*

El rango del volumen típico del eyaculado en un verraco adulto está entre 125 ml y 500 ml, aunque algunos casos pueden oscilar entre 700 ml a 800 ml debido a inflamaciones en las glándulas anexas o a un crecimiento excesivo de las vesículas seminales. Entre los factores que influyen en la cantidad de eyaculado se encuentran el nivel de estimulación sexual previo a la

colecta, la frecuencia de recolección, la raza o edad, el tipo de alimentación, el nivel de estrés y el estado de salud general (35).

### *7.4.2. Color*

El semen de los cerdos normalmente tiene un aspecto blanco opalescente, a veces con reflejos azulados. Tonos amarillentos o turbios pueden indicar problemas metabólicos o infecciones. El color también está relacionado con la fracción del eyaculado y la concentración de espermatozoides: cuando la concentración es alta, el semen se ve blanco y lechoso; si es baja, adopta un tono más acuoso (36).

### *7.4.3. pH*

Las comparaciones de eyaculados y pH de un mismo verraco se debe por el pH del epidídimo que oscila entre 5,9 y 6,9 vinculado con la presencia de los espermatozoides en un estado de inmovilidad y anabiosis. Se ha reportado que el pH máximo del semen porcino puede alcanzar 7,66 y mantenerlo dentro de rangos adecuados. Por ello, es fundamental mejorar la capacidad fertilizante de los espermatozoides (37).

### *7.4.4. Temperatura*

La calidad espermática puede verse afectados por factores como las vibraciones mecánicas, variaciones de temperatura y el tiempo de almacenamiento en el transporte. Dichas condiciones pueden minimizar la fertilidad y calidad del semen. El semen de verraco es muy sensible a los cambios de temperatura, especialmente al “choque por frío”, lo que puede afectar su calidad. Por esta razón, es fundamental transportarlo dentro de un rango adecuado (38).

La temperatura es un factor clave para conservar la capacidad fecundante del semen del verraco, pues tras su dilución debe enfriarse gradualmente hasta alcanzar entre 15 °C y 20 °C, rango que reduce el metabolismo espermático y limita el crecimiento bacteriano (39). Valores menores a 14 °C transgreden la membrana espermática y aquellos mayores a 20 °C disminuyen la vida útil, hecho que demuestra la importancia de evitar fluctuaciones térmicas (39).

## 7.5. Evaluación microscópica del semen

### *7.5.1. Concentración espermática*

Este parámetro mide la cantidad de espermatozoides por mililitro de semen y permite determinar la fertilidad del animal, la cual está condicionada por varios aspectos nutricionales, fisiológicos, de edad y frecuencia de la colecta. En ese sentido, en condiciones normales es común que se produzcan 10 x $10^9$ y 12 x $10^9$ espermatozoides y cada eyaculado puede alcanzar entre 50 x $10^9$ y 85 x $10^9$ con concentraciones que oscilan entre 200 a 300 millones por mililitro (40).

### *7.5.2. Motilidad*

La motilidad masal se refiere al movimiento colectivo de los espermatozoides en la muestra seminal, caracterizado por la aparición y desaparición rápida de remolinos u ondas espermáticas cuando se observa una gota de semen sin diluir al microscopio (41) y cuya valor se expresa en porcentaje de células con movilidad (motilidad total) y en la proporción que avanza de forma rectilínea y efectiva (motilidad progresiva) (42). Se valora el porcentaje de espermatozoides con capacidad de movimiento y desplazamiento progresivo, constituye importante en los indicadores al valorar la capacidad fecundante y su relación con la fertilidad en porcinos. Generalmente, se considera adecuada una motilidad entre 70 y 80 % considerando que en cualquier eyaculado alrededor del 20 % de los espermatozoides pueden estar muertos o presentar anomalías, por lo que la motilidad máxima esperada suele aproximarse al 80 % (16).

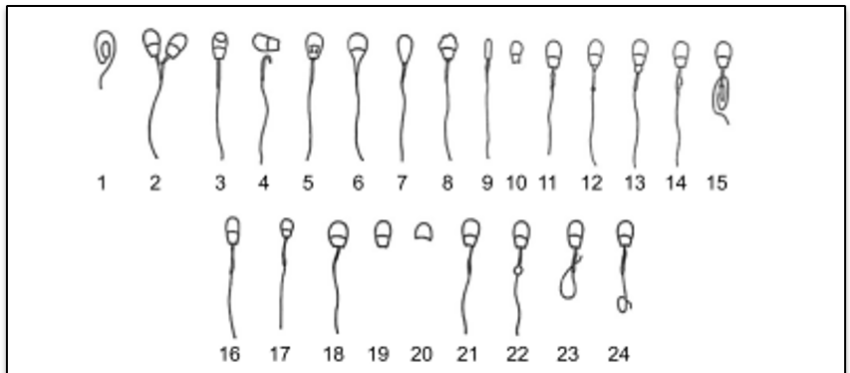
### *7.5.3. Morfología espermática*

La selección de machos reproductores puede verse afectada por estos factores, especialmente cuando no se logra el porcentaje mínimo aceptable de espermatozoides con morfología normal. El análisis morfológico del esperma consiste en distinguir células normales de anormales, evaluando defectos en la cabeza, el acrosoma, la pieza intermedia y la cola (43).

#### 7.5.3.1. 7.5.3.1 Clasificación de anomalías

La evaluación de la morfología espermática consiste en identificar espermatozoides normales y anormales, tomando en cuenta alteraciones de cabeza, acrosoma, pieza intermedia y cola. Estas anomalías pueden clasificarse como compensables o no compensables,

dependiendo de si afectan la motilidad y viabilidad o el desarrollo embrionario. Además, se dividen en defectos primarios y secundarios (43).




Principales defectos de los espermatozoides: 1. Subdesarrollo, 2. Formas dobles, 3. Defecto del acrosoma (acrosoma nodular), 4. Defecto de espermatozoide decapitado (colas activas), 5. Defecto de diadema, 6. Defecto en forma de pera, 7. Estrecho en la base, 8. Contorno anormal, 9. Cabezas pequeñas anormales, 10. Cabezas libres patológicas, 11. Defecto en sacacorchos, 12. Muñón de cola, 13. Gota proximal, 14. Pseudogota, 15. Cola fuertemente enrollada o plegada (denominada "Dag"). Defectos menores en los espermatozoides: 16. Cabezas estrechas, 17. Cabezas pequeñas normales, 18. Cabezas grandes y cortas anchas, 19. Cabezas libres normales, 20. Membranas acrosómicas desprendidas, 21. Implantación abaxial, 22. Gota distal, 23. Cola curvada simple, 24. Cola enrollada terminalmente.

**Figura 1.** Morfología de los espermatozoides

**Fuente:** Adaptado de Blom (1981), tomado de Kondracki et al. (2023).

#### 7.5.3.2. Porcentaje de formas normales

El eyaculado de los mamíferos no está conformado por una población uniforme de espermatozoides. Para semen porcino, se considera que la calidad seminal es normal cuando las anomalías en la cabeza no superan el 10%. Puede aceptarse como normal si las alteraciones en el acrosoma, la pieza intermedia, la cola o la presencia de gotas citoplasmáticas proximales son inferiores al 5% de manera individual, o hasta un 15% cuando se presentan en conjunto. Ciertos espermatozoides decapitados, pliegues acrosomales, vacuolas nucleares, colas cortas o enrolladas y piezas intermedias en espiral, dificultan el proceso de fecundación (45).

#### 7.5.3.3. Relación de la morfología con la fertilidad

Las alteraciones morfológicas también pueden influir en otros parámetros de calidad seminal, como la motilidad, el volumen y la concentración espermática, así como en la fertilidad y el desarrollo embrionario posterior (43).

## 7.6. Bacteriospermia en semen porcino

### *7.6.1. Definición e impacto reproductivo*

La presencia de bacterias en el semen (bacteriospermia) es un factor de riesgo que debe controlarse, ya que puede afectar la calidad del esperma y la fertilidad de las cerdas. Así mismo, los cambios estacionales repercutan en la calidad y cantidad del semen; lo que representa una gran importancia económica sobre la producción porcina. Se ha observado que el microbiota del semen varía según la estación, presentando mayor diversidad bacteriana en invierno que en verano, lo que podría afectar la capacidad fertilizante de los espermatozoides (46).

### *7.6.2. Origen y fuentes de contaminación*

Las fuentes de contaminación bacteriana del semen porcino son diversas e incluyen el propio animal, como las heces, el prepucio, los fluidos prepuciales, la fracción preespermática, así como el pelo, la piel y las secreciones respiratorias. También intervienen factores externos como el personal, el agua utilizada, el alimento, el ambiente (aire, ventilación e instalaciones) y los materiales de laboratorio. Por otro lado, las infecciones del tracto urogenital del verraco pueden facilitar a maximizar la carga bacteriana de forma primaria del semen (47).

El contagio bacteriano de la dosis seminal puede provocar de forma negativa la calidad del semen; minimizando la viabilidad y motilidad espermática, facilitando la aglutinación de los espermatozoides y surgiendo problemas prematuros en al acrosoma. Dichos cambios pueden complicar la capacidad de fecundar del semen y de la misma forma minimizar el índice de fertilidad y maximizar el riesgo de infecciones en el aparato reproductivo de la hembra. En casos severos, la presencia de bacterias también puede contribuir a pérdidas embrionarias o fetales (48).

### *7.6.3. Efectos de las bacterias sobre la calidad espermática*

Según los estudios realizados en Norteamérica y Europa han demostrado que las muestras de semen con baja motilidad, menor duración y presencia de aglutinación suelen estar más contaminadas por bacterias oportunistas resistentes a varios antibióticos (49). Los estudios de Costinar et al. demuestran que en las dosis seminales porcinas pueden encontrarse tanto bacterias gramnegativas como grampositivas. Entre estas últimas se identificaron Streptococcus porcinus, Staphylococcus equorum, Staphylococcus succinus y Aerococcus viridans; sin embargo, no fueron sometidas a pruebas adicionales, debido a que el estudio priorizó la caracterización de bacterias gramnegativas por su mayor efecto perjudicial sobre el semen. Además, se evaluó la susceptibilidad antimicrobiana de los 46 aislados obtenidos (47).

Cuando la contaminación bacteria en el semen del porcino alcanza o supera los 1,4 x $10^4$ UFC/mL, la motilidad es más baja a las 108 y 168 horas en 16 °C y el Ph se reduce de 7,2 a 6.0 entre 24 y 168 horas posteriores; no obstante, infecciones producidas por *E. coli* y *C. perfringens* alcalinizan el medio. Entre las complicaciones que también se observan destacan daños en la membrada y el acrosoma, menor viabilidad, afectaciones a la función espermática, mejor movimiento y hasat menos motilidad cuando *P. aeruginosa* se concentra entre $10^6$ y $10^8$ UFC/mL (50).

### *7.6.4. Evaluación microbiológica del semen porcino*

El control microbiológico del semen porcino en pajuelas se realiza conservando las dosis a 15 ± 1 °C y analizándolas a los 4 y 8 días post-recolección. Para ello, se siembran 0,1 mL de muestra sin diluir en agar MacConkey (selectivo para Enterobacteriaceae) y en agar sangre (enriquecido para amplio espectro bacteriano). Ambos cultivos se incuban en aerobiosis y anaerobiosis para maximizar la detección. Finalmente, las colonias aisladas se identifican mediante diferentes medios de identificación (17).

## 7.7. Microbiota seminal del verraco

El microbiota seminal del verraco desempeña un papel importante en la calidad del semen. La presencia de bacterias potencialmente beneficiosas, como Lactobacillus spp., se asocia con eyaculados de mejor calidad, mientras que bacterias potencialmente patógenas, como las pertenecientes al orden Enterobacterales, pueden relacionarse con alteraciones en la

funcionalidad espermática. Por ello, el equilibrio bacteriano del semen podría considerarse un factor relevante en la fertilidad y en la eficiencia reproductiva porcina (51).

### *7.7.1. Identificación bacteriana básica*

La caracterización bacteriana del semen de verraco está compuesta principalmente por microorganismos comensales del tracto urogenital, así como por bacterias oportunistas que pueden comportarse como patógenos bajo determinadas condiciones (52).

Usualmente a través del tiempo se han empleado para identificación bacteriana en semen los cultivos bacterianos convencionales y los policultivos que se considera el estándar de referencia para los estudios de microbiota. Estos métodos permiten aislar especies microbianas individuales para su identificación y estimar la cantidad de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml) (53).

**Tabla 2.** Bacterias encontradas comúnmente en los eyaculados

**Tabla 2.** Bacterias encontradas comúnmente en los eyaculados

| Genero | Fuente: | Consecuencia |
|---|---|---|
| ***Staphylococcus aureus*** | Tracto reproductor del macho; infección | Lesiones en el tracto; sangre en el eyaculado; infertilidad del semental |
| ***Leptospiras*** | Ambiente | No causa infertilidad a menos que el número de bacterias sea excesivo |
| ***Eschericia coli*** | Ambiente. Habita normalmente en el intestino de los animales. Resistente a la gentamicina. | Se ha observado un efecto directo espermicida (posiblemente por la producción de toxinas). Causa aglutinación |
| ***Eubacterium suis*** | Prepucio | Se ha aislado de descargas vulvares. Causa problemas de infertilidad. Problemas asociados con esta son más comunes cuando se usa monta natural |

**Fuente:** Moreta Mangui BD (2023), basada en Pig Improvement Company (PIC).

**Tabla 3.** Bacterias gramnegativas identificadas en dosis seminales porcinas diluidas

| Bacteria identificada | Frecuencia (n) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| *Serratia marcescens* | 9 | 19,56 |
| *Ralstonia pickettii* | 8 | 17,39 |
| *Proteus mirabilis* | 7 | 15,21 |
| *Escherichia coli* | 5 | 10,86 |
| *Burkholderia cepacia* | 5 | 10,86 |
| *Klebsiella oxytoca* | 4 | 8,69 |
| *Pseudomonas aeruginosa* | 4 | 8,69 |
| *Enterobacter* spp. | 2 | 4,34 |
| *Pseudomonas fluorescens* | 2 | 4,34 |
| Total | 46 | 100,00 |

**Fuente:** Adaptado de Costinar et al. (2022).

## 7.8. Diluyentes seminales

Medio idóneo para incrementar el volumen del eyaculado, garantizar la viabilidad y fertilidad espermática durante el almacenamiento, asegurar un pH adecuado por medio de sistemas tampón, aportar sustratos energéticos y proteger ante choques térmicos debido a enfriamiento o congelación. Asimismo, debe mantener el equilibrio osmótico y disminuir el daño oxidativo y la contaminación bacteriana (54).

### *7.8.1. Uso de antibióticos en diluyentes seminales porcinos*

Los diluyentes tradicionales del semen porcino aseguran una supervivencia de su capacidad fecundante y porcentaje de movilidad espermática en fresco y refrigeración hasta siete días (55). Los diluyentes seminales utilizados en la conservación del semen porcino se clasifican en diluyentes de corta duración y diluyentes de larga duración. Los primeros permiten preservar el semen líquido hasta aproximadamente tres días, mientras que los de larga duración mantienen la viabilidad espermática hasta diez días cuando las dosis se almacenan bajo las condiciones recomendadas, generalmente a 17 °C. La selección del diluyente depende del tiempo previsto de almacenamiento, ya que influye en la conservación de la funcionalidad espermática y en el control del crecimiento bacteriano (50).

Los diluyentes seminales utilizados en porcinos incorporan antibióticos de amplio espectro para controlar el crecimiento bacteriano durante el almacenamiento. Entre los más empleados se

encuentran los aminoglucósidos (gentamicina, estreptomicina y amikacina), β-lactámicos (penicilinas y cefalosporinas), lincosamidas (lincomicina) y macrólidos (tilosina y espectinomicina), los cuales pueden utilizarse de forma individual o en combinación para ampliar el espectro antimicrobiano y preservar la calidad seminal (56).

### *7.8.2. Resistencia antimicrobiana*

Aunque muchas organizaciones exigen la ausencia total de bacterias aerobias en las dosis seminales, algunos estudios indican que concentraciones entre $10^3$ y $10^7$ UFC/mL pueden no afectar la calidad ni la fertilidad. Como consecuencia esta exigencia ha favorecido el uso excesivo de antibióticos, aumentando el riesgo de resistencia bacteriana. Tradicionalmente se utilizaban penicilina y estreptomicina, pero actualmente predominan los aminoglucósidos como la gentamicina, usualmente combinados con otros antibióticos en bajas dosis para reducir efectos tóxicos sobre los espermatozoides (17).

Diversas investigaciones han reportado que entre el 14 % y el 32 % de las dosis pueden presentar contaminación bacteriana, evidenciando que estos microorganismos persisten a pesar de las medidas de control aplicadas. Asimismo, se ha observado que las bacterias aisladas con mayor frecuencia corresponden a microorganismos Gram negativos, predominando aquellas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, las cuales constituyen una de las principales fuentes de contaminación en el semen porcino destinado a inseminación artificial (17). El almacenamiento prolongado del semen a temperaturas relativamente altas aumenta el riesgo de proliferación bacteriana. Por ello, se emplean antibióticos de manera frecuente, lo que a su vez puede favorecer la aparición y propagación de microorganismos resistentes a los fármacos en el entorno (46).

Entre las más comunes se encuentran Serratia marcescens, Klebsiella oxytoca y Achromobacter xylosoxidans. La presencia de estos microorganismos en semen de baja calidad ha llevado a un mayor uso de antibióticos como medida preventiva. Sin embargo, aún no se conoce con precisión el impacto real de estas bacterias en la calidad seminal debido a la falta de estudios sistemáticos y datos sobre su frecuencia en muestras de uso rutinario (49).

Ahora bien, la viabilidad de los espermatozoides es consecuencia de la competencia del sustrato y el efecto nocivo que los metabolitos bacterianos generan en la membrana celular, además de la contaminación que influyen en los fenómenos de aglutinación, minimización del tiempo de conservación, retorno de las cerdas al estro y descargas vaginales (39).

Reconocer que niveles bajos o moderados de bacterias pueden ser aceptables ayudaría a disminuir el uso excesivo de antibióticos y, con ello, la aparición de resistencia antimicrobiana en la inseminación porcina. Además, esto favorecería un manejo más sostenible, al reducir el riesgo de multirresistencia en las cerdas y la contaminación del ambiente por antibióticos. Las bacterias más comúnmente identificadas a partir de dosis seminales diluidas porcinas se presentan en la Tabla 3 (49).

## 7.9. Análisis espermático computarizado

### *7.9.1. Sistema CASA*

El Análisis Computarizado de Semen (CASA) es un sistema automatizado diseñado para evaluar de manera objetiva las características del semen mediante la integración de equipos de captura de imágenes y programas informáticos especializados. Esta tecnología analiza digitalmente las células espermáticas, permitiendo cuantificar parámetros como la concentración, la motilidad, la morfología y las dimensiones de los espermatozoides. Asimismo, el sistema sigue el desplazamiento individual de cada espermatozoide y, mediante algoritmos de procesamiento de imágenes, reconstruye sus trayectorias para generar mediciones precisas, consistentes y altamente reproducibles (57).

### *7.9.2. Parámetros evaluados mediante CASA*

El sistema CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis) permite realizar una evaluación objetiva y automatizada de la calidad seminal mediante la medición de diversos parámetros espermáticos (concentración y motilidad total y progresiva) y cinéticos relacionados con el desplazamiento de los espermatozoides: velocidad curvilínea (VCL) y en línea recta (VSL), velocidad promedio de trayectoria (VAP), linealidad (LIN), rectitud (STR), amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza (ALH) y frecuencia de batido cruzado (BCF). Asimismo, características morfológicas y morfométricas vinculadas a los espermatozoides normales y anormales y la longitud, el perímetro, la anchura y el área de la cabeza (58).

### *7.9.3. Ventajas del sistema CASA en porcinos*

En los programas de reproducción porcina, el sistema CASA se ha convertido en una herramienta fundamental debido a su capacidad para evaluar de forma rápida y objetiva la calidad seminal. Su utilización permite detectar variaciones en la motilidad y cinética

espermática que podrían pasar desapercibidas mediante métodos convencionales, mejorando la precisión en la selección de dosis seminales y contribuyendo a optimizar los resultados reproductivos de la inseminación artificial (59).

En ese sentido, resalta la posibilidad de medir de forma simultánea un número alto de espermatozoides por cada muestra y contar con información cinética objetiva que se complementa con recursos estadísticos multivariados para identificar las subpoblaciones espermáticas y caracterizar la heterogeneidad celular (59).

## 7.10. Parámetros de referencia de calidad seminal porcina

### *7.10.1. Normativa sanitaria aplicable en Ecuador*

En el Ecuador la normativa vigente emitida por Agrocalidad según Resolución 0235 establece que el material reproductivo destinado a la comercialización debe cumplir requisitos zoosanitarios, de trazabilidad y de manejo durante las etapas de colecta, procesamiento, conservación y distribución. Estas medidas tienen como finalidad preservar la calidad del material genético y prevenir la diseminación de agentes patógenos que puedan afectar la producción animal. Por ello, resulta relevante caracterizar la calidad de las dosis seminales porcinas disponibles en el mercado, aportando información científica que permita conocer sus condiciones reproductivas y su potencial utilización en programas de inseminación artificial.

Algunas de las principales normativas mencionan lo siguiente:

- Los donantes tienen que provenir de establecimientos registrados, con vigilancia sanitaria y sin enfermedades de control oficial.
- La recolección del semen tiene que realizase en lugares que Agrocalidad haya autorizado para tal efecto y asegurar el cumplimiento de parámetros de bioseguridad al colectar, procesar y almacenar con el fin de que la calidad seminal sea constante.
- Todos los equipos y recursos deben limpiarse y desinfectarse correctamente.
- Hay que mantener la trazabilidad y la identificación de las muestras desde el origen hasta el destino.
- Mantener un registro de donantes, lotes procesados, fechas y destino.

- Todo el proceso debe responde a los lineamientos de la OMSA con el fin de evitar contaminaciones y preservar la seguridad sanitaria (60).

### *7.10.2. Valores de referencia para inseminación artificial porcina*

**Tabla 4.** Valores de referencia reportados del sistema CASA

| Calidad seminal | Método | Estándar para IA | Referencias |
|---|---|---|---|
| Motilidad total de los espermatozoides | CASA | > 75 % | Zhou et al. (2024); Wysokińska (2022) Maside et al. (2023); Ausejo-Marcos et al. (2024). |
| Concentración espermática | CASA | 25-65 × $10^6$ esp./mL | Knox (2024); Acosta et al. (2009); Quirino et al. (2023). |
| Morfología espermática | CASA | > 80 % | Zhou et al. (2024); Kondracki et al. (2023); Szablicka et al. (2022); Wysokińska (2022). |

**Nota:** Elaboración propia

### *7.10.3. Importancia de la estandarización de la calidad seminal*

La estandarización de la evaluación seminal mediante sistemas CASA permite reemplazar estimaciones subjetivas por mediciones objetivas y reproducibles, incrementando la precisión en la determinación de parámetros como motilidad, concentración y morfología espermática. Esto favorece un control más confiable de la calidad seminal y contribuye a mantener la eficiencia de los programas de inseminación artificial porcina (26).

## 8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Las dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha cumplen con los parámetros macroscópicos, microscópicos y microbiológicos de calidad establecidos para su utilización en inseminación artificial?

# 9. METODOLOGÍA

## 9.1. Tipo y enfoque

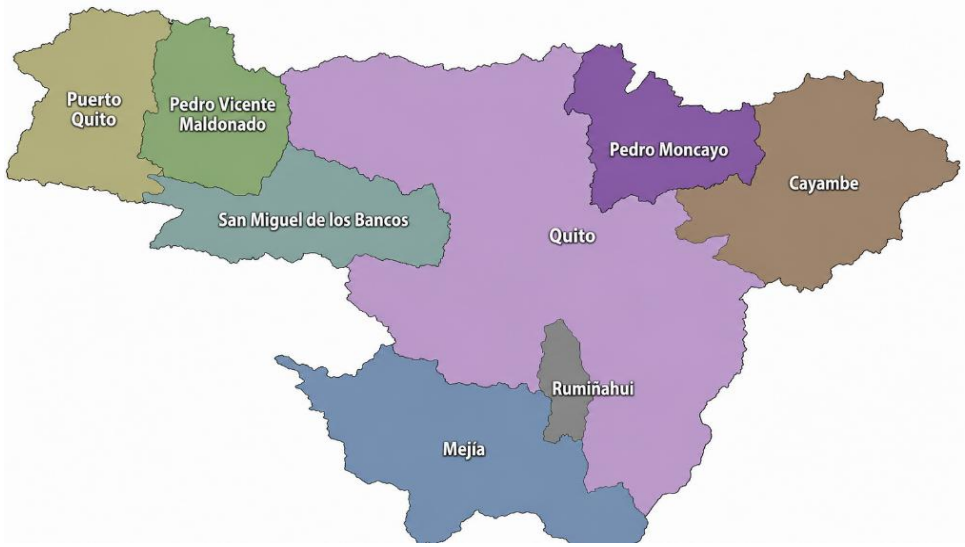
El estudio fue cuantitativo, experimenta, descriptivo y transversal con el propósito de medir la calidad espermática y microbiológica de dosis seminales porcinas que se comercializan en Pichincha. Cabe destacar que a ningún momento se pretendió manipular variables, sino observar y analizar los parámetros de las muestras en condiciones reales de comercialización.

El enfoque cuantitativo permitió registrar datos numéricos de los parámetros macroscópicos, microscópicos y bacteriológicos, los cuales fueron analizados mediante estadística descriptiva. Posteriormente, los resultados se compararon con criterios de referencia reportados en literatura científica y guías técnicas.

## 9.2. Área de estudio

El estudio se desarrolló en Pichincha, provincia de la Sierra ecuatoriana con una extensión de más de 9530 $km^2$ y variaciones de altitud que inclusive ascienden a más de 5000 m s. n. m. Se incluyó establecimientos dedicados a la comercialización de dosis seminales localizados en Quito, Mejía, Cayambe, Puerto Quito, Pedro Moncayo, Rumiñahui, San Miguel de los Bancos y Pedro Vicente Maldonado. En cuanto a la temperatura media anual, suele oscilar entre 4 °C (como los páramos) y 26 °C (como Puerto Quito), y en cuanto a la humedad relativa se registran variaciones del 60 % al 90 %.

**Figura 2.** Mapa de Pichincha




**Nota:** Elaboración propia

### 9.3. Población y muestra

Para efectos de la investigación, la población constituyeron todas las dos seminales porcinas dispuestas a la venta en Pichincha y destinadas para uso de pequeños productores. La información se solicitó a AGROCALIDAD con respecto a productores y comercializadores autorizados.

La muestra se obtuvo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionándose 45 dosis seminales adquiridas directamente durante el período de estudio. Las muestras procedieron de proveedores formales registrados ante AGROCALIDAD y de proveedores no registrados que comercializaban dosis seminales en el mercado, con el propósito de obtener una representación de la oferta disponible en la provincia.

### 9.4. Adquisición de muestras

Las dosis seminales fueron adquiridas bajo condiciones comerciales habituales en distintos puntos de venta de la provincia de Pichincha, incluidos establecimientos registrados y otros no incluidos en el reporte oficial consultado. De acuerdo con la información remitida por Agrocalidad, en el sistema GUIA correspondiente a 2026 constaban dos registros relacionados con la comercialización de semen porcino en la provincia, ubicados en Machachi y Tabacundo.

La cantidad de dosis recolectadas no fue uniforme entre los cantones debido a las diferencias en disponibilidad y distribución comercial. Quito concentró una mayor oferta por constituir uno de los principales puntos de recepción y distribución, mientras que en los cantones de menor tamaño la disponibilidad fue limitada y, en algunos casos, se identificó un solo distribuidor.

Posteriormente, las dosis fueron trasladadas al laboratorio especializado en un *cooler* con bolsas isotérmicas, manteniendo una temperatura de conservación entre 15 y 17 °C, con el fin de preservar la viabilidad espermática hasta su análisis.

### 9.5. Periodo de la investigación

La adquisición de las dosis seminales inició el 29 de junio del 2025 hasta su finalización que se llevó a cabo el día 30 de junio del 2025, durante este periodo, las colectas se realizaron con una periodicidad de 2 días. El periodo de muestreo comprendió dos días consecutivos, debido a que el estudio fue de corte transversal, por lo que las muestras debían representar las condiciones de comercialización en un momento específico minimizando las variaciones asociadas al

tiempo de almacenamiento y transporte de las dosis seminales, garantizando así las condiciones homogéneas para la evaluación macroscópica, microscópica y microbiológica.

**Tabla 5.** Adquisición de dosis seminales

| Dosis | Fecha | Total |
|---|---|---|
| Dosis seminal | 29/06/2025 | 20 |
| Dosis seminal | 30/06/2025 | 25 |

**Nota**: Elaboración propia

## 9.6. Evaluación macroscópica

Previo al análisis instrumental, se realizó una evaluación macroscópica, registrando los siguientes parámetros: Volumen de la dosis seminal, Color, pH, Temperatura. Estos datos permitieron una caracterización inicial del semen comercializado.

### *9.6.1. Medición del volumen*

El volumen de cada dosis seminal fue determinado utilizando una probeta graduada de 500 ml. Para ello, el contenido completo de cada dosis fue transferido cuidadosamente a la probeta, permitiendo la lectura directa del volumen. Los valores obtenidos fueron registrados en la ficha de recolección de datos y posteriormente comparados con los parámetros de referencia establecidos para dosis seminales porcinas comerciales, con el fin de evaluar su conformidad con los estándares de calidad.

### *9.6.2. Visualización del color*

La evaluación del color de las dosis seminales se realizó mediante inspección macroscópica directa, observando la apariencia de cada muestra bajo condiciones adecuadas de iluminación. El color fue registrado y clasificado según su aspecto, identificándose como blanco lechoso o acuoso, de acuerdo con las características visuales presentadas por cada dosis seminal.

### *9.6.3. Medición de pH*

La determinación del pH de las dosis seminales se realizó utilizando tiras reactivas de pH de la marca EC-LAB. Para ello, la tira reactiva se introdujo en cada muestra durante

aproximadamente 10 segundos, permitiendo su impregnación con el semen. Posteriormente, se retiró y se colocó sobre una superficie previamente desinfectada para realizar la lectura.

El pH fue determinado mediante la comparación del color obtenido con la escala cromática proporcionada por el fabricante. Los resultados se registraron en la ficha de evaluación macroscópica, interpretándose los colores de la siguiente manera: amarillo como pH ácido, verde como pH neutro y verde oscuro como pH alcalino.

#### *9.6.4. Toma de temperatura*

Una vez adquiridas las dosis seminales, se registró inmediatamente la temperatura de recepción mediante un termómetro digital marca Marathon. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en un cooler de espumaflex para conservar la cadena de frío durante el transporte, manteniéndose en un rango aproximado de 16 a 18 °C. Finalmente, fueron trasladadas al Laboratorio de diagnóstico de la Clínica Veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su respectivo análisis.

### 9.7. Análisis espermático microscópico

El análisis microscópico se realizó mediante un sistema de análisis espermático computarizado (CASA) utilizando el equipo iSperm, el cual permite una evaluación objetiva y estandarizada de la calidad espermática. Los parámetros evaluados incluyeron:

- Concentración espermática
- Motilidad total (%)

Las muestras fueron analizadas siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo, garantizando la reproducibilidad y precisión de los resultados.

#### *9.7.1. Análisis mediante el sistema CASA*

La evaluación microscópica de las dosis seminales se realizó mediante el sistema computarizado de análisis seminal CASA (iSperm®). Previamente, cada muestra fue homogeneizada mediante aspiración y dispensación suave con una micropipeta entre 10 y 15 veces, evitando la formación de burbujas. Posteriormente, se depositaron 7,5 µL de la muestra sobre el iSperm Sampling Chip, siguiendo las instrucciones del fabricante para su correcta distribución y montaje.

El chip fue introducido en el dispositivo iSperm®, obteniéndose de forma automatizada los parámetros de concentración espermática y motilidad espermática, los cuales fueron registrados para su posterior análisis estadístico. En total se utilizó 45 chips Morfología espermática. – Se realizo a través de un microscopio de inmersión, con el sistema de CASA.

Dicho sistema se obtuvo el índice de espermatozoides normales y anormales; a su vez pueden comprometer la capacidad de reproducción sin dejar afuera a los animales que no sean adecuados para las prácticas de biotecnológicas ya sea para la IA o criopreservación.

### *9.7.2. Análisis Morfológico*

La evaluación morfológica de los espermatozoides se realizó mediante la técnica de tinción con azul de metileno. Para ello, se colocó una gota de semen sobre un portaobjetos limpio y se mezcló con una gota del colorante. Posteriormente, se elaboró un frotis fino, el cual se dejó secar al aire a temperatura ambiente.

Una vez seco el frotis, las preparaciones fueron observadas mediante un microscopio óptico Motic, utilizando el aumento adecuado para la visualización de las estructuras espermáticas. Se evaluaron las características morfológicas de la cabeza, la pieza intermedia y la cola, registrándose el porcentaje de espermatozoides con morfología normal y aquellos que presentaron alteraciones morfológicas. Los resultados fueron consignados en la ficha de recolección de datos para su posterior análisis estadístico.

## 9.8. Análisis microbiológico

Las 45 muestras de dosis seminales porcinas fueron remitidas a un laboratorio certificado por la autoridad sanitaria para su procesamiento microbiológico. La siembra se realizó mediante la técnica de agotamiento de asa en placas de agar MacConkey, distribuyendo el inóculo en cuatro cuadrantes para favorecer la obtención de colonias aisladas. Previamente, cada placa fue rotulada con el código correspondiente a la muestra y el procedimiento se efectuó bajo condiciones asépticas para reducir el riesgo de contaminación externa.

Las placas se incubaron inicialmente durante 24 horas a 37 °C, en condiciones aeróbicas. Transcurrido este periodo, se evaluó la presencia de crecimiento bacteriano y las características macroscópicas de las colonias, como tamaño, superficie, brillo, transparencia y consistencia. Las muestras que presentaron colonias pequeñas o un crecimiento insuficiente para su

identificación fueron reincubadas durante 24 horas adicionales, completando un periodo total de 48 horas.

Los aislamientos obtenidos fueron sometidos a pruebas bioquímicas diferenciales para su identificación. Se realizaron las pruebas de oxidasa, catalasa, agar hierro triple azúcar —TSI, producción de gas y sulfuro de hidrógeno —$H_2S$—, citrato, rojo de metilo, motilidad y ureasa. Ambos aislamientos presentaron oxidasa negativa, catalasa positiva, reacción A/A en TSI, producción de gas, ausencia de $H_2S$, citrato positivo y rojo de metilo negativo. Estos resultados fueron interpretados de forma conjunta con las características observadas en el medio de cultivo.

La diferenciación entre los géneros se estableció principalmente mediante las pruebas de motilidad y ureasa. Enterobacter spp. presentó motilidad positiva y ureasa negativa, mientras que Klebsiella spp. fue inmóvil y ureasa positiva. La interpretación conjunta de las características de las colonias y de los resultados bioquímicos permitió confirmar la identificación de ambos géneros bacterianos. Finalmente, los resultados fueron registrados de acuerdo con el código asignado a cada muestra para su posterior análisis e interpretación.

**Tabla 6.** Criterios bioquímicos empleados para la identificación bacteriana

| **Prueba bioquímica** | ***Enterobacter* spp.** | ***Klebsiella* spp.** |
|---|---|---|
| Oxidasa | (−) | (−) |
| Catalasa | (+) | (+) |
| TSI | A/A | A/A |
| Producción de gas | (+) | (+) |
| Producción de $H_2S$ | (−) | (−) |
| Citrato | (+) | (+) |
| Rojo de metilo (MR) | (−) | (−) |
| Motilidad | (+) | (−) |
| Ureasa | (−) | (+) |

**Nota.** (+): reacción positiva; (−): reacción negativa; TSI: agar hierro triple azúcar; A/A: reacción ácida en el pico y en el fondo; $H_2S$: sulfuro de hidrógeno; MR: rojo de metilo. Elaboración propia

### 9.9. Procesamiento y análisis de datos

La información se registró, tabuló y analizó en Excel por medio de estadística descriptiva. Además, se determinó tendencia central, dispersión, desviación estándar, media y valores mínimos y máximos relacionados con las variables cuantitativas; en cambio, frecuencia absoluta y porcentajes para las variables cualitativas. Para facilitar la interpretación de los resultados se utilizaron tablas, gráficos de barras según la característica de cada variable.

### 9.10. Comparación con parámetros de referencia

Los resultados obtenidos fueron organizados en cuadros comparativos elaborados en Microsoft Excel y analizados mediante estadística descriptiva. Posteriormente, cada parámetro evaluado se contrastó con los valores de referencia reportados en la literatura científica, con el propósito de determinar el grado de cumplimiento de los criterios de calidad seminal porcina.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 10.1. Evaluación macroscópica

Los primeros resultados de la evaluación macroscópica de las 45 dosis seminales porcinas obtenidas en la provincia de Pichincha permitieron describir variables como la temperatura de recepción, el volumen, el pH y el color, con el propósito de determinar sus características generales y la variabilidad existente entre las muestras analizadas.

**Tabla 7.** Media ($\bar{x}$) y desviación estándar ($\sigma$) por variable macroscópica

| Parámetro | n | Media ± DE | Mediana | Mínimo | Máximo | Distribución cualitativa, n (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura de recepción (°C) | 45 | 16,81 ± 0,47 | 16,90 | 15,50 | 17,50 | — |
| Volumen (ml) | 45 | 94,98 ± 6,84 | 96,00 | 80,00 | 108,00 | — |
| pH | 45 | 7,11 ± 0,61 | 7,00 | 6,00 | 8,00 | — |
| Color | 45 | — | — | — | — | Blanco acuoso: 25 (55,56 %); blanco lechoso: 19 (42,22 %); amarillento: 1 (2,22 %) |

**Nota**. n: número de muestras; DE: desviación estándar. Las variables temperatura de recepción, volumen y pH se expresaron mediante medidas de tendencia central y dispersión. El color, por ser una variable cualitativa nominal, se presentó mediante frecuencias absolutas y relativas.

### *10.1.1. Temperatura*

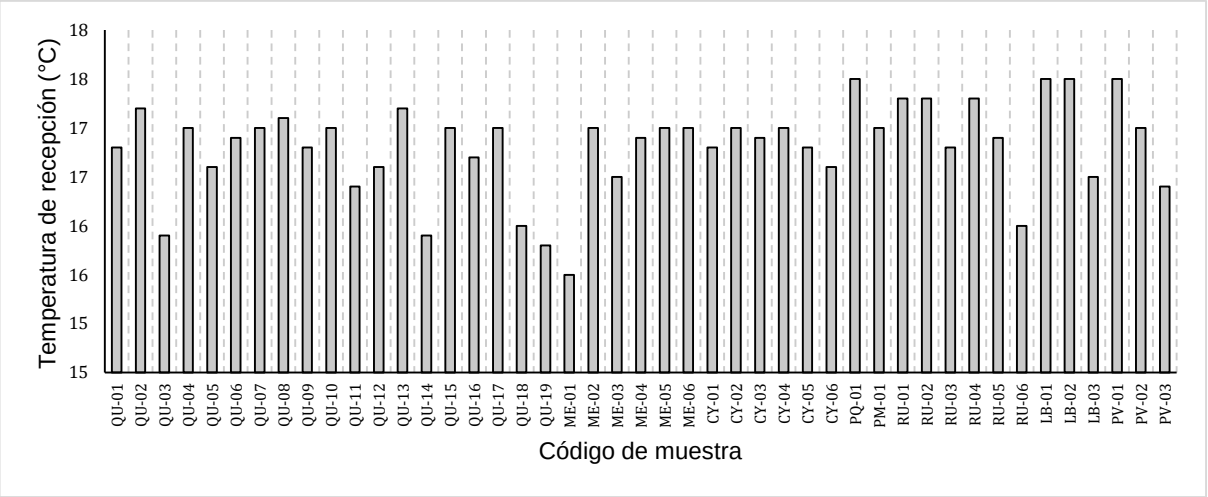



**Figura 3.** Temperatura de recepción

La temperatura de recepción de las 45 dosis seminales porcinas presentó una media de 16,81 ± 0,47 °C, una mediana de 16,90 °C y valores comprendidos entre 15,50 y 17,50 °C. Del total evaluado, 41 muestras (91,11 %) se encontraron dentro del intervalo recomendado de 16 a 18 °C, mientras que cuatro muestras (8,89 %) registraron temperaturas inferiores a 16 °C, como se observa en la Tabla 7.

### *10.1.2. Volumen (mL)*

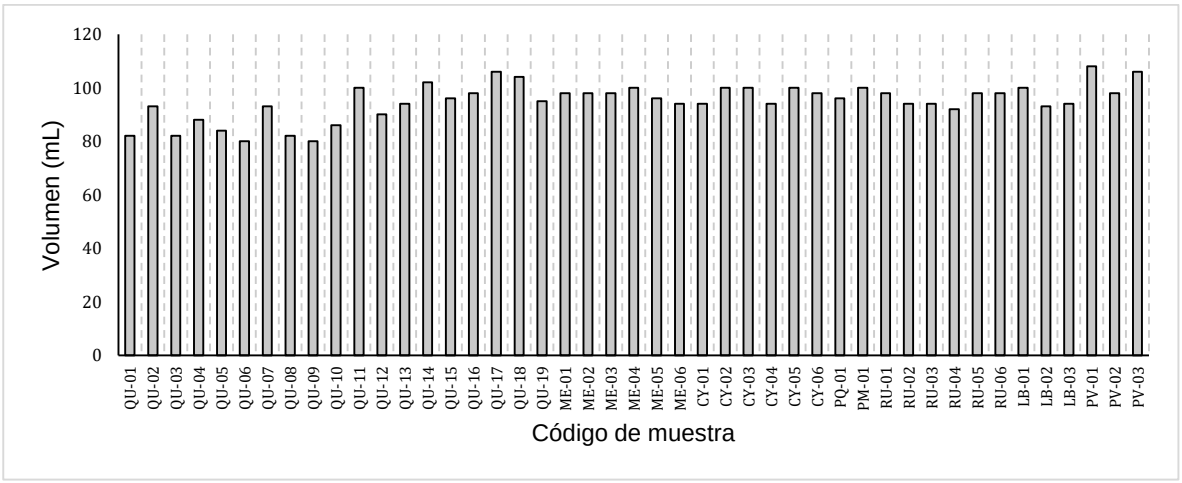



**Figura 4.** Volumen (mL) seminal de muestras

El volumen de las 45 dosis seminales porcinas presentó una media de 94,98 ± 6,84 mL, una mediana de 96,00 mL y valores comprendidos entre 80 y 108 mL. Del total evaluado, 37 muestras (82,22 %) registraron volúmenes iguales o superiores a 90 mL, mientras que ocho muestras (17,78 %) presentaron valores inferiores, como se observa en la Tabla 7.

### *10.1.3. pH*

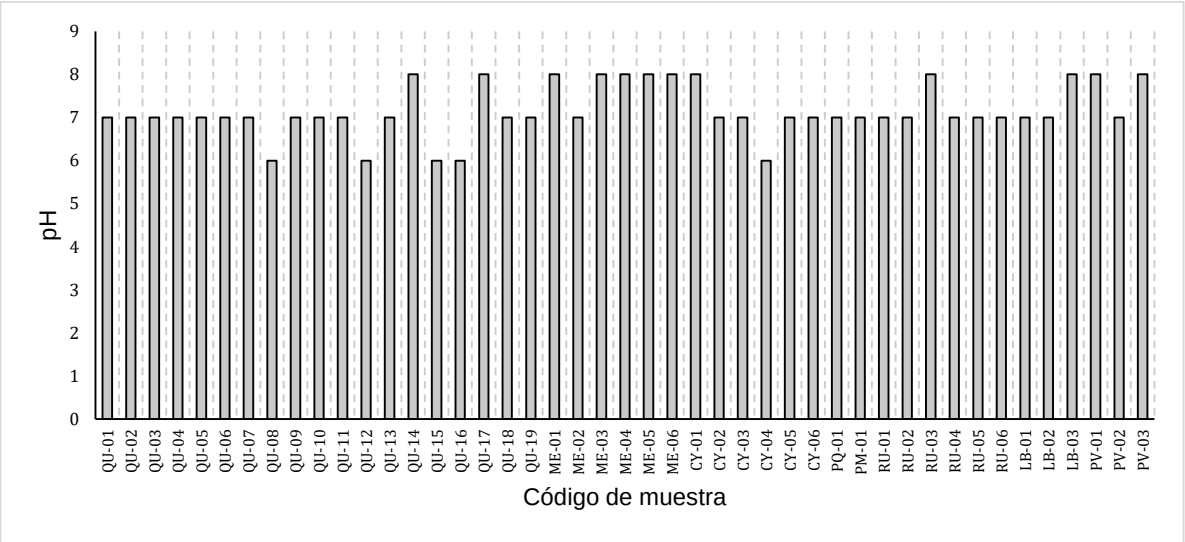



**Figura 5.** pH de las muestras seminales

El pH de las 45 dosis seminales porcinas presentó valores comprendidos entre 6 y 8. Debido a que las muestras correspondieron a dosis comerciales previamente diluidas, estos resultados pueden estar influenciados por la composición y la capacidad amortiguadora del diluyente, por lo que no deben atribuirse directamente a contaminación urinaria ni interpretarse como una alteración del eyaculado original. Con respecto a la Tabla 7, el pH de las 45 dosis seminales porcinas presentó una media de 7,11 ± 0,61, una mediana de 7,00 y valores comprendidos entre 6,00 y 8,00. El pH 7 fue el más frecuente, registrado en 28 muestras (62,22 %), seguido del pH 8 en 11 muestras (24,44 %) y del pH 6 en seis muestras (13,33 %).

### *10.1.4. Color*

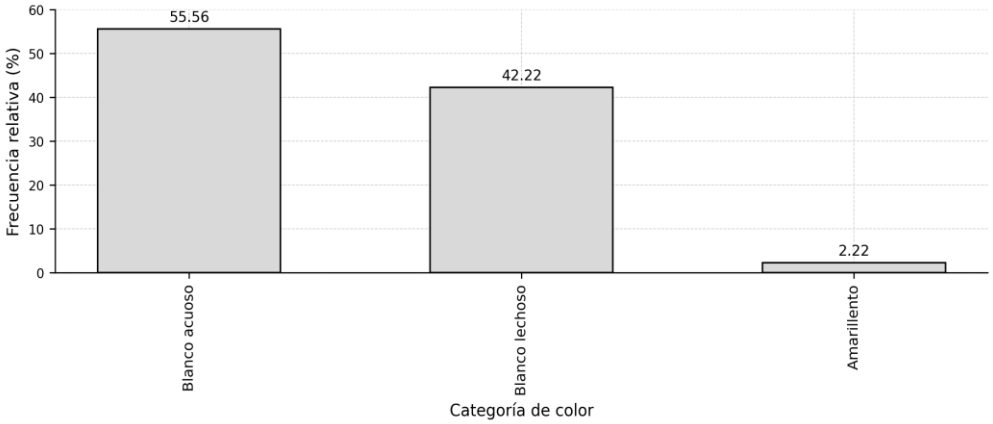



**Figura 6.** Color de las muestras seminales

De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, se identificaron tres categorías de color en las dosis seminales evaluadas: blanco acuoso en 25 muestras (55,56 %), blanco lechoso en 19 (42,22 %) y amarillento en una muestra (2,22 %). La apariencia blanco acuosa fue la más frecuente, lo que podría estar relacionado con una menor densidad espermática o con un mayor grado de dilución. La coloración blanco lechosa suele asociarse con una mayor presencia de espermatozoides. Sin embargo, al tratarse de dosis seminales comerciales previamente procesadas, el color también puede estar condicionado por el tipo y la cantidad de diluyente empleado, por lo que este parámetro debe interpretarse conjuntamente con la concentración espermática y los demás indicadores de calidad seminal.

## 10.2. Evaluación microscópica

Entre los principales parámetros microscópicos evaluados se incluyeron la motilidad total, la concentración espermática y la morfología; adicionalmente, se realizó el análisis bacteriológico de las muestras.

**Tabla 8.** Media ($\bar{x}$) y desviación estándar ($\sigma$) por variable microscópica

| Parámetro | n | Media ± DE | Mediana | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|---|---|---|
| Motilidad total (%) | 45 | 68,99 ± 25,47 | 80,71 | 2,89 | 92,87 |
| Concentración espermática (millones/mL) | 45 | 119,63 ± 58,60 | 110,71 | 31,20 | 291,55 |
| Morfología normal (%) | 45 | 87,18 ± 5,54 | 86,00 | 75,00 | 98,00 |

**Nota**: Elaboración propia

La motilidad total presentó una media de 68,99 ± 25,47 %, con una mediana de 80,71 %, evidenciándose una amplia dispersión relacionada con la presencia de algunas dosis con valores muy bajos. La concentración espermática registró una media de 119,63 ± 58,60 millones/mL y mostró la mayor variabilidad entre las variables microscópicas. En contraste, la morfología normal presentó resultados más homogéneos, con una media de 87,18 ± 5,54 %.

### *10.2.1. Motilidad total*

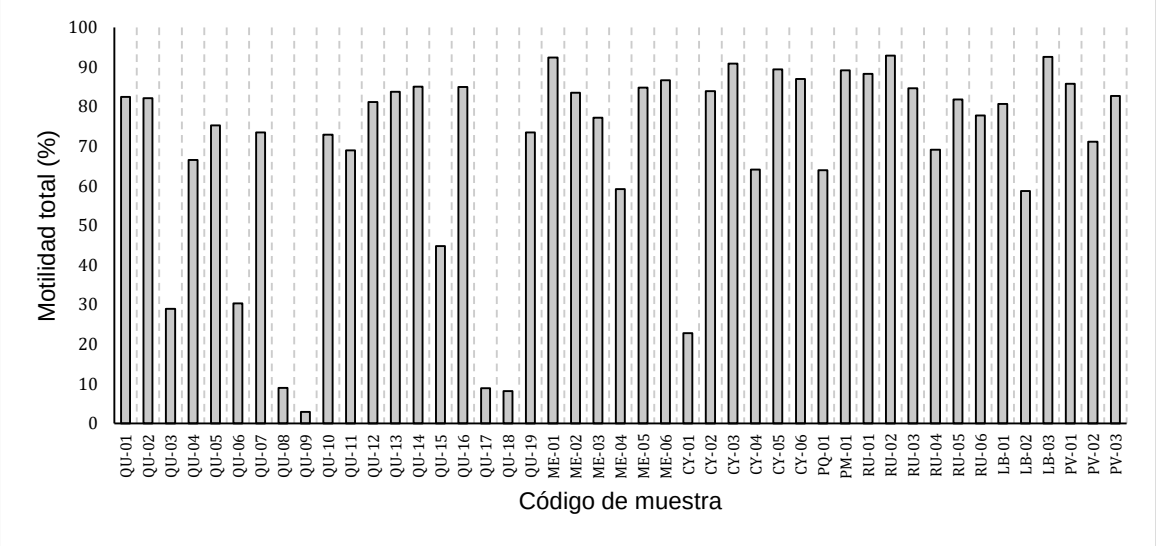



**Figura 7.** Motilidad de las muestras seminales

La motilidad total de las 45 dosis seminales porcinas evaluadas presentó valores entre 2,89 % y 92,87 %, con un promedio general de 68,99 %. Las mayores motilidades correspondieron a RU-02 (92,87 %), LB-03 (92,62 %), ME-01 (92,44 %) y CY-03 (90,85 %), lo que indica una elevada proporción de espermatozoides móviles en estas muestras.

Al considerar como referencia una motilidad total mínima del 75 %, se determinó que 26 muestras (57,78 %) alcanzaron o superaron este valor, mientras que 19 muestras (42,22 %) presentaron resultados inferiores.

### *10.2.2. Concentración espermática*

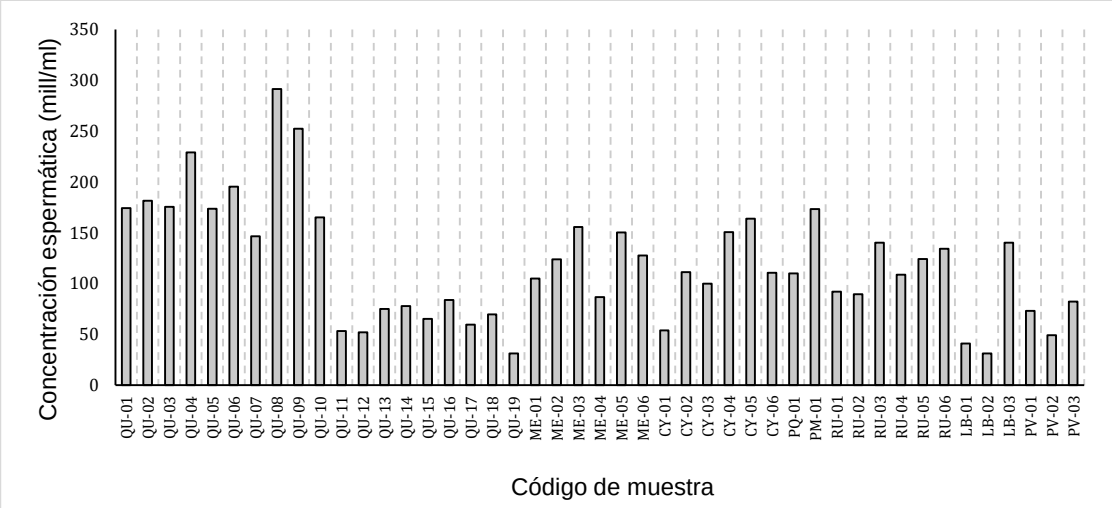



**Figura 8.** Concentración espermática de las dosis seminales porcinas

La concentración espermática de las 45 dosis seminales evaluadas presentó valores entre 31,20 y 291,55 millones de espermatozoides/mL, con un promedio de 119,63 ± 58,60 millones/mL y una mediana de 110,71 millones/mL. La mayor concentración correspondió a la muestra QU-08, con 291,55 millones/mL, seguida de QU-09 y QU-04, con 252,27 y 229,15 millones/mL, respectivamente. En contraste, los valores más bajos se registraron en QU-19, LB-02 y LB-01, con 31,20; 31,30 y 41,18 millones/mL.

### *10.2.3. Morfología espermática*

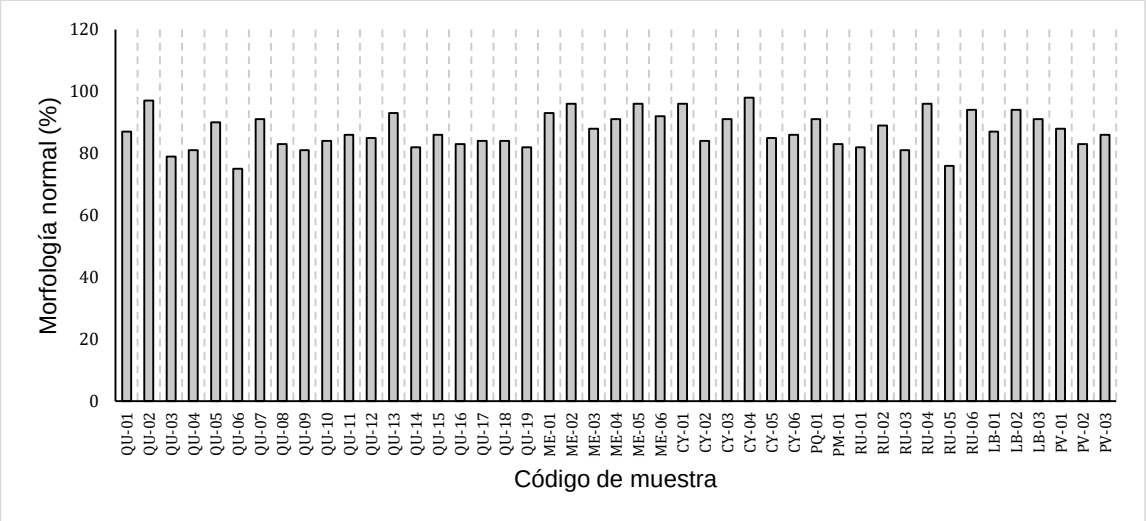



**Figura 9.** Morfología normal de las dosis seminales porcinas

La morfología espermática se determinó mediante el conteo de las alteraciones observadas en 100 espermatozoides por muestra, considerando como normales las células que no presentaron defectos en la cabeza, la pieza intermedia o la cola.

Los resultados se representan mediante un gráfico de barras, en el que se muestran los porcentajes individuales de morfología normal de las 45 dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha.

La morfología normal presentó valores entre 75 % y 98 %, con una media de 87,18 ± 5,54 %, una mediana de 86 % y un rango intercuartílico comprendido entre 83 % y 91 %. La muestra CY-04 alcanzó el mayor porcentaje de formas normales, con 98 %, mientras que los valores más bajos correspondieron a QU-06 con 75 %, RU-05 con 77 % y QU-03 con 79 %. Además, 42 de las 45 muestras, equivalentes al 93,33 %, presentaron al menos un 80 % de espermatozoides morfológicamente normales.

### *10.2.4. Análisis bacteriológico*

**Tabla 9.** Resultado general del análisis bacteriológico

| Resultado | Frecuencia absoluta | Frecuencia relativa | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| Sin crecimiento bacteriano detectable | 39 | 0,867 | 86,67 % |
| Con crecimiento bacteriano | 6 | 0,133 | 13,33 % |
| Total | 45 | 1,000 | 100,00 % |

**Nota**: Elaboración propia

En la Tabla 9 se presentan los resultados generales del análisis bacteriológico de las 45 dosis seminales evaluadas. De estas, 39 muestras (86,67 %) no presentaron crecimiento bacteriano detectable mediante el método utilizado, mientras que seis (13,33 %) mostraron crecimiento bacteriano. Estos resultados indican que la mayoría de las dosis fue negativa, aunque se detectó contaminación en una proporción de las muestras.

**Tabla 10.** Bacterias identificadas en las dosis seminales porcinas con cultivo positivo

| Bacteria identificada | Frecuencia absoluta (n) | Frecuencia relativa | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| *Enterobacter* spp. | 5 | 0,833 | 83,33 |
| *Klebsiella* spp. | 1 | 0,167 | 16,67 |
| Total | 6 | 1,000 | 100,00 |

**Nota.** Los porcentajes se calcularon con respecto al total de cultivos positivos (n = 6). Elaboración propia.

En la Tabla 10 se detallan las bacterias identificadas en las seis muestras con cultivo positivo. Enterobacter spp. se aisló en cinco muestras (83,33 %), mientras que Klebsiella spp. se identificó en una muestra (16,67 %), según las características de crecimiento y las pruebas bioquímicas realizadas.

### 10.3. Comparación de los resultados con criterios de referencia de calidad seminal porcina

Los resultados obtenidos se compararon con valores y condiciones de referencia reportados en la literatura científica sobre la producción, conservación y evaluación de dosis seminales porcinas. Dichos criterios se emplearon de manera orientativa, ya que pueden variar según el tipo de diluyente, el tiempo de almacenamiento, el método de análisis y la técnica de inseminación artificial utilizada.

**Tabla 11.** Comparación con criterios de referencia para dosis seminales porcinas

| Parámetro | Resultado del estudio | Criterio de referencia | Interpretación | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura de recepción | 16,81 ± 0,47 °C, rango de 15,50–17,50 °C | 15–17 °C valor habitual cercano a 17 °C | El promedio obtenido se encontró dentro del rango. El valor máximo lo superó ligeramente. | Bermúdez Álvarez, 2023; Aspas Cortés, 2022; Hallberg et al., 2024 |
| Volumen de la dosis | 94,98 ± 6,84 mL | 50–100 ml. 80–100 mL para IA cervical convencional | El promedio fue comparable con los volúmenes utilizados en IA cervical; cinco dosis superaron 100 mL. | Contreras et al., 2022; Rivera, citado por Jiménez Carreño, 2024; Schulze et al., 2024 |
| pH | 7,11 ± 0,61; rango: 6–8 | 6,7 – 7,2 | El promedio se encontró dentro del intervalo descrito y predominó el pH 7. | Cornejo Bermeo, 2025; Quirino et al., 2023; Goldberg |
| Color seminal | 55,56 % blanco acuoso; 42,22 % blanco lechoso; 2,22 % amarillento | Apariencia blanquesina, desde acuosa u opalescente hasta blanco lechosa | Predominó blanco acuoso descritas en la literatura con leve diferencia del lechoso. El color debe interpretarse con la concentración. | Sebastián-Abad et al., 2021; Costinar et al., 2022; Moreta Mangui, 2023; Quito Pillco, 2025. |
| Motilidad total | 68,99 ± 25,47 % | ≥75 % | 26 de 45 dosis alcanzaron o superaron el 75 %, se evidenció amplia variabilidad. | Moreta Mangui, 2023; Ausejo-Marcos et al., 2024 |
| Concentración | 119,63 ± 58,60 millones/Ml | 25–65 $\times 10^6$ esp./Ml | La concentración fue superior a los valores descritos para dosis diluidas y mostró amplia variabilidad. | Lalaleo Panchi y Quilachamin Veloz, 2026; Knox, 2024; Quirino et al., 2023. |
| Morfología normal | 87,18 ± 5,54 % | ≥80 % con morfología normal | 42/45 muestras (93,33 %) alcanzó la referencia. | Cando Montaguano y Monteros Moreira, 2025; Lalaleo Panchi y Quilachamin Veloz, 2026; Kondracki et al., 2023. |
| Análisis bacteriológico | 39 muestras negativas y 6 positivas | Ausencia de crecimiento bacteriano detectable | 39 (86,67 %) no presentaron crecimiento detectable y 6 (13,33 %) fueron positivas para Enterobacter spp. y Klebsiella spp. | Costinar et al., 2022; Contreras et al., 2022; Ngo et al., 2023; Moreta Mangui, 2023 |

**Nota.** Los criterios son valores orientativos reportados en la literatura científica y no constituyen límites universales. Su aplicación depende del tipo de inseminación, la dilución, el almacenamiento y el método de evaluación. Elaboración propia

Respecto a la temperatura de recepción, Bermúdez Álvarez (63), Aspas Cortés (18) y López García (48) mencionan temperaturas de 15 a 17 °C, mientras que Hallberg et al. (66) señalan un rango convencional de 16 a 18 °C. La estabilidad térmica es importante debido a la sensibilidad de los espermatozoides porcinos. Hallberg et al. (63) indican que el enfriamiento puede provocar cambios en la organización lipídica de la membrana, afectando la supervivencia y funcionalidad celular. Henning et al. (65) observaron que el almacenamiento a 5 y 10 °C puede provocar pérdida de viabilidad y motilidad, además de alteraciones en la disponibilidad de ATP y en los patrones de movimiento espermático. Por otra parte, Li et al. (66) señalan que el aumento de la temperatura durante el transporte puede favorecer el estrés oxidativo y procesos relacionados con apoptosis, además de reducir la viabilidad, la motilidad y la integridad del acrosoma. En su mayoría, las dosis fueron recibidas a temperaturas próximas a las recomendadas en la literatura. Las variaciones podrían relacionarse con las condiciones de transporte, almacenamiento o manipulación previas a la evaluación.

En relación con el volumen, Contreras et al. (50) señalan que las dosis seminales porcinas diluidas suelen prepararse en volúmenes de 50 a 100 mL, según la técnica de inseminación, la concentración y el número total de espermatozoides por envase. En el presente estudio; 40 de las 45 muestras se ubicaron dentro del intervalo descrito por estos autores, mientras que cinco superaron los 100 mL. Estos resultados también fueron cercanos a los 90 mL utilizados por Jiménez Carreño (67) en la inseminación artificial cervical convencional. De manera similar, Schulze et al. (68) describen volúmenes próximos a 80–100 mL para esta técnica, lo que muestra que la media y la mediana obtenidas fueron semejantes a los valores empleados habitualmente. Las dosis superiores a 100 mL podrían relacionarse con diferencias en los protocolos de dilución, concentración y envasado aplicados por los centros proveedores. Sin embargo, un mayor volumen no representa necesariamente una mejor calidad seminal. Sevilla et al. (69) destacan la importancia de obtener una estimación precisa de la concentración, debido a que esta puede variar según el método y la cámara de recuento utilizados. Por tanto, el volumen debe interpretarse junto con la concentración, la motilidad y el número total de espermatozoides por dosis, ya que volúmenes similares pueden contener cantidades espermáticas diferentes.

El promedio de pH 7 en 28 de las 45 muestras fue semejante al intervalo de 6,7 a 7,2 descrito para semen porcino diluido por McAnally et al. (70). En estudios de Park et al. (71) observaron que la motilidad se conservó mejor en medios con pH de 6,2 y 7,2, mientras que un pH alcalino de 8,2 produjo una disminución más temprana de la motilidad. La variación registrada podría relacionarse con la composición y capacidad amortiguadora del diluyente, el tiempo de almacenamiento, la concentración espermática y la actividad bacteriana. Cornejo Bermeo (72) encontró que el diluyente Androstar® Plus mantuvo un pH de 6,48 hasta las 120 horas, junto con mejores porcentajes de motilidad y supervivencia que el diluyente comparado. Por su parte, Quirino et al. (73) observaron que el pH disminuyó conforme aumentó la concentración espermática, especialmente durante el almacenamiento prolongado. Goldberg et al. (74), comprobaron que las dosis preparadas con diluyentes altamente contaminados presentaron una reducción del pH de 7,2 a 6,0, acompañada de menor motilidad y mayor proporción de acrosomas anormales durante el almacenamiento. Esto respalda que los valores extremos deben analizarse conjuntamente con la motilidad, la morfología y los resultados bacteriológicos.

Por otro lado, el blanco acuoso fue el color predominante, hecho que se debe a que las fracciones del eyaculado tienen distintas concentraciones espermáticas y proporciones de plasma seminal, siendo aquellas fracciones ricas las más blancas y densas en comparación con las que presentan más plasma que tienden a ser acuosas (39, 75). Asimismo, Quito (76) incorpora al color entre los parámetros evaluados del semen de verracos Landrace. En la presente investigación, este color predominante estaría relacionado también con la cantidad y el tipo de diluyente, sin que ello esté relacionado con una concentración incorrecta.

En efecto, la dosis puede visualmente parecer normal inclusive cuando tiene contaminación por bacterias (47), de ahí que sea necesaria complementar la evaluación sensorial del color con datos de morfología, concentración y motilidad (77). En definitiva, un color blanquecino no asegura por sí mismo la calidad del semen y tampoco cero contaminaciones.

En lo que concierne a la muestra amarillenta, puede ser que el color responda a los componentes del plasma seminal, los rezagos de orina o los cambios del procesamiento, por lo que es necesario evaluar la concentración, el pH, los datos microbiológicos y la motilidad con el fin de determinar si realmente está alterada. En ese sentido, la contrastar la motilidad total con el valor técnico del 75 % pudo evidenciarse que 26 muestras lo cumplieron o superaron, hecho que demuestra la heterogeneidad del material comercializado, aunque ello no implica que se incumpla alguna normativa.

Al respecto, Ausejo et al. (5) enfatizan que la motilidad es un indicador clave sobre calidad seminal porque mide el desplazamiento de los espermatozoides, aunque ciertamente por sí mismo no establece el potencial fecundante y, por ende, tiene que ser interpretado en conjunto con la integridad de las membranas, la morfología y la concentración. En ese sentido, el estudio de Camino y Torres (36) registró motilidades individuales desde el 75 % al 95 %, mientras que otros estudios reportan entre el 60 % y el 80 %, hecho que reafirma como valor de referencia y comparación al 75 %, pero no puede concebirse un límite obligatorio.

La disminución de la calidad seminal está relacionada, según Reckinger et al. (78), al calor y la agitación de la muestra durante el transporte, mientras que Hackerová et al. (58) subrayan en la importancia del pH y las fuentes energéticas como determinantes del movimiento de los espermatozoides. Por lo tanto, la variabilidad del presente estudio se relacionaría con el tiempo del almacenamiento, el traslado, el Ph, la manipulación y la composición del diluyente.

En cuanto a la concentración espermática, fue superior al intervalo reportado por knox (79) de 25-65 x $10^6$ espermatozoides/mL para dosis utilizadas con fines de inseminación cervical. Además, el estudio de Lalaleo y Quilachamin (80) registró una mediana de 40 x $10^6$ espermatozoides/mL y ciertos valores rondaron los 120, 140 y 160 x $10^6$ espermatozoides/mL, hecho que evidencia que las muestras comercializadas son sumamente heterogéneas. De acuerdo con Hartman et al. (81), las dosis tienden a estar preparadas con 1,5 a 2.8 x $10^9$ de espermatozoides totales, motivo por el cual la concentración por mililitro tiene que ser interpretada en conjunto con el volumen final.

La investigación de Quirino et al. (73) midieron concentraciones de 20, 30, 60 y 100 x $10^6$ espermatozoides/mL y determinaron una disminución de la motilidad al momento del almacenaje en aquellas muestras más concentradas, por lo que plantearon que valores cercanos a 55 x $10^6$ espermatozoides/mL aseguran una motilidad correcta. Entonces, una concentración más alta no es sinónimo de mejor calidad y debe medirse en conjunto con la motilidad, el volumen y la cantidad total de espermatozoides funcionales.

En cuanto a la morfología normal, los resultados mostraron un predominio de espermatozoides con estructura normal. Lalaleo Panchi y Quilachamin Veloz (80) registraron una mediana aproximada de 94 % de formas normales, aunque identificaron algunas muestras con porcentajes considerablemente menores. Por su parte, Cando Montaguano y Monteros Moreira (10) reportaron valores entre 43,81 y 75,47 % y señalaron que una muestra debería contener

más del 70 % de espermatozoides normales. Kondracki et al. (44) indican que el tipo y la frecuencia de las anomalías pueden variar entre muestras y relacionarse con la producción espermática y las características del eyaculado. Sin embargo, en dosis ya procesadas, la cola doblada o enrollada también podría originarse durante la dilución, conservación, manipulación o preparación del frotis. En conjunto, la morfología fue favorable, lo que resalta la importancia de mantener procedimientos estandarizados durante la preparación, conservación, transporte y evaluación microscópica de las dosis.

En torno a el análisis bacteriológico, Costinar et al. (47) identificaron Enterobacter spp. y Klebsiella spp. en semen porcino diluido y señalaron que la contaminación puede originarse durante la colecta por contacto con la piel, las secreciones prepuciales o la materia fecal del verraco, y también durante el procesamiento mediante agua, equipos o superficies contaminadas. Contreras et al. (50) coinciden en que el reproductor y el ambiente de laboratorio constituyen fuentes importantes. Por ello, las muestras positivas sugieren fallas higiénicas en alguna etapa, aunque no permiten determinar su origen exacto. Costinar et al. (47) reportaron resistencia a la gentamicina en bacterias gramnegativas, mientras que Ngo et al. (82) describieron bacteriospermia y resistencia a aminoglucósidos incluso en dosis conservadas con antibióticos. Esto indica que la gentamicina no garantiza la eliminación total de contaminantes; sin embargo, al no realizarse antibiogramas, no puede confirmarse resistencia en los aislamientos obtenidos. También determinaron que la viabilidad espermática disminuyó 6,4 % por cada incremento de una unidad logarítmica en la carga bacteriana. Contreras et al. (50) añaden que la contaminación puede reducir la motilidad, la integridad de la membrana y del acrosoma y el potencial mitocondrial, además de aumentar la aglutinación, el estrés oxidativo y alterar el pH.

Luther et al. (49) demostraron que Klebsiella oxytoca puede disminuir la motilidad y la integridad de la membrana y aumentar la aglutinación espermática. Contreras et al. (50) describen efectos semejantes para bacterias gramnegativas, incluidas especies de Enterobacter. Ambos géneros pueden comprometer la conservación y el potencial fecundante de las dosis. Costinar et al. (47) advierten que el semen contaminado puede introducir bacterias en el aparato reproductor de la cerda, mientras que Contreras et al. (50) señalan posibles efectos sobre la supervivencia espermática, el transporte de los gametos y la fecundación. No obstante, las dosis positivas representan un riesgo potencial y no confirman enfermedad o infertilidad.

Finalmente, Moreta Mangui (39) señala que la contaminación puede producirse durante la colecta, el procesamiento y la inseminación. En conjunto, estos antecedentes respaldan la necesidad de reforzar la higiene del reproductor y del área de colecta, controlar el agua y los diluyentes, desinfectar los equipos y realizar cultivos y pruebas de sensibilidad antimicrobiana.

## 11. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS

### 11.1. Técnicos

La investigación aporta información actual sobre la calidad de las dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Pichincha, a partir de la evaluación de parámetros macroscópicos, microscópicos y bacteriológicos. Los resultados obtenidos pueden servir como base para fortalecer los procedimientos de recepción, almacenamiento, transporte y control de calidad de las dosis antes de su utilización. Asimismo, favorecen la aplicación de evaluaciones objetivas, como el sistema CASA, la valoración morfológica y el análisis microbiológico, permitiendo que productores y técnicos adopten decisiones mejor fundamentadas sobre la selección y uso del material seminal.

### 11.2. Económicos

La calidad de las dosis seminales influye directamente en la eficiencia reproductiva y, por tanto, en la rentabilidad de las explotaciones porcinas en la provincia de Pichincha. El uso de dosis con baja motilidad, alteraciones morfológicas, contaminación bacteriana o condiciones inadecuadas de conservación puede ocasionar repeticiones de inseminación, retornos al celo, menor número de lechones y mayores gastos de manejo. En este sentido, la investigación permite identificar los parámetros que requieren mayor control y proporciona información útil para seleccionar proveedores más confiables, reducir pérdidas económicas y optimizar la inversión destinada a la reproducción y al mejoramiento genético.

### 11.3. Sociales

El estudio beneficia principalmente a pequeños y medianos productores porcinos locales que emplean inseminación artificial para mejorar el rendimiento reproductivo y genético de sus animales. Contar con información sobre la calidad real de las dosis disponibles en el mercado local contribuye a generar mayor seguridad en su adquisición y utilización. Además, los resultados pueden promover una mayor cultura de control, trazabilidad y responsabilidad entre

productores, proveedores, centros de inseminación y organismos de control, favoreciendo prácticas reproductivas más confiables y orientadas al fortalecimiento de la producción porcina provincial.

## 12. CONCLUSIONES

La evaluación macroscópica y microscópica de las dosis seminales porcinas evidenció una calidad heterogénea entre las muestras comercializadas. La temperatura, el volumen y la morfología espermática presentaron mayor concordancia con los parámetros de calidad establecidos; sin embargo, la motilidad total identificado como el principal parámetro limitante, el color y la concentración espermática reflejó la falta de uniformidad entre las muestras.

El análisis microbiológico mostró ausencia de crecimiento bacteriano detectable en la mayoría de las dosis. Sin embargo, la identificación de Enterobacter spp. y Klebsiella spp. en algunas muestras evidenció contaminación bacteriana, cuyo origen pudo relacionarse con la colecta, el procesamiento, el almacenamiento o la manipulación, sin que el método aplicado permitiera determinar la fuente exacta.

La comparación con los parámetros de referencia permitió establecer que las dosis seminales evaluadas no presentaron un cumplimiento uniforme de los criterios de calidad considerados para su utilización en inseminación artificial.

## 13. RECOMENDACIONES

Implementar evaluaciones macroscópicas y microscópicas paródicas mediante procedimientos estandarizados de las dosis seminales antes de ser comercializadas. También se recomienda incluir en los procedimientos el sistema CASA para obtener resultados más objetivos que permitan detectar oportunamente variaciones en la calidad de las dosis.

Mejorar las medidas de higiene y bioseguridad durante la recolección, dilución, envasado, almacenamiento, transporte y manipulación de las dosis seminales. Además, se recomienda realizar controles microbiológicos periódicos.

Utilizar parámetros de referencia de calidad seminal porcina para evaluar las dosis seminales y comparar los resultados obtenidos.

Promover la actualización y vigilancia de los registros oficiales de los centros y comercializadores de semen porcino en Pichincha, con el fin de mejorar la trazabilidad y el control sanitario de las dosis comercializadas.

## 14. BIBLIOGRAFÍA


1. Lingua Zabaleta ME. Estandarización de protocolos para el manejo reproductivo en porcinos [trabajo de titulación en Internet]. Buenos Aires (AR): Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires; 2026 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://repositorio.unnoba.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/23601/562/TFG%20Matias%20Emmanuel%20Lingua%20Zabaleta%20Ing.%20Agron%c3%b3mica.pdf?sequence=2&isAllowed=y
2. Villegas Chávez GJ. 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 [trabajo de integración curricular en Internet]. La Libertad, (EC): Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2022 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2ff325fe-1e2d-49db-a7ea-d4dac5a58d8f/content
3. Arellano Castillo LJ. Evaluación morfológica y la calidad seminal de verracos criollos de la parroquia Palmira-Chimborazo [trabajo de titulación en Internet]. Riobamba, (EC): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2023 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9031a1e3-d627-4a2d-b8d2-698fad2c2e1e/content
4. Valverde A, Barquero V, Carvajal V. Biotecnología aplicada al estudio de la movilidad del semen porcino. Agron Mesoam [Internet]. 2021;32(2):662-680 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n2/2215-3608-am-32-02-00662.pdf
5. Ausejo-Marcos R, Tejedor MT, Miguel-Jiménez S, Gómez-Giménez B, Soriano-Úbeda C, Mendoza N, et al. Spermiogram, kinetics, flow cytometric characteristics and DNA damage degree in boar ejaculates: summarization and clustering. Vet Sci [Internet]. 2024;11(9):420 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/vetsci11090420
6. Maside C, Recuero S, Salas-Huetos A, Ribas-Maynou J, Yeste M. Animal board invited review: an update on the methods for semen quality evaluation in swine—from farm to the lab. Animal [Internet]. 2023;17(3):100720 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100720

7. Barquero V, Roldan ERS, Soler C, Yániz JL, Camacho M, Valverde A. Predictive capacity of boar sperm morphometry and morphometric sub-populations on reproductive success after artificial insemination. Animals (Basel) [Internet]. 2021;11(4):920 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani11040920
8. Marocco E. Meat market review: emerging trends and outlook in 2025 [Internet]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2025 [consultado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/CD7597EN
9. Bortolozzo FP, Zanin GP, Christ TS, Rech RD, Ulguim RR, Mellagi APG. Artificial insemination and optimization of the use of seminal doses in swine. Anim Reprod Sci [Internet]. 2024;269:107501 [consultado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107501
10. Cando Montaguano DG, Monteros Moreira AE. Perfil espermático de tres razas porcinas mediante tecnología microscópica en campo [trabajo de titulación en Internet]. Quito, (EC): Universidad Politécnica Salesiana; 2025 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29596/1/TTQ1910.pdf
11. Astudillo Jurado FI. Viabilidad reproductiva en cerdas empleando inseminación artificial [trabajo de titulación en Internet]. Babahoyo, (EC): Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agropecuaria; 2023 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/42f6745a-809e-40f5-8f35-20a732224e1b/content
12. Mellagi APG, Will KJ, Quirino M, Bustamante-Filho IC, Ulguim RRD, Bortolozzo FP. Update on artificial insemination: semen, techniques, and sow fertility. Mol Reprod Dev [Internet]. 2023;90(7):601-611 [consultado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1002/mrd.23643
13. Méndez Vásquez NF. Diagnóstico de la calidad del semen de los verracos utilizados para inseminación artificial en el Centro de Aprendizaje Porcino de la UNAG [anteproyecto en Internet]. Catacamas, (HN): Universidad Nacional de Agricultura; 2024 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: http://amanglana.unag.edu.hn/jspui/bitstream/123456789/348/1/Anteproyecto_19A0275.pdf
14. Peña ST Jr, Pagente MD, Ymas BTP, Janier MBE. Bacteriospermia among artificial insemination boars of smallholder farms in the Philippines and possible associated factors.

Asian Pac J Reprod [Internet]. 2023;12(1):35-41 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.4103/2305-0500.365230

15. Wysokińska A. Animal reproduction: semen quality assessment. Animals (Basel) [Internet]. 2022;12(21):2905 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani12212905
16. Pérez Bravo CI. Inclusión de antibiótico en la fórmula de diluyente convencional: efecto sobre los parámetros seminales en cerdo [trabajo de titulación en Internet]. Panamá (PA): Universidad de Panamá; 2024 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: http://up-rid.up.ac.pa/9215/1/carlos_perez.pdf
17. Piñas Sádaba I. Identificación de bacterias contaminantes de dosis seminales de ganado porcino y perfil fenotípico de resistencias antimicrobianas [trabajo fin de grado en Internet]. Zaragoza (ES): Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria; 2023 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/127315/files/TAZ-TFG-2023-2361.pdf
18. Aspas Cortés P. Resistencias a los antibióticos: búsqueda de alternativas en la preparación de dosis seminales en la especie porcina [trabajo fin de grado en Internet]. Zaragoza (ES): Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria; 2022 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/117761/files/TAZ-TFG-2022-2471.pdf
19. Salazar Calderón MCP. Avances y nuevas metodologías en la conservación del semen porcino para inseminación artificial. Revisión sistemática de literatura [Internet]. Bucaramanga (CO): Universidad Cooperativa de Colombia; 2024 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8efa2894-741e-43de-b5b5-46530e5c3154/content
20. Herrera Len YR. Manejo eficiente de indicadores reproductivos en hembras porcinas [trabajo de titulación en Internet]. Babahoyo (EC): Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2022 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8353c938-9979-4976-921a-043f344a8e38/content
21. Encalada Vera IJ. Inseminación artificial en porcinos: importancia y aplicación en la producción porcina [tesis en Internet]. Quito (EC): Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2020 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ENCALADA%20VERA%20IVO%20JARDEL.pdf

22. Kondracki S, Górski K. Analysis of factors influencing variation in boar ejaculate characteristics. Animals (Basel) [Internet]. 2025;15(14):2043 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani15142043
23. Singh M, Mollier RT, Pongener N, Patton RN, Yadav R, Chaudhary JK, et al. Effect of artificial insemination in comparison to natural mating on the reproductive performance and profitability of smallholder pig production system in Indian Himalaya. Front Sustain Food Syst [Internet]. 2022;6:1067878 [citado 4 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1067878
24. Ávila Santos EG. Estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de producción de semen porcino en la provincia de Santa Elena, Ecuador [trabajo de titulación en Internet]. La Libertad (EC): Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2019 [citado 04 feb 2026]. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a5baced2-647f-4d45-9a65-db2634ea30c4/content
25. Ramírez Medina MJ. Manual del manejo reproductivo porcino [Internet]. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco; 2022 [citado 04 feb 2026]. Disponible en: https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/26504/1/250028.pdf
26. Sevilla-Benavides F, Calderón-Calderón J, Barquero V, Valverde A. Efecto de la suplementación con vitaminas liposolubles sobre los patrones de movilidad y cinética en semen de verraco. Rev-RIC [Internet]. 2023;9(1):7 [citado 6 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.33412/rev-ric.v9.1.3762
27. Kong Y, He M, Gao J, Xu J, Lu N, Wu C, et al. Comparative analysis of classic semen extenders for frozen–thawed boar semen. Animals (Basel) [Internet]. 2025;15(13):1885 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani15131885
28. Moreira da Silva J. Inseminación artificial y criopreservación de semen porcino: estado actual y problemática. Open Sci J [Internet]. 2020;5(2) [citado 5 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.23954/osj.v5i2.2353
29. Vargas Santillán SG. Efecto de la suplementación de zinc y selenio sobre la aptitud reproductiva y calidad seminal en cerdos reproductores [tesis de grado en Internet]. Babahoyo (EC): Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria; 2025 [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1f775b54-0985-45b5-a33c-46811a035948/content

30. Rodríguez Coronel SN. Evaluación de la calidad espermática de semen porcino criopreservado en diferentes niveles de coenzima Q10 [trabajo de integración curricular en Internet]. Riobamba (EC): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Zootecnia; 2024 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/5e34d198-a012-4be1-948b-c13742ea9b2c/content
31. Lopez Rodriguez A, Van Soom A, Arsenakis I, Maes D. Boar management and semen handling factors affect the quality of boar extended semen. Porcine Health Manag [Internet]. 2017;3:15 [consultado el 19 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s40813-017-0062-5
32. Montesdeoca I. Mejoras en los procesos de producción para la crianza de cerdos en la granja Monpal ubicada en el cantón Baba [tesis de maestría en Internet]. Guayaquil (EC): Universidad Politécnica Salesiana, Posgrado; 2022 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23206/1/UPS-GT003923.pdf
33. Tana Arcos HR. Concentración espermática de semen porcino (Sus scrofa var. domesticus) mediante metodologías aplicadas comercialmente en la parroquia Conocoto del cantón Rumiñahui [proyecto de investigación en Internet]. Quevedo (EC): Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria; 2017 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/120b2380-3d99-4e59-a026-af1e3a44b146/content
34. Montalvo Zambrano BI, Perales YM, Saavedra DY. Determinación de los factores que afectan la calidad del eyaculado en porcinos. Rev Cienc Soc [Internet]. 2025;5(9):20-34 [consultado el 22 de junio de 2026]. Disponible en: **https://revistacienciaysociedad.com/**
35. Rugel Quichimbo CP. Evaluación de la calidad seminal en sementales porcinos comerciales en el cantón Marcabelí, provincia de El Oro [tesis en Internet]. Loja (EC): Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2021 [citado 5 feb 2026]. Disponible en: https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fea80d37-9607-415f-9b82-3ec5492f186a/content
36. Camino Falcón GA, Cepeda Torres AD. Estandarización de protocolo para la crioconservación de semen porcino en líneas maternales y finalizadoras [tesis en Internet]. Latacunga (EC): Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y

Recursos Naturales, Carrera de Medicina Veterinaria; 2025 [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/28207630-1af7-47ad-864b-ab7d665f28e2/content

37. Ocaña Herrera AF. Determinación del daño en el ADN espermático de semen porcino diluido con diferentes niveles de agua de coco [tesis en Internet]. Riobamba (EC): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Zootecnia; 2024 [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/0f3bea0d-1e0f-4d5b-8b02-10b8faf950ba/content
38. Hensel B, Schulze M. Transport-related influences on the quality of liquid-preserved boar sperm: a review. Anim Reprod Sci [Internet]. 2025;272:107657 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107657
39. Moreta Mangui BD. Diversidad de microorganismos seminales y su relación con el potencial reproductivo del semen porcino [trabajo de titulación de maestría en Internet]. Latacunga (EC): Universidad Técnica de Cotopaxi, Dirección de Posgrado, Maestría en Ciencias Veterinarias; 2023 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d77d7684-2828-4bef-afea-b59518034523/content
40. Córdova Izquierdo A, Iglesias Reyes AE, Guerra Liera E, Ruiz Lang G, Saltijeral Oaxaca JA, Sánchez Aparicio P, et al. La valoración seminal en las unidades de producción animal: porcinos. Vet Arg [Internet]. 2022;39(405) [citado 5 feb 2026]. Disponible en: https://www.veterinariargentina.com/revista/2022/01/la-valoracion-seminal-en-las-unidades-de-produccion-animal-porcinos
41. Vergara Moncayo AI, Centeno-Mendoza J, Larrea-Izurieta CO, Alcívar-Martínez MA. Effect of collection time and temperature-humidity index on porcine semen characteristics [Internet]. Rev Inv Cs Agro Vet. 2025 Abr; 9(25) [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.332
42. Calderón-Calderón J, Sevilla F, Roldan ERS, Barquero V, Valverde A. Influence of fat-soluble vitamin intramuscular supplementation on kinematic and morphometric sperm parameters of boar ejaculates [Internet]. Front Vet Sci. 2022;9:908763 [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fvets.2022.908763
43. Sevilla F, Araya-Zúñiga I, Silvestre MA, Cervantes-Acosta P, Hernández-Beltrán A, Salamanca-Carreño A, Valverde A. Influencia de la edad, las líneas de raza y la estación en la motilidad y morfología del esperma de verraco en condiciones tropicales. Austral J Vet

Sci [Internet]. 2026;58:e5802 [consultado el 22 de junio de 2026]. Disponible en: https://ajvs.cl/index.php/ajvs/article/view/498

44. Kondracki S, Górski K, Iwanińska D, Kordan W, Lecewicz M. Association between sperm morphology and sperm count of boar semen. Pol J Vet Sci [Internet]. 2023;26(4):695-704 [citado 5 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.24425/pjvs.2023.148289
45. Mandawala AA, Perry JC, Skinner BM, Walling GA, Harvey SC, Harvey KE. Refinement of sperm quality assessment using high-throughput nuclear morphometric analysis. bioRxiv [Internet]. 2018:314708 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1101/314708
46. Waberski D, Luther AM. Boar semen storage at 5 °C for the reduction of antibiotic use in pig insemination: pathways from science into practice [Internet]. Anim Reprod Sci. 2024;269:107486 [citado 05 feb 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107486
47. Costinar L, Herman V, Pitoiu E, Iancu I, Degi J, Hulea A, et al. Boar semen contamination: identification of Gram-negative bacteria and antimicrobial resistance profile. Animals (Basel) [Internet]. 2022;12(1):43 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani12010043
48. López García P. Efecto de la fracción del eyaculado y la temperatura de conservación sobre la calidad espermática del semen porcino [trabajo fin de grado en Internet]. Orihuela (ES): Universidad Miguel Hernández de Elche, Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental; 2023 [consultado el 16 de enero de 2026]. Disponible en: https://dspace.umh.es/bitstream/11000/32241/1/TFG-PAOLA%20L%C3%93PEZ%20GARC%C3%8DA.pdf
49. Luther AM, Beckermann C, Nguyen TQ, Verspohl J, Waberski D. Growth dynamic and threshold values for spermicidal effects of multidrug-resistant bacteria in extended boar semen. Microorganisms [Internet]. 2023;11(3):788 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/microorganisms11030788
50. Contreras MJ, Núñez-Montero K, Bruna P, García M, Leal K, Barrientos L, et al. Bacteria and boar semen storage: progress and challenges. Antibiotics (Basel) [Internet]. 2022;11(12):1796 [citado 4 may 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/antibiotics11121796
51. Ngo C, Suwimonteerabutr J, Apiwatsiri P, Saenkankam I, Prapasarakul N, Morrell JM, et al. Boar seminal microbiota in relation to sperm quality in tropical environments. Animals

(Basel) [Internet]. 2023;13(24):3837 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani13243837

52. Bampton T, Venturini C, Bathgate R. Navigating bacterial contamination and antimicrobial resistance in boar semen for artificial insemination. Anim Health Res Rev [Internet]. 2026 [citado el 26 de junio de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1017/S1466252326100103
53. Ngo C, Morrell JM, Tummaruk P. Boar semen microbiome: insights and potential implications. Anim Reprod Sci [Internet]. 2025;272:107647 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107647
54. Caiza Cuzco CA. Optimización de diluyentes para el manejo y conservación del semen porcino [Internet]. Riobamba (Ecuador): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022 [citado 14 jul 2026]. Disponible en: https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17533
55. Carreño Arteaga MA, Zambrano JJ, Carreño Arteaga NP. El uso del áloe vera y la glucosa como elementos protectores para la conservación del semen porcino. Polo del Conocimiento [Internet]. 2022;7(11) [citado 5 feb 2026]. Disponible en: https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4968/12034
56. Ďuračka M, Benko F, Chňapek M, Tvrdá E. Strategies for bacterial eradication in human and animal semen samples: current options and future alternatives [Internet]. Sensors (Basel). 2023;23(15):6978 [citado 22 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/s23156978
57. Belala R, Bourahmoune D, Mimoune N. The use of computer-assisted sperm analysis (CASA) in domestic animal reproduction: a review. Kafkas Univ Vet Fak Derg [Internet]. 2024;30(6):741-751 [citado el 26 de junio de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.9775/kvfd.2024.32819
58. Hackerová L, Pilšová A, Pilšová Z, Zelenková N, Tymich Hegrová P, Klusačková B, et al. Boar sperm motility assessment using computer-assisted sperm analysis: current practices, limitations, and methodological challenges. Animals (Basel) [Internet]. 2025;15(3):305 [citado el 26 de junio de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani15030305
59. González-Villalobos D, Quintero-Moreno AA. Segregación de la motilidad espermática en subpoblaciones como herramienta para mejorar el diagnóstico de la calidad seminal en verracos. ITEA Inf Tec Econ Agrar [Internet]. 2025;121(4):368-381 [citado el 26 de junio de 2026]. Disponible en: https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2025/121-4/(368-381)%20ITEA%20121-4.pdf

60. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD). Oficio Nro. AGR-AGROCALIDAD/CSA-2026-000341-OF: información sobre establecimientos registrados para la producción o comercialización de semen porcino en la provincia de Pichincha. Quito (EC): AGROCALIDAD; 2026. Documento institucional no publicado.
61. Zhou Y, Wei Z, Gao Y, Zhang H, Schroyen M. The role of alginate oligosaccharide on boar semen quality: a research review. Int J Biol Macromol [Internet]. 2024;276(Pt 1):133973. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133973
62. Szablicka D, Wysokińska A, Pawlak A, Roman K. Boar sperm morphometry in semen stored at 17 °C: the influence of the staining technique. Animals (Basel) [Internet]. 2022;12(15):1888 [consultado el 22 de enero de 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani12151888
63. Bermúdez Álvarez GF. Evaluación de la viabilidad del semen porcino con la adición de conservantes para mejorar su calidad [trabajo de titulación en Internet]. Cuenca (EC): Universidad Politécnica Salesiana; 2023 [citado 30 jul 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24782
64. Hallberg I, Morrell JM, Malaluang P, Johannisson A, Sjunnesson Y, Laskowski D. Sperm quality and in vitro fertilizing ability of boar spermatozoa stored at 4 °C versus conventional storage for 1 week. Front Vet Sci [Internet]. 2024;11:1444550 [citado 30 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1444550
65. Henning H, Nguyen QT, Wallner U, Waberski D. Temperature limits for storage of extended boar semen from the perspective of the sperm's energy status. Front Vet Sci [Internet]. 2022;9:953021 [citado 30 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fvets.2022.953021
66. Li J, Zhao W, Zhu J, Wang S, Ju H, Chen S, et al. Temperature elevation during semen delivery deteriorates boar sperm quality by promoting apoptosis. Animals (Basel) [Internet]. 2023;13(20):3203 [citado 30 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ani13203203
67. Jiménez Carreño EG. Evaluación de dos técnicas de inseminación artificial, tradicional y post-cervical, en cerdas reproductoras Hypor [trabajo de titulación en Internet]. Cuenca (EC): Universidad Politécnica Salesiana; 2024 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28366
68. Schulze M, Henneberg S, Riedel A, Hensel B. Trends and challenges in liquid-preserved boar semen production: from boar to product. Reprod Domest Anim [Internet].

2024;59(Suppl 2):e14590 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1111/rda.14590

69. Sevilla F, Murillo L, Araya-Zúñiga I, Silvestre MA, Saborío-Montero A, Vargas-Leitón B, et al. Effects of age, season, breed, and sperm counting chamber on boar semen quality variables in tropical conditions. Austral J Vet Sci [Internet]. 2025;57:e5701 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.4206/ajvs.57.01
70. McAnally BE, Smith MS, Wiegert JG, Palanisamy V, Chitlapilly Dass S, Poole RK. Characterization of boar semen microbiome and association with sperm quality parameters. J Anim Sci [Internet]. 2023;101:skad243 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jas/skad243
71. Park YJ, Kim JH, Lee SG, Lee SH, Cho J, Pang MG. New technique of sex preselection for increasing female ratio in boar sperm model. Reprod Domest Anim [Internet]. 2021;56(2):280-290 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1111/rda.13870
72. Cornejo Bermeo WF. Evaluación macroscópica, microscópica y tiempo de conservación de semen porcino (Sus scrofa domesticus) mediante el uso de dos diluyentes (Androstar® Plus vs. Vitasem) [trabajo de titulación en Internet]. Cuenca (EC): Universidad Politécnica Salesiana; 2025 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31759
73. Quirino M, da Rosa GT, Christ TS, Valadares WR, Ulguim RR, Bernardi ML, et al. Estimation of sperm concentration limits to produce intrauterine insemination doses in swine. Reprod Domest Anim [Internet]. 2023;58(6):785-792 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1111/rda.14351
74. Goldberg AMG, Cardoso M, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. The impact of bacterial contamination of the ejaculate and extender on the quality of swine semen doses. Semina Cienc Agrar [Internet]. 2017;38(5):3095-3104 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3095
75. Sebastián-Abad B, Llamas-López PJ, García-Vázquez FA. Relevance of the ejaculate fraction and dilution method on boar sperm quality during processing and conservation of seminal doses. Vet Sci [Internet]. 2021;8(12):292 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/vetsci8120292
76. Quito Pillco FA. Evaluación macroscópica y microscópica de semen porcino con dos dietas diferentes en reproductores Landrace [trabajo de titulación en Internet]. Cuenca (EC): Universidad Politécnica Salesiana; 2025 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31458

77. Waberski D, Schulze M. Boar semen assessment for the production of artificial insemination doses. Methods Mol Biol. 2025;2897:93-108. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4406-5_7
78. Reckinger F, Luther AM, Verspohl J, Lotz Artavia J, Waberski D. Pre-cooling of boar semen before transport in a hot environment enhances biosafety. Front Microbiol [Internet]. 2025;16:1611562 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1611562
79. Knox RV. Breeding management of pigs. En: Merck Veterinary Manual [Internet]. Rahway (NJ): Merck & Co., Inc.; 2024 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://www.merckvetmanual.com/management-and-nutrition/management-of-reproduction-pigs/breeding-management-of-pigs
80. Lalaleo Panchi EE, Quilachamin Veloz ES. Evaluación de la calidad espermática de dosis seminales porcinas comercializadas en la provincia de Cotopaxi [proyecto de investigación en Internet]. Latacunga (EC): Universidad Técnica de Cotopaxi; 2026 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cb2e7dfa-08e0-4e75-a4ba-59809df8363b/content
81. Hartman AR, Woodworth JC, Stewart KR, Fike KE. Commercial boar development and management: a review of strategies. Transl Anim Sci [Internet]. 2025;9:txaf096 [citado 31 jul 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1093/tas/txaf096
82. Ngo C, Suwimonteerabutr J, Prapasarakul N, Morrell JM, Tummaruk P. Bacteriospermia and its antimicrobial resistance in relation to boar sperm quality during short-term storage with or without antibiotics in a tropical environment. Porcine Health Manag [Internet]. 2023;9:21 [citado 1 ago 2026]. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s40813-023-00320-2