

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**Máster Universitario en Tecnología y Calidad Agroalimentaria**



**ESTUDIO DEL TIPO DE ALOJAMIENTO Y  
DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES  
SOBRE LA CALIDAD ESPERMÁTICA  
PORCINA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Septiembre – 2022**

AUTORA: Mónica Molina Reverte

DIRECTOR/ES: María de la Luz García Pardo

Pedro José Llamas López



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

## VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2021/2022

Director/es del trabajo
María de la Luz García Pardo Pedro José Llamas López

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Estudio del Tipo de Alojamiento y de las Condiciones Ambientales sobre la Calidad Espermática Porcina
Alumna
Mónica Molina Reverte

Orihuela, a 5 de septiembre de 2022

MARIA DE LA  
LUZ|GARCIA|  
PARDO

Firmado digitalmente  
por MARIA DE LA  
LUZ|GARCIA|PARDO  
Fecha: 2022.09.05  
20:49:56 +02'00'

Firma/s tutores trabajo



## **MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA**

### **REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Título: Estudio del Tipo de Alojamiento y de las Condiciones Ambientales sobre la Calidad  
Espermática Porcina

Title: Study of the Type of Accommodation and Environmental Conditions on Porcine Sperm  
Quality

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Mónica Molina Reverte

Director/es/Advisor: María de la Luz García Pardo y Pedro José Llamas López

Convocatoria: Septiembre 2022

Month and year: September 2022

Número de referencias bibliográficas/number of references: 10

Número de tablas/Number of tables: 2

Número de figuras/Number of figures: 7

Número de planos/Number of maps: Ninguno

Palabras clave (5 palabras): Duroc, Pietrain, temperatura, suelo, motilidad

Key words (5 words): Duroc, Pietrain, temperature, soil, motility



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

### RESUMEN (mínimo 10 líneas):

La inseminación artificial es el método de reproducción más utilizado en el sector porcino. Por ello, en este trabajo se ha estudiado el efecto de la raza, tipo de suelo y las condiciones ambientales sobre la calidad espermática. Se analizaron un total de 1913 eyaculados de 61 verracos, 48 de la raza Pietrain que se encontraban tanto en suelos de rejilla como de serrín y 13 de la raza Duroc ubicados en suelo de rejilla. El estudio se realizó teniendo en cuenta las condiciones de temperatura, humedad relativa y el factor de ventilación de la nave desde noviembre de 2021 a mayo de 2022. Los parámetros que se midieron fueron el volumen de semen producido, la concentración de espermatozoides, el potencial de las dosis seminales, la motilidad, el porcentaje de espermatozoides móviles y la cantidad de formas anormales totales, además del porcentaje de gotas citoplasmáticas distales, proximales, colas u otras formas anormales individualmente. El modelo estadístico incluyó el efecto fijo de raza-tipo de suelo (3 niveles: Pietrain-serrín, Pietrain-rejilla, Duroc-rejilla), meses (7 niveles: de noviembre a mayo) y el efecto aleatorio de macho. Se observó una mayor calidad espermática para los Pietrain ubicados en suelo de rejilla (Volumen: 244,28 ml; Motilidad: 3,18; Porcentaje móvil: 78,84 %) siendo los de esa raza alojados en serrín los que presentaban la calidad más baja de los tres grupos (Volumen: 225,27 ml; Motilidad: 3,11; Porcentaje móvil: 76,96 %). Se produjo una disminución de la calidad espermática con el aumento de temperatura, encontrando la calidad más baja en mayo. Como conclusión, el suelo más apropiado para ambas razas es el de rejilla, destacando la raza Pietrain, junto a una mejor calidad en los meses de invierno.

### ABSTRACT (10 lines or more):

Artificial insemination is the most used method of reproduction in the swine sector. Therefore, the effect of breed, soil type and environmental conditions on sperm quality was studied in this study. A total of 1913 ejaculates from 61 boars were analyzed, 48 of the Pietrain breed located on both grate and sawdust floors and 13 of the Duroc breed located on grate floors. The study was conducted taking into account the conditions of temperature, relative humidity and ventilation factor of the shed from November 2021 to May 2022. The parameters measured were volume of semen, concentration, seminal dose potential, motility, percentage of motile sperm and the number of total abnormal forms, in addition to the percentage of distal cytoplasmic drops, proximal drops, tails or other abnormal forms individually. The statistical model included the fixed effect of breed-soil type (3 levels: Pietrain- grate, Pietrain-sawdust, Duroc-sawdust), months (7 levels: from November to May) and the aleatory effect of male. Higher sperm quality was observed for Pietrain housed on grate floor (Volume: 244.28 ml;

Motility: 3.18; Motility: 78.84 %) with Pietrain housed on sawdust having the lowest quality of the three groups (Volume: 225.27 ml; Motility: 3.11; Motility: 3.11; Motility: 76.96 %). There was a decrease in quality with increasing temperature, with the lowest semen quality found in May. As a conclusion, the most appropriate soil for both breeds is the grid soil, with the Pietrain breed standing out, together with a better quality in the winter months.



# Estudio del Tipo de Alojamiento y de las Condiciones Ambientales sobre la Calidad Espermática Porcina

M. Molina<sup>1,2</sup>, P.J. Llamas<sup>1,2</sup>, M.J. Argente<sup>2</sup> y M.L. García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Spermática Reproducción SL. Camino de los Clementes, 30817, Lorca, e-mail:  
monica.molina01@goumh.umh.es

<sup>2</sup> Universidad Miguel Hernández, 03312, Orihuela

## Resumen

La inseminación artificial es el método de reproducción más utilizado en el sector porcino. Por ello, en este trabajo se ha estudiado el efecto de la raza, tipo de suelo y las condiciones ambientales sobre la calidad espermática. Se analizaron un total de 1913 eyaculados de 61 verracos, 48 de la raza Pietrain que se encontraban tanto en suelos de rejilla como de serrín y 13 de la raza Duroc ubicados en suelo de rejilla. El estudio se realizó teniendo en cuenta las condiciones de temperatura, humedad relativa y el factor de ventilación de la nave desde noviembre de 2021 a mayo de 2022. Los parámetros que se midieron fueron el volumen de semen producido, la concentración de espermatozoides, el potencial de las dosis seminales, la motilidad, el porcentaje de espermatozoides móviles y la cantidad de formas anormales totales, además del porcentaje de gotas citoplasmáticas distales, proximales, colas u otras formas anormales individualmente. El modelo estadístico incluyó el efecto fijo de raza-tipo de suelo (3 niveles: Pietrain-serrín, Pietrain-rejilla, Duroc-rejilla), meses (7 niveles: de noviembre a mayo) y el efecto aleatorio de macho. Se observó una mayor calidad espermática para los Pietrain ubicados en suelo de rejilla (Volumen: 244,28 ml; Motilidad: 3,18; Porcentaje móvil: 78,84 %) siendo los de esa raza alojados en serrín los que presentaban la calidad más baja de los tres grupos (Volumen: 225,27 ml; Motilidad: 3,11; Porcentaje móvil: 76,96 %). Se produjo una disminución de la calidad espermática con el aumento de temperatura, encontrando la calidad más baja en mayo. Como conclusión, el suelo más apropiado para ambas razas es el de rejilla, destacando la raza Pietrain, junto a una mejor calidad en los meses de invierno.

**Palabras clave:** Duroc, Pietrain, temperatura, suelo, motilidad.

## Study of the Type of Accommodation and Environmental Conditions on Porcine Sperm Quality

### Abstract

Artificial insemination is the most used method of reproduction in the swine sector. Therefore, the effect of breed, soil type and environmental conditions on sperm quality was studied in this study. A total of 1913 ejaculates from 61 boars were analyzed, 48 of the Pietrain breed located on both grate and sawdust floors and 13 of the Duroc breed located on grate floors. The study was conducted taking into account the conditions of temperature, relative humidity and ventilation factor of the shed from November 2021 to May 2022. The parameters measured were volume of semen, concentration, seminal dose potential, motility, percentage of motile sperm and the number of total abnormal forms, in addition to the percentage of distal cytoplasmic drops, proximal drops, tails or other abnormal forms individually. The statistical model included the fixed effect of breed-soil type (3 levels: Pietrain-grate, Pietrain-sawdust, Duroc-sawdust), months (7 levels: from November to May) and the aleatory effect of male. Higher sperm quality was observed for Pietrain housed on grate floor (Volume: 244.28 ml; Motility: 3.18; Motility: 78.84 %) with Pietrain housed on sawdust having the lowest quality of the three groups (Volume: 225.27 ml; Motility: 3.11; Motility: 3.11; Motility: 76.96 %). There was a decrease in quality with increasing temperature, with the lowest semen quality found in May. As a conclusion, the most appropriate soil for both breeds is the grid soil, with the Pietrain breed standing out, together with a better quality in the winter months.

**Keywords:** Duroc, Pietrain, temperature, soil, motility.

## Introducción

La inseminación artificial ha innovado los sistemas de producción porcina en todo el mundo, permitiendo que el sector alcance los niveles actuales de producción cárnica, facilitando el trabajo en las granjas, reduciendo la transferencia de enfermedades de transmisión sexual y favoreciendo la difusión genética, ya que el eyaculado de un solo verraco permite inseminar entre 20 y 60 cerdas (Rocha, Castañeda y Valencia, 2005; Falceto, Mitjana y Suárez, 2021). Aunque no se dispone de semen criopreservado, se ha comprobado que los métodos de almacenamiento a corto plazo (al menos hasta 3 días) mantienen la calidad espermática para utilizar las dosis en los centros de inseminación artificial (Ciereszko, Ottobre y Glogowsky, 2000). Por ello, el estudio de la calidad de los eyaculados, tanto macro como microscópicamente, es un factor clave para el desarrollo y la aplicación de técnicas de inseminación artificial (Valverde-Abarca et al., 2019).

Existen muchos factores que condicionan la calidad del semen y su potencial de fertilidad en cerdas (Rocha, Castañeda y Valencia, 2005). Entre los factores endógenos encontramos la raza, edad y estado de salud (Knecht, Środoń y Duniński, 2014). La raza puede afectar al volumen de eyaculado, la concentración de semen, el porcentaje de espermatozoides móviles, la motilidad y la morfología. A su vez, si la concentración no se estima de forma correcta se pueden generar un número de dosis inadecuado, que afecte negativamente a la inseminación (Knecht, Środoń y Duniński, 2014; Valverde-Abarca et al., 2019).

Con respecto a los factores exógenos, incluyen factores estacionales como la temperatura ambiente, la duración del día, la intensidad de la luz y humedad, así como la ventilación y el tipo de suelo (Pallás, 2006; Wysokińska et al., 2009; Knecht, Środoń y Duniński, 2014). La eficiencia reproductiva se ve afectada durante la época de calor, debido a que la temperatura ambiental es el factor que más influye sobre el cerdo para regular su temperatura corporal, ya que esta especie dispone de pocas glándulas sudoríparas que le permitan disipar el calor mediante la sudoración (Pallás, 2006; Calatayud-Márquez y Quintero-Moreno, 2021). Si la temperatura sobrepasa los 28-30 °C durante 2 ó 3 días desencadena estrés por calor en el verraco, lo que causa alteraciones en la espermatogénesis, disminuyendo la concentración y el volumen de eyaculado, y empeorando la calidad seminal al aumentar las formas anormales y reducir la motilidad. La humedad relativa tiene una influencia directa en la calidad seminal, recomendándose un 60-75%, ya que la falta de humedad incrementa las alteraciones espermáticas a altas temperaturas (Calatayud-Márquez y Quintero-Moreno, 2021).

La calidad del suelo influye en la sanidad y el bienestar animal, favoreciendo los problemas sanitarios y la transmisión de enfermedades si no se cuidan adecuadamente, así como en la calidad seminal, por ejemplo, los suelos de paja incrementan 3-4 °C la temperatura del verraco. El efecto de la ventilación del establecimiento se relaciona con el de la temperatura, de forma que, si el factor de ventilación es inadecuado, una correcta temperatura ambiental dejará de serlo para el verraco, con las consecuencias negativas para la calidad espermática que eso conlleva (Calatayud-Márquez y Quintero-Moreno, 2021).

Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el efecto de la raza, tipo de suelo y las condiciones ambientales sobre la calidad espermática de los verracos. Analizando el efecto de la temperatura, la humedad relativa y el factor de ventilación sobre el volumen y la concentración de eyaculado, el potencial de las dosis seminales, la motilidad, el porcentaje de espermatozoides móviles y la cantidad de formas anormales (colas, gotas distales, gotas proximales u otras) para verracos de las razas Duroc y Pietrain ubicados en suelos de rejilla y serrín durante 7 meses.

## Material y Métodos

### *Material animal y descripción de los alojamientos y del ambiente*

El estudio fue llevado a cabo en el Centro de Transferencia Genética Spermatocálica Reproducción SL de Lorca (Murcia) durante siete meses, desde noviembre hasta mayo (2021-2022) en 48 verracos de la raza Pietrain y 13 verracos de la raza Duroc, es decir, 61 verracos en total. Los machos estaban colocados en dos tipos de suelos diferentes: rejilla y serrín. Las cuadras presentaban una superficie de 3x2 m<sup>2</sup> con una

zona de cemento en la entrada de la cuadra de 60 cm en la que se ubicaba el bebedero. El suelo de rejilla disponía de una pisada de 160 mm y apertura de 18 mm. Las otras cuadras contenían serrín de pino natural hasta alcanzar los 60 cm de altura.

En las cuadras con suelo de rejilla se encontraban 17 machos Pietrain y 13 verracos Duroc, mientras que 31 verracos de la raza Pietrain se ubicaban en suelo de serrín. Los Pietrain tenían una edad media de 25,5 meses y los Duroc de 23,5 meses.

Los meses se estudiaron de forma individual, teniendo en cuenta la temperatura (°C), humedad relativa (%) y el factor de ventilación (%) presentes en la nave durante cada día de extracción de cada mes (Tabla 1), siendo el 100 % del factor de ventilación, 23 m<sup>3</sup>/h y animal.

**Tabla 1.** Valor medio para la temperatura ( $T^a$ ) y la humedad relativa (HR), media mínima (min) y media máxima (max); y el factor de ventilación (FV) registrados para cada mes dentro de la nave.

Mes	T <sup>a</sup> Med (°C)	T <sup>a</sup> med Max (°C)	T <sup>a</sup> med Min (°C)	HR Med (%)	HR med Max (%)	HR med Min (%)	FV (%)
Noviembre	18,00	23,10	12,90	76,92	84,31	65,46	29,20
Diciembre	17,78	22,00	13,90	77,85	85,31	66,69	19,99
Enero	17,36	22,50	15,10	78,54	86,54	65,62	15,32
Febrero	18,54	22,10	16,4	76,77	86,00	60,38	15,50
Marzo	17,70	19,20	16,61	84,43	90,07	76,00	17,26
Abril	19,53	25,20	14,60	79,33	86,58	67,67	28,58
Mayo	21,96	23,77	20,41	72,75	81,92	60,08	65,93

#### *Obtención de las muestras*

La extracción de semen de los verracos se realizaba los martes, jueves y domingos de cada semana. La selección de los machos de ambas razas se determinaba de forma aleatoria en función de las dosis seminales que debían generarse cada día de producción, teniendo en cuenta que no se sacaba el mismo macho dos días de producción consecutivos e intentando realizar una única extracción por semana, puesto que algunos estudios muestran que la producción de dosis es mayor cuan mayor es el intervalo entre extracciones (Rocha, Castañeda y Valencia, 2005).

La extracción se realizaba utilizando un potro artificial. El eyaculado se depositaba en un vaso de plástico de 500 ml que disponía de un filtro sujetado con una goma elástica, mantenido en un termo a 37 °C, para eliminar la fracción gelatinosa del semen. Antes de recoger el eyaculado, se vertían 90 ml de diluyente ND10 (40 gr/l) de TECNOVET SL calentado hasta 38 °C para evitar el choque térmico desde la salida del semen hasta el nuevo medio.

Para la obtención del semen se utilizaba la técnica de la mano enguantada descrita por Córdova et al. (2015).

#### *Caracteres estudiados*

Una vez obtenido el eyaculado se valoraban los 11 parámetros estudiados: volumen y concentración del eyaculado, potencial y potencial real de dosis, motilidad, cantidad de espermatozoides móviles, formas anormales totales, gotas citoplasmáticas distales, gotas citoplasmáticas proximales, colas y otras formas anormales. El volumen de eyaculado (ml) fue medido mediante una báscula como el contenido de semen y diluyente dentro del vaso, tras tarar el peso con el mismo tipo de vaso. La concentración de espermatozoides (10<sup>6</sup> espermatozoides/ml) se calculó utilizando una sonda colorimétrica, previamente tratada con agua destilada para evitar la mezcla de semen entre machos y la contaminación, que recoge los datos mediante el programa *MscControl*.

El mismo programa permitía determinar el número de dosis que se podían generar de 90 ml, teniendo en cuenta las formas anormales (%) presentes en el eyaculado, el diluyente que se debía añadir (ml), la



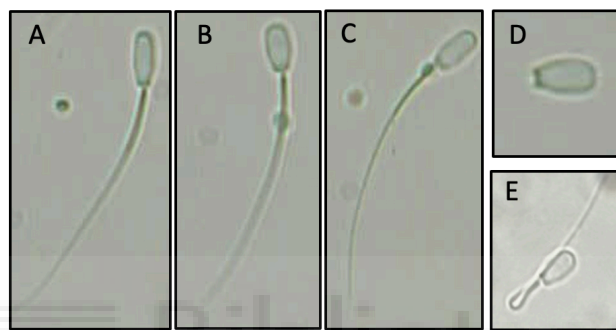
cantidad de espermatozoides útiles por dosis ( $3000 \times 10^6$  espermatozoides/dosis) y la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) a la que se encontraba el semen. En base a estos datos se determinaba el potencial de dosis ( $n^{\circ}$  dosis) y el potencial real de dosis ( $n^{\circ}$  dosis) con las siguientes ecuaciones (1 y 2):

$$\text{Potencial de dosis} = (\text{Concentración del eyaculado} \times \text{Volumen del eyaculado}) / 3000 \quad (1)$$

$$\text{Potencial Real de dosis} = (\text{Concentración de eyaculado} \times \text{Volumen de eyaculado}) \times (100\% - \% \text{ Formas Anormales Totales}) / 3000 \quad (2)$$

Las formas anormales (Figura 1), concretamente las gotas distales, gotas proximales, colas u otras (cabeza sin flagelo o viceversa, etc.), se contabilizaron mediante un microscopio óptico con el objetivo  $40 \times / 0.65$  como la cantidad de formas anormales presentes por cada 50 espermatozoides normales detectados, expresado en porcentaje. Las muestras para determinar la morfología se obtenían al añadir  $0,25 \mu\text{l}$  de semen en 1 ml de solución a base de formaldehído 36 % (1 ml de formaldehído/ 400 ml de diluyente). A partir de las formas anormales individuales se determinó la cantidad de formas anormales totales (%) (Ecuación 3):

$$\text{Formas Anormales Totales (\%)} = \% \text{ Gota Distal} + \% \text{ Gota Proximal} + \% \text{ Colas} + \% \text{ Otras} \quad (3)$$



**Figura 1. Formas anormales contabilizadas en los eyaculados. A: espermatozoide normal; B: espermatozoide con gota distal; C: espermatozoide con gota proximal; D: cabeza de espermatozoide sin flagelo (otras formas); E: espermatozoide con flagelo en lazo. Fuente: propia.**

Para determinar la calidad de movimiento de los espermatozoides se evaluaron dos factores, la motilidad y la cantidad de espermatozoides móviles (%). La motilidad se evaluó mediante una escala de 0 a 5, donde 0 representa espermatozoides inmóviles, 1: ligero movimiento de los espermatozoides, 2: rotación sobre sí mismos, 3: desplazamiento con trayectos no rectilíneos, 4: desplazamiento con trayectos rectilíneos a velocidad media y 5: desplazamiento rápido con trayecto rectilíneo. El porcentaje de espermatozoides móviles se puntuó del 0 % al 100 %, donde 0 indica que no se detectó ningún espermatozoide con movimiento y 100 que no había espermatozoides inmóviles.

### *Análisis estadístico*

Se utilizó el siguiente modelo estadístico (Ecuación 4):

$$Y_{ijkl} = \mu + RS_i + M_j + V_{ijk} + e_{ijkl} \text{ donde,} \quad (4)$$

$Y_{ijkl}$  es el carácter medido,  $\mu$  es la media,  $RS_i$  es el efecto fijo de raza-tipo de suelo ( $j=3$ ; Pietrain-serrín, Pietrain-rejilla, Duroc-rejilla),  $M_j$  es el efecto fijo de mes ( $j=7$ ; desde noviembre a mayo),  $V_{ijk}$  es el efecto aleatorio de verraco  $k$  y  $e_{ijkl}$  es el error.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete MIXED del programa SAS.

## **Resultados y Discusión**

### *Efecto de la raza y tipo de suelo*

Los resultados obtenidos para valorar el efecto de la raza y tipo de suelo sobre las variables estudiadas quedan representados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Medias mínimo cuadráticas (error estándar) del volumen de eyaculado, la concentración de espermatozoides, el potencial y el potencial real de dosis, la motilidad, el porcentaje móvil de espermatozoides, el porcentaje de formas anormales totales, e individual para gotas distales, gotas proximales, colas y otras formas anormales para la raza y tipo de suelo. a, b: Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas  $P < 0,05$ ; A, B, C: Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas  $P > 0,05$  y  $P < 0,10$ .

	Pietrain-Rejilla	Duroc-Rejilla	Pietrain-Serrín
<b>Volumen (ml)</b>	244, 28 (8,80) a	237,35 (10,41) ab	225, 27 (6,51) b
<b>Concentración (10<sup>6</sup> espermatozoides/ml)</b>	344,12 (12,66) a	403, 12 (14,88) b	346,17 (9,37) a
<b>Potencial de dosis (n° dosis)</b>	27,82 (1,24) a	32,19 (1,46) b	25,74 (0,92) a
<b>Potencial real de dosis (n° dosis)</b>	24,77 (0,44) A	26,19 (0,60) B	21,85 (0,29) C
<b>Motilidad (1-5)</b>	3,18 (0,03) A	3,14 (0,04) AB	3,11 (0,02) B
<b>Espermatozoides móviles (%)</b>	78,84 (0,66) A	77,06 (0,77) B	76,96 (0,49) B
<b>Formas anormales totales (%)</b>	14,75 (1,77) A	19,92 (2,10) B	20,73 (1,31) B
<b>Gota distal (%)</b>	7,73 (1,28) a	13,76 (1,52) b	11,62 (0,95) b
<b>Gota Proximal (%)</b>	1,15 (0,35) A	2,57 (0,41) B	1,89 (0,26) B
<b>Colas (%)</b>	4,47 (1,01) ab	2,24 (1,20) a	5,99 (0,75) b
<b>Otras (%)</b>	1,45 (0,10) a	1,35 (0,12) a	1,27 (0,07) a

Los machos Pietrain ubicados en suelo de rejilla son los que presentan mayores valores en cuanto a volumen de eyaculado y calidad espermática (motilidad y porcentaje de espermatozoides móviles). El volumen, la motilidad y el porcentaje de colas es similar entre los Duroc y Pietrain ubicados en el mismo tipo de suelo. Cabe destacar las diferencias entre los machos de la raza Pietrain ubicados en serrín, ya que sólo coinciden en el potencial de dosis generadas, la concentración y el porcentaje de otras formas anormales detectadas con los Pietrain ubicados en rejilla. Los machos de la raza Pietrain ubicados en serrín presentan la mayor cantidad de formas anormales totales y colas y los valores más bajos en el resto de parámetros.

Los verracos Duroc obtuvieron la mayor concentración de espermatozoides y ambos potenciales de dosis. Lo cual coincide con el estudio realizado por Valverde-Abarca et al. (2019) en el que se analizó la concentración de semen de 174 verracos Duroc y Pietrain mediante espermadensímetro, espectrofotómetro y sistema automatizado de análisis de semen (CASA). Independientemente del método de medición utilizado la concentración seminal fue mayor para los verracos de raza Duroc. Sin embargo, son los que presentan mayor cantidad de gotas distales y gotas proximales que dificultan el movimiento de los espermatozoides, lo que justificaría el menor porcentaje de espermatozoides móviles respecto a los Pietrain alojados en rejilla.

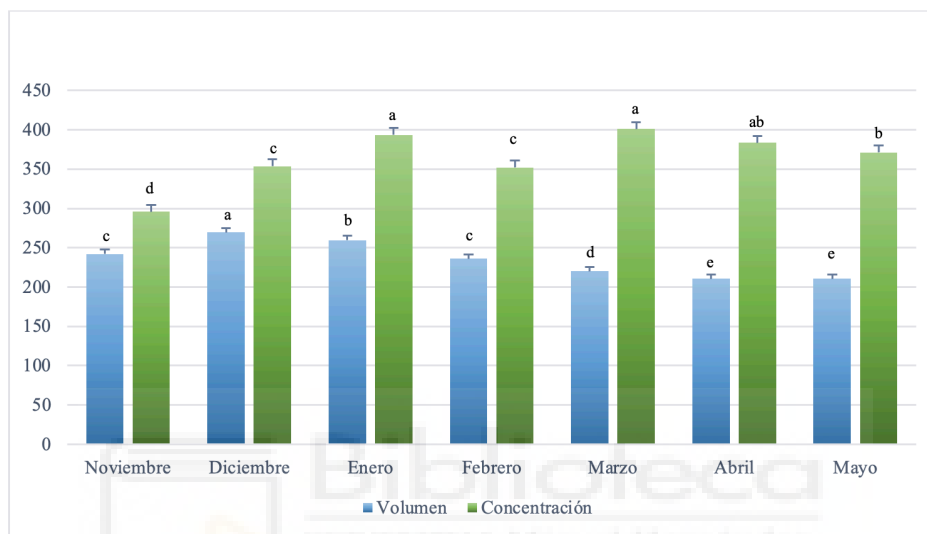
Wysokińska et al. (2009) observaron un menor volumen de eyaculado y porcentaje de espermatozoides móviles, y mayor concentración para machos de raza Duroc. Esto coincide con los resultados obtenidos en verracos Duroc y Pietrain ubicados en rejilla.

La motilidad de los espermatozoides, además de estar determinada por la presencia de formas anormales que dificultan el desplazamiento, puede estar definida por la raza debido a que los espermatozoides de Pietrain tienen colas más largas que los de Duroc. La longitud de la cola ha sido asociada a la cantidad de energía generada por las mitocondrias, lo que favorece el movimiento durante la inseminación

(Kondracki et al., 2012). Con respecto a las formas anormales, otros estudios han coincidido con nuestros resultados al contabilizar mayor cantidad de formas anormales totales, gotas distales y gotas proximales en verracos Duroc y mayor cantidad de colas en látigo en Pietrain (Kondracki et al., 2012). Las diferencias observadas entre machos Duroc y Pietrain ubicados en rejilla pueden estar determinadas por la raza, mientras que las observadas entre los dos grupos de Pietrain podrían mostrar el efecto del suelo sobre los verracos.

### *Efecto de las condiciones ambientales*

Durante siete meses, desde noviembre hasta mayo, se registraron los datos de temperatura, humedad relativa y el factor de ventilación dentro de la nave en la que se ubicaban los cerdos para analizar la influencia de dichas condiciones ambientales en la calidad espermática.



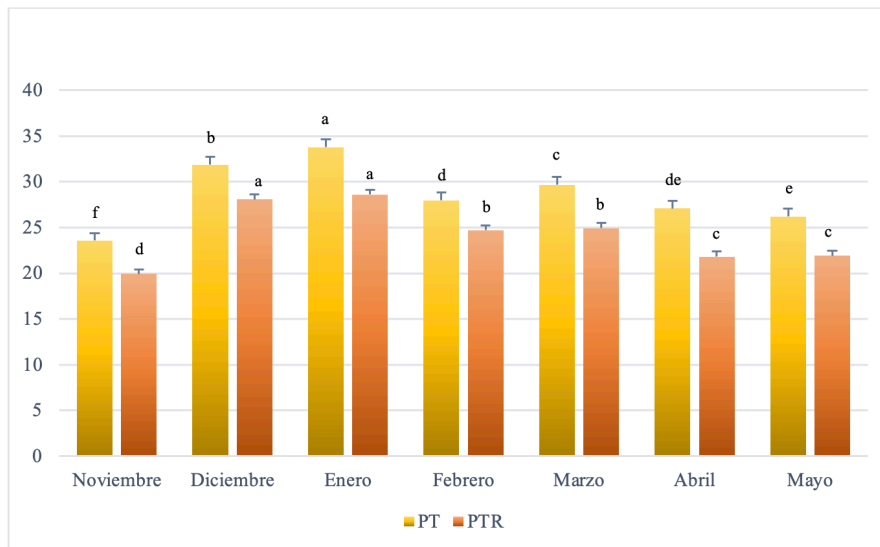
**Figura 2. Medias mínimo cuadráticas y error estándar del volumen (ml) y la concentración de eyaculado (10<sup>6</sup> espermatozoides/ml) alcanzados durante noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas (P<0,05).**

Como se observa en la Figura 2, el volumen de eyaculado alcanza el mayor nivel en los meses de diciembre y enero, mientras que desciende a 210,77 ml y 210,54 ml en abril y mayo, respectivamente, cuando comienzan a subir las temperaturas y el factor de ventilación.

Con respecto a la concentración de espermatozoides, se observa un aumento desde noviembre hasta enero, alcanzando el máximo valor en marzo (401,42x10<sup>6</sup> espermatozoides/ml); al igual que el volumen, comienza a descender en abril. En febrero se registró una temperatura media superior a las de los cuatro meses anteriores, lo que justificaría el descenso del nivel de concentración (352,18x10<sup>6</sup> espermatozoides/ml) con respecto a esos meses.

Knecht, Środoń y Duniński (2014) analizaron el efecto de las estaciones sobre los eyaculados de verracos de las razas Polish Large White, Polish Landrace y el cruce de Duroc y Pietrain. Independientemente de la raza, los resultados de mayor concentración se obtuvieron en invierno, y los de menor, en verano, coincidiendo con nuestros resultados. Aunque sólo consta el registro de datos de primavera, se observa el descenso del nivel de concentración conforme aumentan las temperaturas antes de verano. Si bien es cierto que no hay una progresión lineal de la concentración como en dicho estudio, puede deberse a las fluctuaciones de temperatura registradas dentro de la nave. En el caso del volumen, nuestros resultados no coinciden con los del estudio, ya que se ha registrado un volumen menor en los meses de primavera que en los de invierno. Sin embargo, coinciden con los resultados obtenidos por Ciereszko, Ottobre y Glogowski (2000), donde se observa una disminución del volumen desde diciembre a mayo, con su consiguiente aumento en noviembre, lo que puede reafirmar que, debido a que el cerdo salvaje europeo es un criador estacional, su rendimiento reproductivo más bajo se observa en verano.

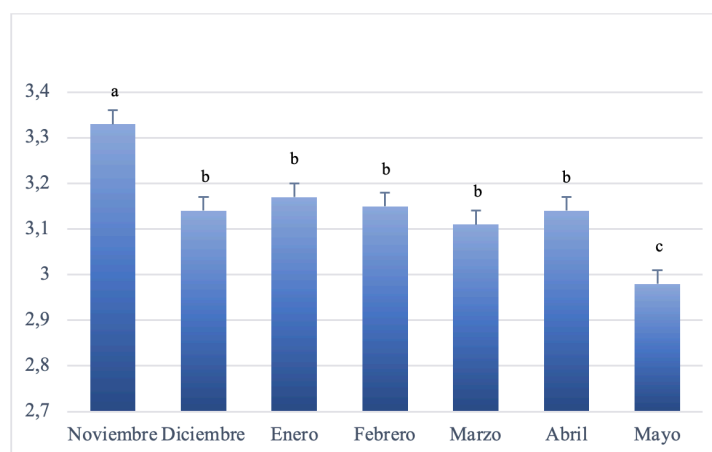
El cerdo no es un animal poliestro por naturaleza, sino que ha adquirido este carácter con la domesticación, mostrando mayor actividad y calidad espermática durante el otoño y el invierno, ya que son las estaciones que coinciden con el periodo natural de celo de los cerdos salvajes (Wysokińska et al., 2009).



**Figura 3. Medias mínimo cuadráticas y error estándar del Potencial (PT) (nº dosis) y potencial real de dosis (PTR) (nº dosis) alcanzados durante noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas entre los meses (P<0,05).**

Ambos potenciales siguen la misma variación a lo largo del tiempo, siendo el potencial real inferior, puesto que refleja la cantidad de dosis que se pueden generar teniendo en cuenta la cantidad de formas anormales presentes, ya que las dosis generadas están más concentradas en función de dichas anomalías. El nivel de dosis generadas es mayor en diciembre y enero, y desciende a partir de abril.

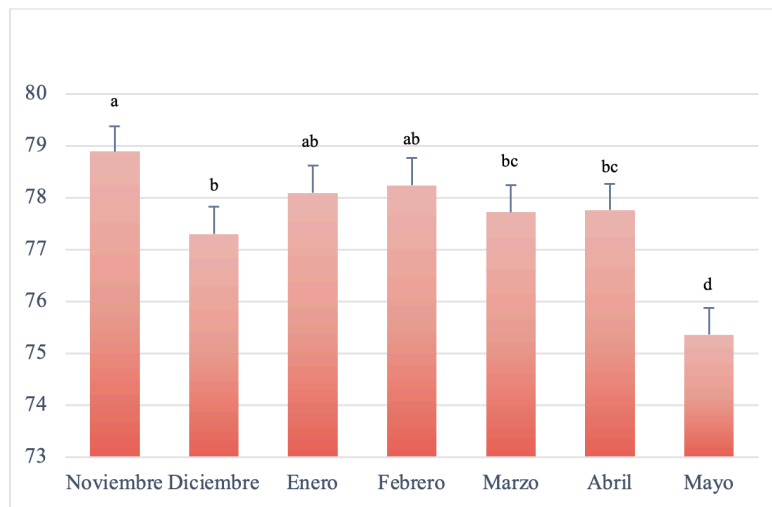
Al igual que con la concentración, se observa un descenso del potencial de dosis (27,96) y del potencial real (24,70) en febrero. En otros estudios (Knecht, Środoń y Duniński, 2014), se ha observado que, al igual que con la concentración, el número de dosis generadas desciende con la subida de temperaturas desde invierno a verano, al igual que muestran nuestros resultados. Esto se debe a que el número de dosis generadas viene determinado por la concentración del eyaculado (Valverde-Abarca et al., 2019).



**Figura 4. Medias mínimo cuadráticas y error estándar de la motilidad de los espermatozoides (1-5) registrada en noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas (P<0,05).**

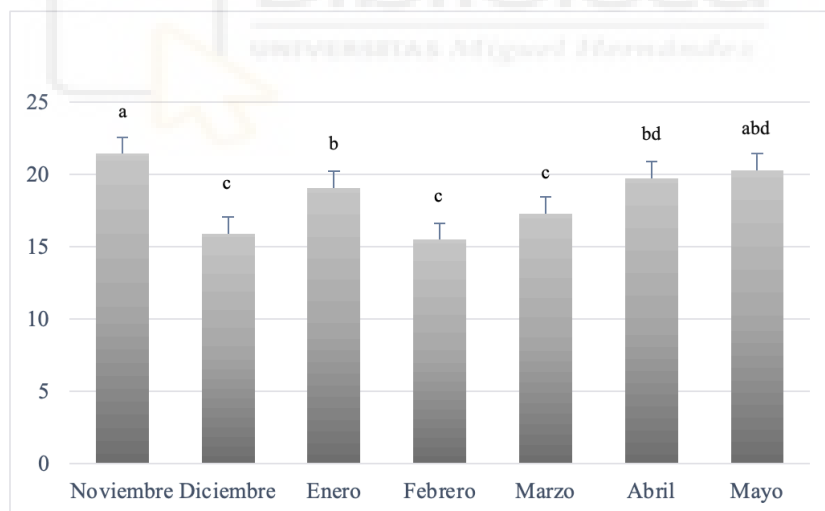
Con respecto a la motilidad no aparecen diferencias significativas entre diciembre y abril. Destaca la diferencia de motilidad entre noviembre (3,33) y mayo (2,98), mes donde se registró la temperatura y el factor de ventilación más altos (Figura 4).

En relación al porcentaje de espermatozoides móviles (Figura 5), varía de forma similar a la motilidad, abarcando entre 77 y 78,5 % desde diciembre hasta abril. El nivel más bajo fue registrado en mayo (75,36 %) mientras que el mayor porcentaje se registró durante otoño e invierno, de acuerdo a Wysokińska et al. (2009).



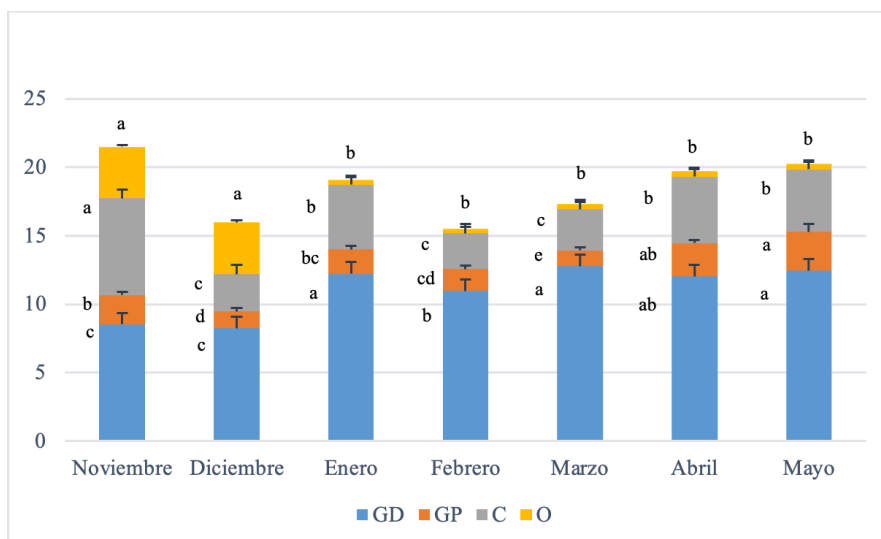
**Figura 5. Medias mínimo cuadráticas y error estándar de los espermatozoides móviles (%) durante noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).**

En resumen, los meses con las temperaturas más bajas influyen de forma positiva en la calidad espermática, ya que al aumentar las temperaturas (mayo) disminuyen tanto la motilidad como el porcentaje de espermatozoides móviles.



**Figura 6. Medias mínimo cuadráticas y error estándar de las formas anormales totales (%) contabilizadas en noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).**

La figura 6 muestra el efecto del mes sobre las formas anormales totales. Noviembre y mayo presentan los valores más altos mientras que diciembre, febrero y marzo presentan los valores más bajos. En general, todas las formas anormales (Figura 7), gotas distales, proximales, colas u otras, descienden al comienzo del invierno y aumentan progresivamente hasta mayo, conforme se incrementa la temperatura. Otros estudios realizados sobre diversas razas han registrado el descenso de calidad y aumento de formas anormales desde marzo hasta septiembre, alcanzando los mejores resultados en invierno (Pallás, 2006).



**Figura 7. Medias mínimo cuadráticas y error estándar de las formas anormales individuales (%), gotas distales (GD), gotas proximales (GP), colas (C) y otras formas (O) contabilizadas en noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Las letras representan las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).**

## Conclusiones

En conclusión, aunque los resultados muestran buena calidad seminal independientemente del alojamiento y la raza de los verracos, se ha observado que la raza y el tipo de suelo que mejor influyen en la calidad espermática es Pietrain con rejilla, pues son los que presentan menor porcentaje de formas anormales y mayor motilidad y porcentaje de espermatozoides móviles. Mientras que los Pietrain ubicados en serrín presentan el nivel de calidad más baja. Esto puede deberse al efecto del suelo sobre esa raza, que puede empeorar la calidad al aumentar la temperatura corporal del cerdo. Por otro lado, los Duroc en rejilla presentan mayor cantidad de formas anormales que los Pietrain en el mismo tipo de suelo, pero no afecta tanto a la calidad del semen, lo cual puede ser un indicador de que esa raza es más resistente al efecto negativo de las formas anormales sobre la motilidad y el porcentaje de espermatozoides móviles.

Con respecto al efecto de las condiciones ambientales, coincidiendo con la bibliografía revisada, la temperatura es el factor que más afecta a los verracos, tanto a nivel de producción como de calidad espermática. Los mejores resultados fueron registrados durante los meses con las temperaturas más frías (diciembre-marzo) y empeoran con el incremento de la temperatura (abril y mayo).

Sin embargo, sería recomendable realizar más estudios que abarquen el efecto de las condiciones ambientales durante todas las estaciones y ambas razas ubicadas en los dos tipos de suelo.

## Agradecimientos

Agradezco al Centro de Transferencia Genética Spermatocarios Reproducción SL. por poder realizar este trabajo en sus instalaciones. Este Trabajo Fin de Máster se enmarca dentro del Programa ComPaCiencia 2022 para el impulso de trabajos de iniciación a la transferencia de conocimiento en colaboración con empresas e instituciones, subvencionado por Vicerrectorado de Transferencia e Intercambio del Conocimiento de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

## Bibliografía

Calatayud-Márquez, D., Quintero-Moreno, A., 2021. Características seminales de verracos alijados en ambiente controlado ubicado en trópico cálido. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 32, e19112. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i4.19112>

- Cierieszko, A., Ottobre, J.S., Glogowski, J., 2000. Effects of season and breed on sperm acrosin activity and semen quality of boars. *Anim. Reprod. Sci.* 64, 89-96. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00194-9](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00194-9).
- Córdova, A., Pérez, J.F., Méndez, W., Villa, A.E., Huerta, R., 2015. Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en una unidad de producción mexicana. *Rev. Vet.* 26, 69-74. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.261253>
- Falceto, M.V., Mitjana, O., Suárez, A., 2021. Situación actual de la inseminación artificial porcina. [http://academiadeporcino-msdanimalhealth.com/Repropig10/assets/resources/10\\_Inseminacion.pdf](http://academiadeporcino-msdanimalhealth.com/Repropig10/assets/resources/10_Inseminacion.pdf)
- Knecht, D., Środoń, S., Duniński, K., 2014. The influence of boar breed and season on semen parameters. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 44. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v44i1.1>
- Kondracki, S., Iwanina, M., Wysokińska, A., Huszno, M., 2012. Comparative analysis of Duroc and Pietrain boar sperm morphology. *Acta Vet. Brno.* 81, 195-199. <http://dx.doi.org/10.2754/avb201281020195>
- Pallás, R.T., 2006. Condiciones ambientales e instalaciones: influencia sobre la salud del verraco y la calidad seminal. *Avances en Tecnología Porcina.* 3, 64-75.
- Rocha, G., Castañeda, J., Valencia, J.J., 2005. Factores que afectan la producción de dosis de semen en centros de inseminación artificial porcina. *Rev. AIA.* 9, 33-43.
- Wysokińska, A., Kondracki, S., Alewski, D.K., Adamiak, A., Muczyńska, E., 2009. Effect of seasonal factor on the ejaculate properties of crossbred Duroc x Pietrain and Pietrain x Duroc boars as well as purebred Duroc and Pietrain boars. *Bull. Vet. Inst. Pulawy.* 53, 677-685.
- Valverde-Abarca, A., Madrigal-Valverde, M., Solís-Arias, J., Paniagua-Madrigal, W. 2019. Variabilidad en los métodos de estimación de la concentración espermática en verracos. *Agron. Costarricense.* 43, 25-43. <https://doi.org/10.15517/rac.v43i2.37793>.