

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

### **Evaluación de las características del moco cervical en cerdas multíparas desde el destete hasta la presentación de celo**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista


#### **Autores:**

Bryan Rodrigo Arévalo Toledo

Keren Estavid Fernández Valarezo

#### **Director:**

Luis Eduardo Ayala Guanga

ORCID:  0000-0001-6543-7594

**Cuenca, Ecuador**

2024-02-16

## Resumen

Se realizó la caracterización del moco cervical a 19 cerdas post – destete hasta la manifestación de celo. La detección del estro se realizó mediante el reflejo de inmovilidad, observando el inicio del celo a partir del tercer día post – destete y alcanzando su pico máximo en el quinto día. Se determinó una relación significativa entre la temperatura vulvar y la presencia de celo, pues se observó un aumento de la temperatura entre los días cuatro y cinco ( $38,3 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ ). Inicialmente, se observó aumento del moco cervical en las cerdas a medida que se acercaban al día del celo. En cuanto al pH, se mostró ácido 24 horas post – destete ( $6,7 \pm 0,18$  pH), incrementando su valor progresivamente hasta alcanzar un estado alcalino durante el celo ( $7,5 \pm 0,11$  pH). En lo que respecta a la valoración de la impedancia eléctrica, se observó una reducción de sus valores a partir del tercer día post – destete ( $311,3 \pm 9,15$  ohm), alcanzando su punto más bajo en el quinto día, coincidiendo con la manifestación de celo. Por otra parte, la elasticidad del moco cervical cambió significativamente, comenzando a aumentar desde el tercer día, manteniendo esta tendencia hasta el quinto día de iniciado el celo. En relación con la arborización del moco cervical, se evidenciaron características positivas y altamente positivas en los frotis de los días 4 y 5 respectivamente. Por lo tanto, se puede utilizar con alta efectividad la prueba de la contrapresión para determinar el celo en las cerdas.

*Palabras clave:* cerdas, celo, moco cervical, características



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

Characterisation of the cervical mucus was carried out on 19 post-weaning sows until the manifestation of oestrus. Oestrus detection was carried out by means of the immobility reflex, observing the onset of oestrus from the third post – weaning day and reaching its maximum peak on the fifth day. A significant relationship was found between vulvar temperature and the presence of oestrus, as an increase in temperature was observed between days four and five ( $38.3 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ ). Initially, increased cervical mucus was observed in the sows as they approached the day of oestrus. As for pH, it was acidic 24 hours post – weaning ( $6.7 \pm 0.18$  pH), increasing progressively to an alkaline state during oestrus ( $7.5 \pm 0.11$  pH). With regard to the evaluation of electrical impedance, a reduction in its values was observed from the third post – weaning day ( $311.3 \pm 9.15$  ohm), reaching its lowest point on the fifth day, coinciding with the manifestation of oestrus. On the other hand, the elasticity of the cervical mucus changed significantly, starting to increase from the third day, maintaining this tendency until the fifth day of oestrus. In relation to the arborisation of the cervical mucus, positive and highly positive characteristics were evident in the smears on days 4 and 5 respectively. Therefore, the back pressure test can be used with high effectiveness to determine oestrus in sows.

*Keywords:* sows, estrus, cervical mucus, characteristics



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

Introducción.....	11
Objetivos .....	13
2.1.    Objetivo general .....	13
2.2.    Objetivos específicos .....	13
Revisión de literatura .....	14
3.1.    Ciclo estral de la cerda.....	14
3.1.1.    Metaestro .....	14
3.1.2.    Diestro.....	14
3.1.3.    Proestro.....	14
3.1.4.    Estro.....	15
3.2.    Detección de celo.....	15
3.2.1.    Detector de celo Draminski.....	16
3.2.2.    Temperatura vulvar.....	17
3.3.    Moco cervical .....	17
3.4.    Características del moco cervical .....	18
3.4.1.    Resistencia eléctrica del moco cervical.....	18
3.4.2.    pH.....	18
3.4.3.    Elasticidad del moco cervical .....	19
3.4.4.    Arborización del moco cervical.....	19
3.5.    Celo post – destete .....	20
Materiales y Métodos.....	21
4.1.    Materiales.....	21
4.1.1.    Físicos.....	21
4.1.2.    Biológicos.....	21
4.1.3.    Químicos .....	21
4.1.4.    Laboratorio.....	21

4.2. Métodos.....	22
4.2.1. Área de estudio.....	22
4.2.2. Unidades experimentales .....	22
4.2.3. Diseño experimental .....	23
4.3. Metodología.....	23
4.3.1. Paseo del verraco y reflejo de inmovilidad.....	23
4.3.2. Temperatura vulvar.....	23
4.3.3. Resistencia eléctrica del moco cervical.....	24
4.3.4. Medición de pH.....	24
4.3.5. Elasticidad del moco cervical .....	24
4.3.6. Recolección y frotis de moco cervical .....	25
4.3.7. Análisis estadístico .....	25
Resultados y discusión .....	26
5.1. Reflejo de inmovilidad.....	26
5.2. Valoración de la temperatura vulvar.....	27
5.3. Determinación del pH cervical .....	27
5.4. Determinación de la impedancia eléctrica del moco cervical .....	28
5.5. Determinación de la elasticidad del moco cervical .....	29
5.6. Determinación de la arborización del moco cervical.....	30
Conclusiones.....	32
Referencias .....	33
Anexos .....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Valores de la resistencia de la mucosa durante y después del estro en la especie porcina. Fuente: Draminski Technology (2022). .....	17
Figura 2. Mapa satelital, ubicación geográfica Granja Porcina “Porciar”. Fuente: Google Earth (2023).....	22
Figura 3. Gráfico de barras donde se indica la reacción positiva a la prueba de contrapresión analizada desde el día 1 (D1) al día 7 (D7). .....	26
Figura 4. Media y error estándar de la temperatura vaginal de cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%. .....	27
Figura 5. Media y error estándar del pH del moco cervical de las cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%; eje de la X son los días evaluados.....	28
Figura 6. Media y error estándar de la resistencia eléctrica del moco cervical de las cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%; eje de la Y es medido en ohmios como resistencia eléctrica y eje de la X describe los días muestreados. ....	29
Figura 7. Diagrama de medias y bigotes para elasticidad del moco cervical, donde el eje X son los días en los que se realizó la prueba y el eje Y indica la resistencia elástica medida en segundos.....	30
Figura 8. Arborización del moco cervical en cerdas 48 horas post – destete y su comportamiento hasta alcanzar el cielo. Fuente: Elaboración autores.....	31

## Índice de tablas

Tabla 1. Características de la arborización y su clasificación .....	20
--	----

### Agradecimiento

Al concluir mi etapa universitaria con esta tesis agradezco a Dios, a la Virgen Santísima y al Divino Niño Jesús, por ser guía y luz a lo largo de toda mi vida, por no abandonarme en ningún momento y siempre iluminarme en el cumplimiento de mis metas.

A mi tutor de tesis Dr. Luis Ayala, por sus enseñanzas, por ser guía en gran parte de mi vida universitaria y mi trabajo de titulación, por su tiempo, paciencia y apoyo absoluto.

Muy agradecido estoy con el aporte profesional y técnico de nuestros revisores de tesis Dr. José Luis Pesántez, Dr. Gonzalo López y Dr. Jorge Dután, gracias infinitas.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a quienes conforman la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a mi casa de estudios que me brindó el abrigo físico y científico durante mis años de estudios para hoy culminar con esta meta y alcanzar este peldaño profesional.

De manera muy especial quiero agradecer a mis padres Rodrigo Arévalo y Mariuxi Toledo, por la vida, por su presencia en mí, por ser el mayor apoyo en todo momento, gracias a ellos hoy puedo convertirme en un profesional, agradezco a ellos y a toda mi familia por creer y confiar en mí, por motivarme, por tener esa palabra precisa para perseverar en mi sueño. Gracias por ser siempre mis pilares fundamentales y enseñarme a ser una persona de bien.

A mi compañera de tesis Keren Fernández por ser una persona incondicional y estar presente siempre, por no dejarme solo y su gran apoyo en este trabajo de titulación, así como apoyo en mi vida personal, por sus palabras de aliento y crecimiento, sin ella nada de esto hubiese sido igual.

Rodrigo Arévalo Toledo.



## Agradecimiento

Agradecer a mi Dios por su palabra de vida, por ser luz y guía en todos estos años de aprendizaje. A mi Virgencita por llevarme bajo su protección en esta etapa decisiva de mis estudios y a lo largo de toda mi vida, gracias por sus bendiciones, por no abandonarme y ayudarme a seguir adelante en todo momento.

Me gustaría agradecer a mi tutor de tesis, Dr. Luis Ayala, por sus enseñanzas, por el tiempo invertido en esta tesis, por su paciencia, por su valiosa guía académica y profesional, por su apoyo personal en este importante punto de mi carrera universitaria.

Estoy muy agradecida por la tarea de corrección de nuestros revisores: Dr. José Luis Pesántez, Dr. Gonzalo López y Dr. Jorge Dután, por el tiempo dedicado, por los conocimientos referidos en mejora de este trabajo final de titulación. Mi agradecimiento sincero.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a quienes conforman la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, mis maestros y tutores, personal técnico, personal administrativo, a mis compañeros de las largas jornadas de estudio y de prácticas, me gustaría reconocer y mencionar la gran y valiosa ayuda que significó su aporte durante mis años de formación universitaria.

A mis abuelitos Laura y Moisés (+) por cuidarme, por inculcarme valores, por llevarme por el camino de los sueños, por sus consejos que posibilitaron la conquista de esta realidad, por ser mi principal motor e inspiración para cada día levantarme y luchar por mis sueños. Gracias papás.

A mis padres Eugenio y Mónica por darme la vida, a mis tías Malee y Katy, por ser mi apoyo incondicional desde pequeña, por inculcarme los valores que hoy en día me permitieron llegar a convertirme en una profesional.

A mi compañero de tesis Rodrigo, por su entereza, conocimientos y palabras de aliento en todo momento. A su familia, por brindarnos lo necesario para llevar a cabo este trabajo de titulación.

A todos los mencionados, mis más sinceros agradecimientos.

Keren Fernández Valarezo.

## Dedicatorias

Dedico este gran logro a mis padres Rodrigo Arévalo y Mariuxi Toledo, por nunca dejarme solo y ser ese apoyo que todos necesitamos, por ser ese aliento, ese suspiro, por su gran amor y la educación que me brindaron, gracias a ustedes soy un hombre de valores, respeto y un profesional. Así mismo dedico esta parte tan importante de mi vida a mis abuelitos, pues ellos también fueron quienes me guiaron por el camino del bien y siempre me inculcaron buenos valores, me incentivaron a seguir preparándome profesionalmente y me enseñaron a valorar todos los detalles de esta vida.

Rodrigo Arévalo Toledo.

Con amor dedico este logro a mis abuelitos, Laura y Moisés (+), por ser los mejores padres, por su amor, paciencia y entrega. Este logro es por y para ustedes. La mujer que hoy en día he llegado a ser es gracias a ustedes, y cada uno de mis logros son para ustedes, quiénes hicieron realidad todos mis sueños y me sostuvieron con amor en cada escalón de mi vida y durante todos estos años de estudio, mi promesa de seguir siempre adelante.

Keren Fernández Valarezo.

## Introducción

La porcicultura es una actividad que genera grandes ingresos económicos en el sector pecuario (Ionita, 2022). En el Ecuador la producción de carne de cerdo se incrementaría 1% durante el 2023 con respecto al año 2022, llegando a comercializarse 111 millones de toneladas métricas (USDA, 2022).

Por tal razón, garantizar la producción de carne de cerdo se ha vuelto fundamental, para lo cual es necesario mantener la eficiencia reproductiva (Belenguer et al., 2014). Entonces realizar una correcta detección de celo influye positivamente en la reproducción porcina (Worwood, 2007), considerando que la cerda luego del destete presenta celo entre 4 a 7 días posteriores (promedio 5 días), característica fisiológica que debe ser aprovechada por el porcicultor (Aral et al., 2021).

Por lo tanto, aprovechar adecuadamente el celo post – destete permite aumentar la cantidad de partos por año y cerda (Cervellini et al., 1991). Para lograr este objetivo en planteles que realizan la inseminación artificial (IA) es fundamental determinar el momento óptimo para aplicar esta técnica que esta descrita debe ser realizada entre las 26 a 40 horas post celo, para que coincida con la ovulación de la hembra (Fuentes et al., 2006).

Existen estudios que sugieren varias alternativas para la detección de celo en las cerdas, entre las que destacan el reflejo de inmovilidad al realizar presión sobre su lomo, signo primario de celo (Velasco, 2016). Además, una práctica común es el paseo del verraco al frente de las cerdas, para que estimule y detecte la presentación de celo (Zuñiga, 2006). Es recomendable ejecutar este paseo del verraco frente a frente a la cerda, de manera que tengan contacto naso nasal, lo cual facilita observar signos secundarios del celo tales como inapetencia, inquietud, vulva edematizada (Lorente, 2022).

La valoración de signos secundarios como la tumefacción vulvar que se observa en la fase de celo (Hughes & Varley, 1980), así como, el aumento de la temperatura en la vulva (Larson et al., 2006), la cual se incrementa progresivamente conforme se acerca al día del celo con un promedio de 0,25°C (Zhang et al., 2019).

Otros signos secundarios que se han estudiado son las características del moco cervical (McGlone et al., 2019), como la cantidad, arborización, elasticidad y resistencia eléctrica que varían según el día del ciclo estral (M. Ruiz & Rivera, 1998). Un claro ejemplo de estos indicios es el estudio de (Linford, 1974), el cual se demuestra que la cantidad y la elasticidad del moco es más abundante al inicio del estro y disminuye al final de este, pues el moco se torna escaso y menos elástico. El grado de arborización es otro rasgo que puede determinar el momento

de ovulación, pues está relacionado con los niveles hormonales circulantes (Savia et al., 2016). Por otro lado, la resistencia eléctrica del moco cervical se ha estudiado en los últimos años, se conoce que es menor en la fase de proestro y aumenta de manera gradual conforme llega a la fase de estro y se acerca a la ovulación, para luego volver a disminuir (Hidalgo et al., 2015).

Dentro del estudio de las características secundarias del moco cervical cabe mencionar también el pH. En el caso de la vaca, por ejemplo, cambia en las diferentes fases del ciclo estral oscilando entre 6 y 8; así se ha observado en el proestro valores entre 6 a 7, en el estro se mantiene en 7 y cuando se produce la ovulación (metaestro) el pH se eleva a 8 (Bernardi et al., 2016).

Finalmente, hay otros signos que se analizan como es la dirección de las orejas y cola (Dotché et al., 2020), la inapetencia demostrada por la hembra durante la fase de estro (Kipjen, 2022), a consecuencia del aumento de estrógenos, lo cual provoca que la cerda deprima su apetito, combinado con gruñidos de larga duración (Hernández et al., 2007).

Por lo antes expuesto, es importante relacionar la presencia del signo primario del celo con las características del moco cervical y los cambios de temperatura que experimenta en la vulva de la cerda desde el momento del destete hasta el celo.

## Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Describir las características del moco cervical y su relación con la temperatura vulvar en cerdas multíparas desde el destete hasta el celo.

### 2.2. Objetivos específicos

- Identificar el momento del celo post – destete mediante la aplicación de contrapresión y temperatura vulvar.
- Evaluar las características físicas del moco cervical desde el destete hasta la manifestación de celo.
- Describir las características del moco cervical con el celo y temperatura vulvar durante la manifestación de celo.

## Revisión de literatura

### 3.1. Ciclo estral de la cerda

Las hembras de la especie porcina son animales poliéstricos continuos que en condiciones favorables son capaces de manifestar su actividad reproductiva durante todo el año, el ciclo estral de las cerdas es de  $21 \pm 3$  días. A lo largo de este ciclo, la hembra porcina cursa por 4 distintas fases hormonales, las cuales son llamadas fases del ciclo estral y son: metaestro, diestro, proestro y estro (Pérez et al., 2006).

#### 3.1.1. Metaestro

El metaestro es una de las fases del ciclo estral que tiene una duración de 7 días, donde la cerda no presenta signos evidentes de celo, en esta fase los niveles de progesterona empiezan a crecer, los niveles de FSH se mantienen en las primeras 48 horas, mientras que los niveles de LH y estrógenos comienzan a descender de tal manera que se presenta la involución del cuerpo lúteo (Espinosa, 2012).

#### 3.1.2. Diestro

En esta fase de 9 días, el cuerpo lúteo se encargará de producir niveles altos de progesterona con el fin de suprimir la actividad del ovario, evitando la maduración de los folículos, además se encarga de preparar el útero para la gestación.

Los niveles hormonales de estrógenos, LH y de FSH son bajos, pues al existir niveles altos de progesterona esta va a inhibir la secreción de las otras hormonas antes nombradas; al no presentar preñez, el cuerpo lúteo es lisado por acción de la  $\text{PGF2}\alpha$  al final de esta fase (Estral et al., 2009).

#### 3.1.3. Proestro

Esta fase tiene una duración de 2 días en promedio. Durante este tiempo se produce un cambio hormonal importante en la concentración de estrógeno y de LH, que son las hormonas responsables del comportamiento de la cerda, pues en esta fase, la cerda comienza a elevar sus niveles plasmáticos de  $\text{PGF2}\alpha$ , lo que provoca una retroalimentación negativa y lleva a disminuir los niveles de progesterona, de esta manera empieza una retroalimentación positiva y aumenta la secreción de las hormonas LH y FSH, esto hace que las cerdas muestren comportamientos como realizar montas a otras cerdas de su grupo y algunos signos externos

pueden ser apreciados, como el enrojecimiento y edematización vulvar, además, comienza a evacuar secreciones por la vulva, pero aún no se encuentra receptiva, no presenta reflejo de inmovilidad y mucho menos inapetencia (Lamb et al., 2010).

#### **3.1.4. Estro**

El estro de las cerdas es una de las fases que dura un aproximado de 2 a 3 días. En esta fase serán mucho más notorios los signos de celo, principalmente el reflejo de inmovilidad, erección de orejas, secreción vulvar, entre otros. La ovulación se va a presentar entre las 26 y 40 horas luego de comenzar el celo, siendo esta la fase más importante del ciclo estral, pues es el momento de la reproducción. En esta etapa los niveles de estrógeno alcanzan su nivel máximo, esta hormona es la responsable de la dilatación del cuello uterino y presentación de signos de celo (Trujillo et al., 2019).

La FSH se encarga de promover el desarrollo de los folículos maduros y así mismo favorece la ovulación (Falceto et al., 2010).

La LH en la fase de estro, alcanza su pico máximo y gracias a esto se libera el óvulo maduro desde el folículo ovárico y de esta manera se permite la fecundación de la hembra porcina.

Los niveles de progesterona bajan hasta los niveles basales en esta fase del ciclo estral, permitiendo de esta manera la ovulación de la cerda y su reproducción (Lamb et al., 2010).

### **3.2. Detección de celo**

Una correcta detección de celo es primordial para realizar una inseminación artificial en el momento correcto, sin embargo, muchas de las veces el celo es mal detectado o es pasado por alto, por tal razón se debe tener en consideración revisar al menos 2 veces al día a las cerdas con el fin de detectar los signos del comienzo de celo, es necesaria la ayuda de un verraco para que las cerdas muestren los distintos comportamientos propios del celo frente al macho (Quiles & Hevia, 2009).

Un punto clave es detectar el proestro, pues una vez detectado podemos predecir el celo y el momento correcto de inseminación. El estro es un periodo con una duración variable, puede ir desde 1 día hasta los 4 días.

Dentro de los signos de celo en la cerda tenemos:

- Vulva roja.
- Vulva edematizada.

- Descarga de moco traslúcido por la vulva.
- Clítoris más prominente.
- Ojos brillantes o vidriosos.
- Se suben en otras hembras y paredes o rejas.
- Muestran un notable interés por el verraco.
- Gruñidos largos y altos.
- Orejas erguidas.
- Atracción por el operador.
- Reflejo de quietud y cola levantada al realizar presión sobre el lomo y los flancos.
- Falta de apetito.

También debemos tener en cuenta que muchas de las veces hay cerdas que no presentan todos los signos de celo antes descritos, pues esto se puede atribuir a una jerarquía en un grupo de cerdas, lo que no permite que las cerdas sumisas muestren sus signos de celo. Para una correcta estimulación y detección de celo necesitamos primordialmente la ayuda de un verraco celador, pues las feromonas que estos producen son lo más efectivo y potente para que la cerda presente el reflejo de quietud (Worwood, 2007).

Cuando se pasea el verraco, las cerdas en celo realizan un movimiento hacia adelante y se quedan totalmente inmóviles con las orejas erectas y la cola levantada, esto quiere decir que la cerda está en celo y es su día óptimo para realizar la inseminación, el operador debe percatarse de esto y llevar un registro actualizado para realizar una inseminación a tiempo (Collell, 2021).

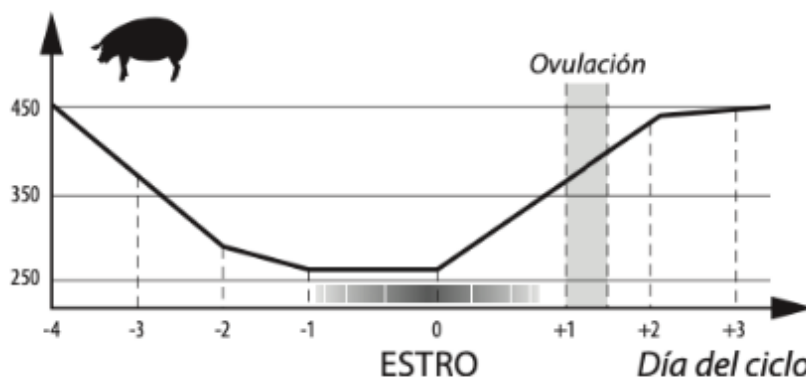
En la actualidad, también se ha implementado el uso de dispositivos detectores de celo, como son el “Draminski detector de celo”, el cuál mide la resistencia eléctrica del moco cervical, este nos ayuda a identificar de manera más exacta el momento de ovulación de la cerda y así se logra inseminar en el momento óptimo, aumentando los índices de preñez (IICA, 1998).

### **3.2.1. Detector de celo Draminski**

Se trata de un dispositivo electrónico detector de estro, fabricado por la empresa DRAMINSKI S.A. que es un fabricante polaco de dispositivos electrónicos. El dispositivo DRAMINSKI permite realizar pruebas efectivas, fáciles y convenientes, minimizando el estrés en los animales y garantizando su seguridad. Sus funciones son permitir la detección de celo asintomático (o celo silencioso), facilitar la determinación de la fecha de inseminación en hembras con celo atípico, aumentar la eficacia de la inseminación en hembras, mejorar los resultados económicos de las explotaciones (DRAMINSKI S. A., 2023).



Este dispositivo detecta el estro o celo mediante la medición de la resistencia eléctrica de la mucosa vaginal de la hembra. Está conformado por dos electrodos al final de la sonda que se encargan de medir la resistencia eléctrica de la mucosa vaginal. Cuando el animal está fuera del periodo de estro el nivel de la resistencia es alto, a medida que se va acercando a la fase pico del estro la resistencia disminuye y alcanza un valor mínimo (estos valores dependen de la especie animal de la hembra). A continuación, se muestran los resultados referenciales obtenidos con este dispositivo en la especie porcina (Figura 1).



**Figura 1.** Valores de la resistencia de la mucosa durante y después del estro en la especie porcina. Fuente: Draminski Technology (2022).

### 3.2.2. Temperatura vulvar

La temperatura vulvar de la cerda es un indicador de celo muy importante, esta puede variar entre los 38°C y los 39°C en condiciones normales, pero, cuando la cerda presenta celo, la temperatura varía de manera significativa, desciende 1°C en promedio. Este cambio de temperatura es conocido como “caída de la temperatura” y se presenta entre las 24 a 48 horas antes de la ovulación, indicando de esta manera, que la cerda se encuentra en su fase más fértil del ciclo estral. Esta alteración de la temperatura de la cerda se da por un descenso en la producción de progesterona y una elevación de los niveles de estrógeno en la cerda (Zhang et al., 2019).

### 3.3. Moco cervical

El cérvix es la fuente primaria de moco cervical. El moco es producido por las células secretoras del endocérnix y puede ser considerado como un indicador indirecto del estado hormonal o etapa del ciclo estral en la hembra. En la mayoría de las especies el moco cervical puede mostrar cambios físicos y químicos de manera cíclica ya que están bajo control

hormonal; estos cambios se dan como respuesta del epitelio cervical a las hormonas esteroides (estrógenos y progesterona) (Tsiligianni et al., 2001).

En la cerda, la presencia de moco cervical o mucosidad en los labios vulvares es uno de los principales signos de que la hembra se encuentra en la etapa de estro o celo. Sin embargo, la abundancia de este puede variar, pudiendo llegar a ser mayor al finalizar el estro o, por el contrario, mayor al inicio del estro y disminuye conforme avanza al final de esta etapa (Betteridge & Raeside, 1962).

### **3.4. Características del moco cervical**

#### **3.4.1. Resistencia eléctrica del moco cervical**

Es un parámetro usado para evaluar la fase del ciclo estral en la que se encuentra la cerda. El moco cervical es un fluido secretado en el cuello uterino y es de consistencia espesa y viscosa, pero este puede cambiar sus características físicas dependiendo la fase del ciclo estral en la que se encuentre la cerda (IICA, 1998).

La resistencia eléctrica del moco cervical se puede medir con un dispositivo electrónico para la detección del celo, entre los cuales el modelo llamado “Draminski Detector de celo”, mide la resistencia eléctrica, lo cual es necesario saber para inseminar en el momento óptimo del celo, dependiendo su resistencia, se facilitará o dificultará el paso de espermatozoides al útero. Pues cuando la cerda está en fase de estro el moco va a ser menos viscoso y permite el paso de los espermatozoides sin dificultad (Velazquez, 2011).

Cuando la cerda no se encuentra en celo, el moco cervical se vuelve más viscoso y denso, de esta manera va a dificultar o impedir totalmente el paso de los espermatozoides. En estas fases, la resistencia eléctrica del moco va a ser más alta, lo que nos va a indicar que la cerda aún no está en celo (Leidl & Stolla, 1976).

Esta herramienta nos sirve mucho para saber el momento exacto de la inseminación de la cerda, pero siempre se debe complementar con los demás signos de celo, evitar resultados falsos positivos y no tener inconvenientes reproductivos (Purohit et al., 2019).

#### **3.4.2. pH**

Otra característica del moco cervical es el pH, el mismo que puede variar entre especies y está influenciado por la etapa del ciclo estral. López-Albors et al. (2021), determinaron un aumento significativo del pH en cerdas durante el estro en comparación con el diestro; afirmando que este factor si depende de la etapa del ciclo estral.

Así mismo, otro estudio realizado en cerdas en estro encontró que los valores medios de pH en el oviducto, útero, cérvix y vagina fueron de 7,02, 6,98, 7,49 y 6,61 respectivamente. Siendo el valor más significativo el del cérvix o cuello uterino, mostrando un pH más alcalino en contraste con los demás valores (Mather & Day, 1977).

### **3.4.3. Elasticidad del moco cervical**

Cuando la hembra se encuentra en etapa de estro o celo, bajo acción de los estrógenos, produce un moco cervical más acuoso, pegajoso y transparente; el cual incluso puede verse en la vulva. La dominancia que ejercen los estrógenos permite que la elasticidad del moco cervical aumente notablemente (Linford, 1974). El moco cervical tiene como función actuar como lubricante natural para el pene del verraco o catéter de inseminación (en caso de IA). Por el contrario, cuando la hembra está bajo acción de la progesterona, durante la gestación, el moco cervical se vuelve más espeso con el fin de formar un tapón mucoso que sirva como barrera para proteger el útero de cualquier agente contaminante (Quiles & Hevia, 2009).

El moco cervical suele presentar una consistencia cremosa en el proestro, después mucosa en el estro e incluso a veces de aspecto lechoso y desaparece al finalizar el estro (Fuentes et al., 2006). La cantidad de moco cervical suele aumentar de tres a cinco días antes del primer día del estro, se caracteriza por volverse más delgado y acuoso, sin embargo, hacia el final del celo su cantidad disminuye y se vuelve viscoso perdiendo su elasticidad (Hinojosa, 2022).

### **3.4.4. Arborización del moco cervical**

En especies como los bovinos, ovinos y porcinos se puede observar picos de arborización alrededor de la etapa de estro o celo; pues la arborización es más notoria en la fase folicular que en la fase lútea (Haynes, 1971). Se puede observar patrones de arborización con mayor frecuencia 2 días antes del estro o celo de la hembra, pudiendo no ser muy notable en cerdas que se encuentran en celo (Betteridge & Raeside, 1962). La arborización se puede calificar de manera subjetiva utilizando la siguiente clasificación (Tabla 1):

**Tabla 1.** Características de la arborización y su clasificación

<b>Clasificación</b>	<b>Característica</b>
Negativo	Sin arborización detectable.
Débilmente positivo	Patrones muy ocasionales y dispersos.
Positivo	Patrones ocasionales, pero bien formados o patrones vistos en la mayoría de los campos.
Fuertemente positivo	Patrones bien formados que se ven en la mayoría de los campos.

Fuente: Adaptado de Betteridge & Raeside (1962).

### 3.5. Celo post – destete

Las cerdas presentan un periodo de anestro fisiológico mientras están en lactancia, pero posterior al destete, los cambios hormonales y físicos la preparan para su periodo reproductivo, por lo general luego de 3 a 7 días post – destete las cerdas retornan a su ciclicidad (Quiles & Hevia, 2009).

La hormona luteinizante (LH), aumenta sus niveles de manera significativa dentro de las 36 horas antes de la ovulación, esta hormona es fundamental para la capacidad y ciclicidad reproductiva de la cerda, es la responsable de la maduración y liberación de los óvulos de los folículos ováricos de la hembra (Fernández et al., 2009).

La hormona folículo estimulante (FSH), se libera desde la glándula pituitaria y su nivel disminuye durante el celo, estimula el crecimiento y desarrollo de los folículos ováricos de la cerda (Fernández et al., 2009).

Los niveles de estrógenos también se ven afectados, el estradiol aumenta significativamente sus niveles, cambiando el comportamiento de la cerda, dando como respuesta una receptividad sexual, vocalización y reflejo de quietud, que son los principales indicadores de celo en la cerda (Hernández et al., 2007).

La presencia de este celo es muy conveniente, de esta manera se aumenta la tasa de preñez en la granja, subiendo sus estándares productivos (Belenguer et al., 2014).

## Materiales y Métodos

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Físicos

- Guantes de nitrilo
- Overoles
- Botas de caucho
- Balde de plástico
- Equipo “Draminski Detector de Celo” (Empresa Draminski S.A., Polonia)
- Papel secante
- Cepillos endocervicales estériles
- Espéculo estéril descartable
- Termómetro infrarrojo de termo precisión (SHINOVA, China)
- Tiras de papel universal
- Cronómetro
- Hojas de registro
- Cámara de celular
- Botiquín

#### 4.1.2. Biológicos

- Cerdas
- Verraco
- Moco cervical

#### 4.1.3. Químicos

Solución yodada 0,5%

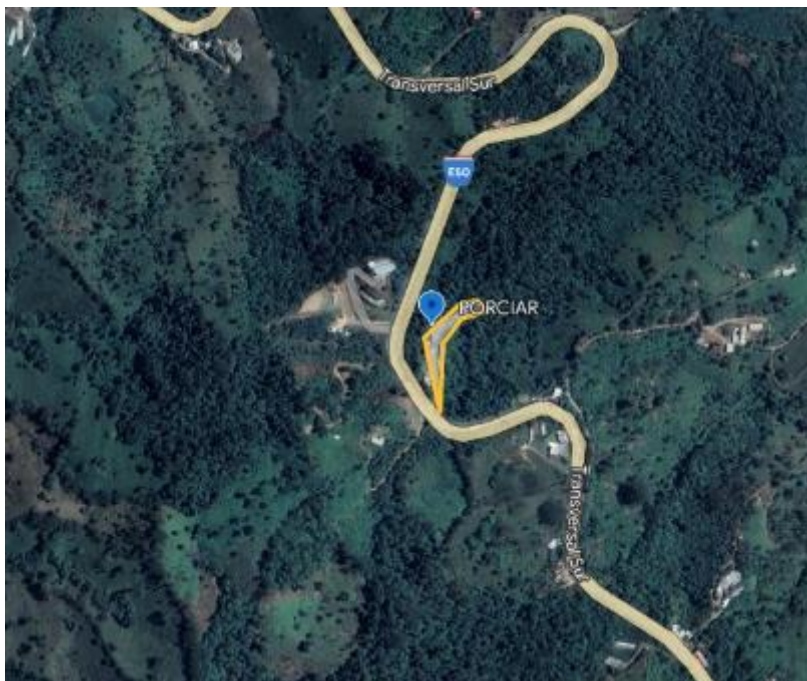
#### 4.1.4. Laboratorio

- Mandil
- Microscopio óptico (Jnoec, China)
- Portaobjetos
- Gradilla para portaobjetos

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en la granja porcina “Porciar” ubicada en la parroquia Saracay, cantón Piñas, provincia de El Oro, latitud: -3,6843279, longitud -79,852969, altura 375 m s.n.m., y la temperatura que oscila entre 19 – 28 °C.



**Figura 2.** Mapa satelital, ubicación geográfica Granja Porcina “Porciar”. **Fuente:** Google Earth (2023).

### 4.2.2. Unidades experimentales

Para el estudio se utilizaron 20 cerdas mestizas (cruces entre líneas maternas Landrace x Yorkshire), multíparas entre 3 a 5 partos ( $4 \pm 1$  partos), edad media de  $27 \pm 5$  meses y un peso entre 180 a 220 kg ( $200 \pm 20$  kg). De estas 20 hembras, una fue descartada por problemas sanitarios que tuvo durante la experimentación por lo tanto se terminó con una muestra  $n=19$ . Las cerdas ingresaron al experimento 15 días antes del destete y fueron alojadas en jaulas de 210 x 60 cm, con un bebedero tipo chupón y un comedero tipo artesa. Recibieron las mismas condiciones de manejo y alimentación, se suministró 1,5 kilos de balanceado de gestación en la mañana y tarde respectivamente (08h00 y 18h00) y agua *ad libitum*. El estudio inició el día del destete y se prolongó hasta la aparición del celo (antes de la primera inseminación artificial).

### 4.2.3. Diseño experimental

La investigación fue de carácter descriptiva – cuasi experimental, en la cual se valoró los signos primarios y secundarios de celo observados post – destete cada 24 horas hasta la presentación de celo. A continuación, se detallan las variables en estudio:

#### **Variable independiente**

Días post – destete

#### **Variables dependientes**

- Reflejo de inmovilidad
- Temperatura vulvar
- Resistencia eléctrica
- pH
- Elasticidad
- Arborización

### 4.3. Metodología

#### 4.3.1. Paseo del verraco y reflejo de inmovilidad

Veinte y cuatro horas luego del destete se procedió a realizar el paseo del reproductor (verraco) dos veces al día (07h00 y 17h00) por la parte frontal de las hembras, con el fin de estimular la aparición del celo. Al mismo tiempo a las cerdas se aplicó la prueba de contrapresión o reflejo de inmovilidad descrito por Quiles & Hevia (2009). Para esto, un investigador se subió sobre la parte dorsal de cada cerda y observó su reacción al ejercer presión, si esta se quedó quieta o inmóvil por unos segundos se consideró que la hembra estaba en celo. Este procedimiento se repitió hasta que las cerdas presentaron el reflejo de inmovilidad y se realizó hasta por un lapso de 24 horas posteriores.

#### 4.3.2. Temperatura vulvar

La temperatura de la vulva se midió a partir del día posterior al destete hasta la presencia de celo (antes de la primera IA), esto mediante un termómetro infrarrojo de termo precisión cada 24 horas a las 07h00.

#### 4.3.3. Resistencia eléctrica del moco cervical

Este parámetro fue medido con el equipo “Draminski Detector de Celo, Polonia” el cual valora la resistencia eléctrica del moco cervical de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Se utilizó una solución yodada al 0,5% (agua + yodo) para desinfectar la sonda vaginal del equipo, la cual estaba contenida en un balde de plástico; además, se empleó la misma solución para limpiar la vulva de cada cerda, la sonda fue introducida de abajo hacia arriba en un ángulo de 45° por el canal vaginal.

Para obtener el valor de la resistencia eléctrica, primero se pulsó el botón de encendido, a continuación, se presionó el botón de marcado por 3 veces consecutivas. Por último, se presionó de nuevo el botón para que el equipo refleje el valor final. Posteriormente, la sonda vaginal fue retirada de la cerda y se anotó el resultado. Como medida de precaución se lavó y desinfectó la sonda vaginal antes de su uso en cada cerda. Este procedimiento se realizó dos veces al día (07h00 y 17h00) empezando el día posterior al destete hasta la presencia de celo (antes de la primera IA).

#### 4.3.4. Medición de pH

La medición de pH se llevó a cabo mediante el empleo de tiras de papel universal con un rango de 0 a 14 en la escala de medición para pH. La muestra de moco cervical se obtuvo del borde final de la sonda vaginal (equipo “Draminski Detector de Celo”), empapando un borde de la tira de papel universal con el moco cervical y dejando secar al aire libre. El resultado se observó y anotó después de 1 minuto. Esta medición se realizó una vez al día (07h00) empezando el día posterior al destete hasta la presencia de celo (antes de la primera IA).

#### 4.3.5. Elasticidad del moco cervical

Este procedimiento se realizó dos veces al día (07h00 y 17h00), empezando desde el día posterior al destete hasta la presencia de celo (antes de la primera IA). Para la valoración de la elasticidad se recogió moco cervical del borde final de la sonda vaginal (equipo “Draminski Detector de Celo”). Basándonos en Quiles & Hevia (2009), el moco cervical se sujetó suavemente entre los dedos pulgar e índice y se procedió a separarlos gradualmente. Se registró el tiempo en segundos que tardó el moco en romperse, lo que sirvió como indicador de su elasticidad. Esta medición se realizó utilizando el cronometro de un dispositivo móvil.



#### 4.3.6. Recolección y frotis de moco cervical

Las muestras de moco cervical fueron extraídas con ayuda de un espéculo estéril descartable y un cepillo endocervical estéril. Primero, se tomó con la mano derecha el espéculo y con los dedos pulgar e índice de la mano izquierda se abrió y sujetó la vulva, después se introdujo el espéculo cerrado de abajo hacia arriba en un ángulo de 45° hasta posicionarlo horizontalmente en el canal vaginal. Luego se abrió las valvas del espéculo paulatinamente hasta observar el cérvix. A continuación, se introdujo un cepillo endocervical estéril y se realizó un pequeño raspado en la porción ectocervical, después se retiró el cepillo y se cerró las valvas del espéculo para retirarlo.

Por último, se extendió la muestra del cepillo sobre un portaobjetos y se dejó secar al ambiente en una gradilla para portaobjetos. Las muestras fueron llevadas inmediatamente al laboratorio de la granja para observar el grado de arborización mediante un microscopio óptico (lente 4x). Este procedimiento se realizó dos veces al día (07h00 y 17h00), es decir, dos frotis de moco por cerda, empezando desde el día posterior al destete hasta la presencia de celo (antes de la primera IA).

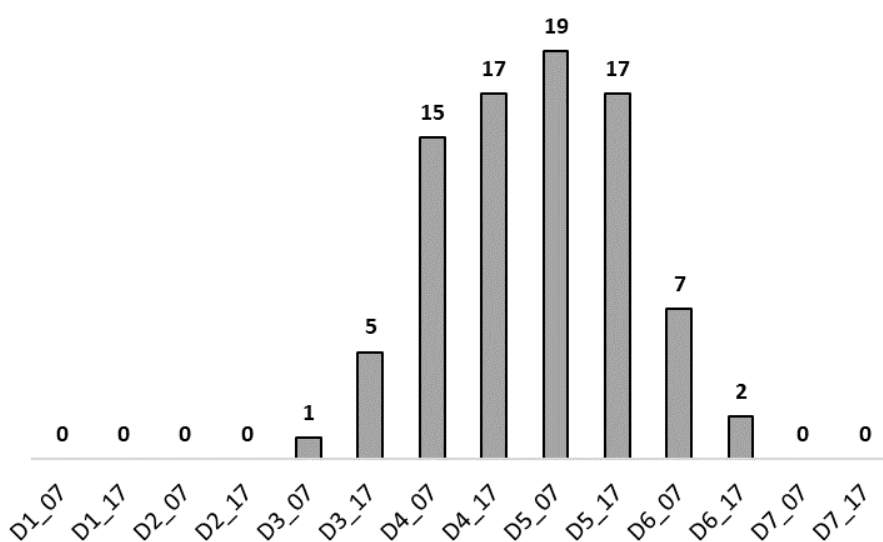
#### 4.3.7. Análisis estadístico

Los datos fueron procesados en el software MS Excel (Microsoft Corporation, 2018) y analizados en el programa estadístico SPSS IBM (IBM Corp., 2017) versión 25. Se realizaron estadígrafos principales de todas las variables. Se evaluó la normalidad de los datos (Shapiro & Wilk, 1965). Se aplicó la prueba ANOVA (Malyutina et al., 2021) para determinar la variable tiempo de presentación del celo post – destete (48 horas) y la temperatura vulvar y las características del moco cervical y, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5%.

## Resultados y discusión

### 5.1. Reflejo de inmovilidad

Una de las técnicas utilizadas para determinar el celo en las cerdas fue la aplicación de la contrapresión en la parte dorsal de la cerda, proceso que inició 24 horas post – destete, dos veces al día. En la Figura 3, se puede observar que, en los dos primeros días, las hembras no mostraron una respuesta positiva a la prueba de contrapresión. Sin embargo, en la mañana del día 3, ya se observó cerdas que manifestaron quietud al aplicar esta prueba, en los días subsiguientes, esta respuesta se fue incrementando hasta llegar a su valor más alto en la mañana del día 5, en la cual 100% (19 casos) respondieron positivamente.

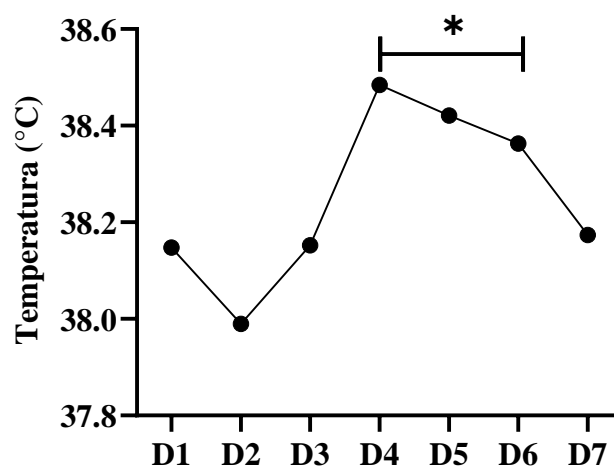


**Figura 3.** Gráfico de barras donde se indica la reacción positiva a la prueba de contrapresión analizada desde el día 1 (D1) al día 7 (D7).

Los resultados obtenidos son concordantes con los presentados por Engblom et al., (2008) quienes señalaron que al aplicar la prueba de contrapresión cerca del 89% de un total de 20.310 cerdas, dieron positivo a la detección del celo a partir de las 96 horas post – destete y la inseminación artificial (IA) realizada fue efectiva para toda la población que la recibió (100%). Sin embargo, existe información científica que señala que, si bien esta prueba es muy eficiente para detectar cerdas en celo, no permite diferenciar la intensidad del estro (débil, medio o fuerte), siendo esta la diferencia con otras pruebas más sofisticadas que cumplen la misma finalidad (Kraeling & Webel, 2015).

## 5.2. Valoración de la temperatura vulvar

Al analizar la temperatura vulvar en los días 1, 2 y 3 post – destete se observó un promedio de 38,09°C. Sin embargo, en los días 4 (38,48°C), 5 (38,42°C) y 6 (38,36°C), la temperatura alcanzó sus valores más elevados, llegando a 38,48°C. Posteriormente, en el séptimo día descendió a 38,17°C, valores similares a los observados en el primer día post – destete (Fig. 4).



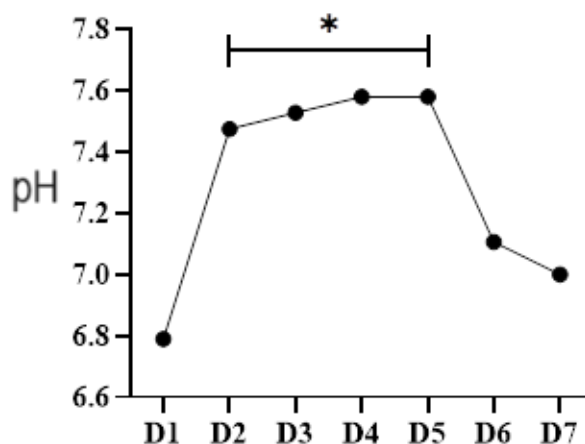
**Figura 4.** Media y error estándar de la temperatura vaginal de cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%.

Según Simões et al. (2014), la temperatura vulvar de una cerda se incrementa en promedio 1,5°C desde el proestro hasta el celo. Además, existen trabajos que determinaron que la temperatura de la zona vulvar presenta variación representativa al quinto día post – destete (Clark et al., 2011). Estos datos son comparables a los resultados expuestos en este trabajo ya que la temperatura llegó a su punto más alto en los días 4, 5 y 6 post – destete (Fig. 4).

## 5.3. Determinación del pH cervical

El pH del moco cervical de las cerdas 24 horas post – destete fue ácido ( $6,7 \pm 0,18$ ) y se incrementó 0,7 puntos en el segundo día ( $7,4 \pm 0,11$ ). Sin embargo, se mantuvo estable a partir de la segunda, tercera ( $7,5 \pm 0,11$ ), cuarta ( $7,5 \pm 0,13$ ) y quinta ( $7,5 \pm 0,11$ ) valoración (días: 2, 3, 4 y 5), para luego descender en los dos últimos muestreos (día 6 =  $7,1 \pm 0,07$ ); (día 7 =  $7,0 \pm 0,0$ ). Al mirar este patrón de comportamiento del pH del moco cervical se puede inferir que este se vuelve alcalino cuando la cerda entra en la fase de estro (Fig. 5). Estos cambios están estrechamente vinculados a la actividad hormonal, especialmente a la

influencia de los estrógenos. Estas hormonas van a incrementar la síntesis de mucina y a su vez, la presencia de sales minerales. Este aumento en la concentración de sales minerales contribuye al cambio en el pH, volviéndolo alcalino.



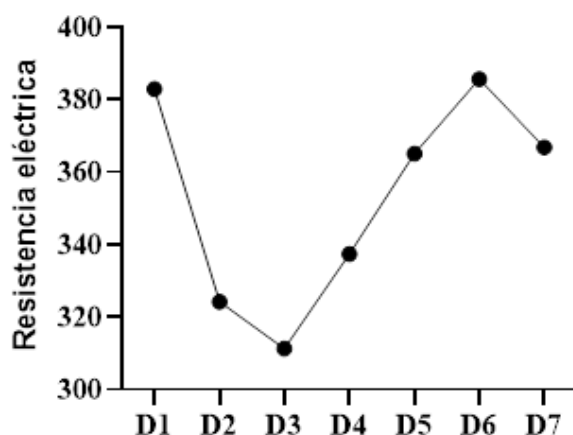
**Figura 5.** Media y error estándar del pH del moco cervical de las cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%; eje de la X son los días evaluados.

A diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, trabajos realizados en bovinos la variación del pH en las fases de proestro y celo no muestran diferencia significativa y oscilan entre 7,0 y 7,6 en individuos con celo natural o inducido (Tsiligianni et al., 2001). Además, en otro trabajo se encontró un pH de 7,2 en celo natural, lo que indica que el pH del moco cervical se vuelve alcalino en la fase de celo (Bernardi et al., 2016); concordando con la tendencia observada en nuestro trabajo.

#### 5.4. Determinación de la impedancia eléctrica del moco cervical

La valoración de la resistencia eléctrica del moco cervical mostró inicialmente un valor elevado ( $382,8 \pm 12,52$  ohm) en el primer día del ensayo, para caer abruptamente 58,6 puntos al segundo día llegando a marcar  $324,2 \pm 9,95$  ohm (Fig. 6) y continuar el descenso hasta el tercer día ( $311,3 \pm 9,15$  ohm). A partir del cuarto día ( $337,3 \pm 10,89$  ohm) se inició un incremento constante de la resistencia eléctrica, continuándose en los días cinco ( $365,0 \pm 8,41$  ohm) y llegando a su máximo valor el día seis ( $385,6 \pm 5,06$  ohm), para luego volver a caer en el día siete ( $366,7 \pm 3,39$  ohm). Este patrón de comportamiento nos indica que la resistencia eléctrica se incrementa hasta el día del celo efectivo y luego se reduce, esto se relaciona con la cantidad de moco cervical y la densidad del mismo.

Durante las etapas del proestro y estro, los niveles de las hormonas sexuales fluctúan, lo que permite cambios en el moco cervical. Durante el estro, por ejemplo, los estrógenos están en niveles elevados y estos juegan un papel crucial en la alteración de la producción y composición de las mucinas. Esto se logra a través de expresión génica, glicosilación y secreción de mucinas lo que resulta en cambios notables de la misma.

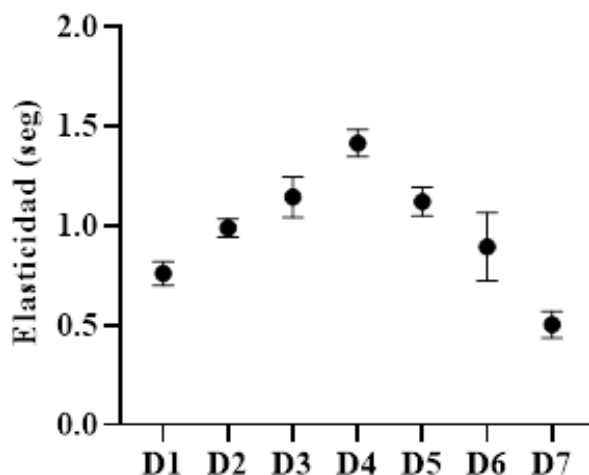


**Figura 6.** Media y error estándar de la resistencia eléctrica del moco cervical de las cerdas valorado post – destete. Prueba de Tukey 5%; eje de la Y es medido en ohmios como resistencia eléctrica y eje de la X describe los días muestreados.

En la cerda se ha determinado que una conductividad eléctrica de  $310 \pm 9,2$  unidades, después de la detección de celo, es el parámetro de mayor precisión para determinar la ovulación de la cerda, por lo tanto, debe ser usado para mejorar el porcentaje de fertilidad pudiendo llegar a un 90% o más (Zink & Diehl, 1984). Este comportamiento del moco cervical también fue descrito en otras especies de interés zootécnico como el bovino, donde se observó un incremento desde los 200 ohm en proestro hasta los 300 ohm el día del celo (Bertin Soto, 2008).

### 5.5. Determinación de la elasticidad del moco cervical

Según se observa en la Figura 7, la elasticidad del moco cervical varía significativamente a lo largo del periodo de muestreo, donde a partir de las 48 horas (D2) post – destete va aumentando en cuanto a los valores medios de elasticidad hasta el día 4, desde este día comienza a descender hasta el día 6 en el cual se acerca a valores iniciales, llegando al punto más bajo de elasticidad en el día 7.

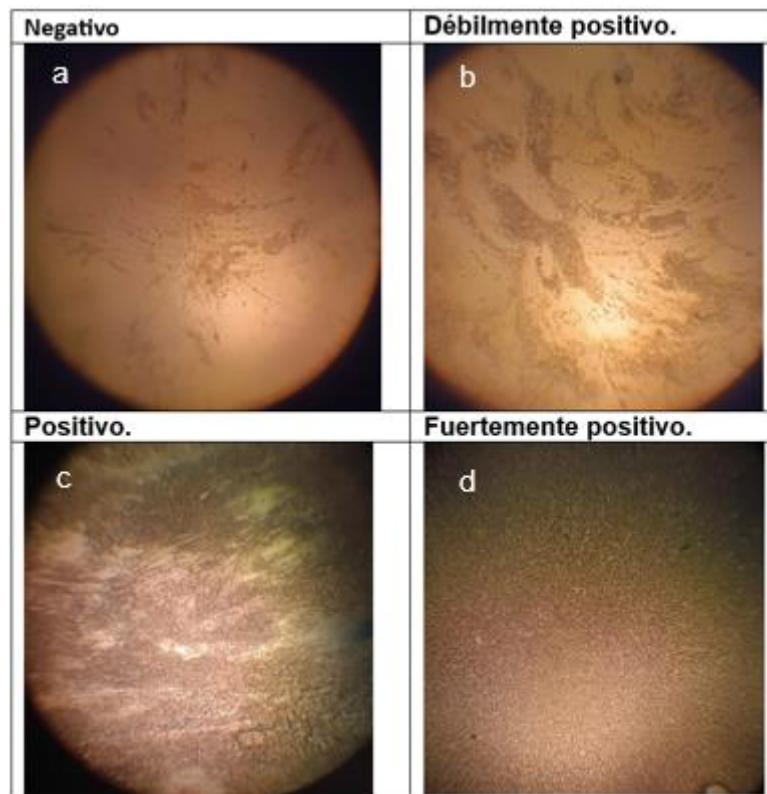


**Figura 7.** Diagrama de medias y bigotes para elasticidad del moco cervical, donde el eje X son los días en los que se realizó la prueba y el eje Y indica la resistencia elástica medida en segundos.

Se ha descrito que la consistencia del moco cervical cambia de acuerdo al momento del ciclo estral, así en la fase de proestro el moco cervical es más denso y por ende menos elástico ya que se encuentra influenciado por la progesterona, en cambio conforme se acerca a la fase de celo el moco se vuelve más fluido y abundante ya que los estrógenos están altos en esta fase (Yamauchi et al., 2009).

### 5.6. Determinación de la arborización del moco cervical

La arborización del moco cervical está relacionada con la cantidad, consistencia y resistencia eléctrica, que presenta en cada uno de los días post – destete; así, en el primer y segundo día post – destete el moco cervical fue escaso y denso (Fig. 8a), mostrando una cantidad de moco disperso en la placa. En el día 3, se evidencia un aumento considerable (duplica) en la cantidad de moco (Fig. 8b), y esto se ve reflejado en la forma de presentación del frotis, aunque la forma todavía permanece indefinida. En el cuarto día, tanto la cantidad como la elasticidad del moco aumentan significativamente (Fig. 8c), y en el frotis la arborización se observa definida. El frotis del quinto día muestra abundante moco con una arborización característica de la fase de celo (Fig. 8d). Estos resultados se deben a que en la fase del estro hay una dominancia de los estrógenos durante la fase folicular y estos estimulan los electrolitos en las criptas cervicales haciendo que aumente la arborización.



**Figura 8.** Arborización del moco cervical en cerdas 48 horas post – destete y su comportamiento hasta alcanzar el celo. Fuente: Elaboración autores.

En un trabajo realizado en cerdas se determinó un comportamiento similar al descrito en el presente estudio en pre celo y celo (Tsiligianni et al., 2001), mostrando un mayor grado de arborización en la fase de celo. En bovinos también se ha descrito los cambios del frotis del moco cervical durante el paso del proestro al celo mostrando un aumento del moco y concomitantemente un aumento de la arborización llegando a su máxima expresión en la fase del celo (Bernardi et al., 2016).

## Conclusiones

- El reflejo de inmovilidad es una técnica que ayuda a detectar cerdas en celo en un 100% y se encuentra relacionada directamente con el incremento de la temperatura vulvar en los días 4 y 5 post – destete.
- El pH se vuelve alcalino en la fase de celo de la cerda; además, el moco cervical es más denso y elástico; así como su conductividad eléctrica se eleva conforme llega al celo efectivo de la cerda.
- La formación de estructuras arborizadas está directamente relacionada con cantidad, elasticidad y fluidez del moco cervical, pues estas características se muestran de manera más pronunciada en la etapa de celo.



## Referencias

- Aral, F., Payan-Carreira, R., & Quaresma, M. (Eds.). (2021). *Animal Reproduction in Veterinary Medicine* (Vol. 6). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78921>
- Belenguer, P., Finestra, A., Toledo, M., & Pinto, J. (2014). Puntos clave en la eficiencia reproductiva en ganado porcino (II). *ANAPORC*, 2(22), 22–28.
- Bernardi, S., Rinaudo, A., & Marini, P. (2016). Cervical mucus characteristics and hormonal status at insemination of Holstein cows. *Iran. J. Vet. Res.*, 17(1), 45–49.
- Bertin Soto, S. (2008). Resistencia Eléctrica en mucus vaginal durante el ciclo estral en vacas. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fvb544r/doc/fvb544r.pdf>
- Betteridge, K. J., & Raeside, J. I. (1962). Investigation of cervical mucus as an indicator of ovarian activity in pigs. *J. Reprod. Fertil.*, 3(3), 410–421. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0030410>
- Cervellini, J., Braun, R., & Rabotnikof, C. (1991). Efecto de destetes prematuros sobre la performance de la lechigada y el intervalo destete-celo en las cerdas. *Fac. Agronomía - UNLPam*, 6, 20–21.
- Clark, S. G., Scolari, S. C., Knox, R. V., & Tamassia, M. A. (2011). *Vulvar skin temperature changes significantly during estrus in swine as determined by digital infrared thermography.*
- Collell, M. (2021). Manejo de las primerizas. *International Pig Topics* , 32(1).
- Corp., I. B. M. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows (version 25). IBM Corp.
- Corporation, M. (2018). Microsoft Office Excel. <https://office.microsoft.com/excel>
- Dotché, I. O., Bankolé, C. B. O., Dahouda, M., Biobou, R., Bonou, G. A., Antoine-Moussiaux, N., Dehoux, J.-P., Thilmant, P., Mensah, G. A., Koutinhouin, B. G., & Youssao Abdou Karim, I. (2020). Comparison of reproductive performances of local and improved pigs reared in south Benin. *Tropical Animal Health and Production*, 52(2), 687–698. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02058-y>
- DRAMIŃSKI S. A. (2023, April). *DETECTOR DE ESTRO para vacas y yeguas.*

- Engblom, L., Lundeheim, N., Strandberg, E., Schneider, M. del P., Dalin, A.-M., & Andersson, K. (2008). Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows. *J. Anim. Sci.*, *86*(2), 432–441. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0310>
- Espinosa, Y. (2012, February 20). *Ciclo sexual de la cerda y factores que influyen en el indicador reproductivo parto/cubriciones de esta especie*. Porcicultura.Com.
- Estral, C., Básica, F., Para, Y. E., La, M., & Celos, D. D. E. (2009). Estrus Cycle: basic physiology and strategies for improving estrus detection. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, *56*(3), 163–183.
- Falceto, M., Lafoz, L., Bonastre, C., Suárez, A., & Mitjana, O. (2010). Fisiopatología del anestro en la cerda. *Departamento de Patología Animal. IA2*.
- Fernández, F., Hernández, J., & Rosales, M. (2009). Efecto de la adición de FSH y LH en el medio sobre la maduración y el desarrollo embrionario in-vitro de ovocitos de cerda. *Salud Animal*, *31*(2).
- Fuentes, M., Pérez, L., Suárez, Y., & Soca, M. (2006). Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *REDVET*, *7*.
- Haynes, N. B. (1971). Changes in pig cervical mucus in relation to the oestrous cycle. *J. Reprod. Fert.*, *27*(2), 211–218. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0270211>
- Hernández, S., Lemus, C., Alonso, R., & Herrera, J. (2007). Influencia del gen receptor de estrógenos (ESR) sobre la capacidad reproductiva de las cerdas en condiciones de producción comercial. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, *14*(2).
- Hidalgo, D., Cassar, G., Manjarin, R., Domínguez, J., Friendship, R., & Kirkwood, R. (2015). Relationship between vaginal mucus conductivity and time of ovulation in weaned sows. *Canadian Journal of Veterinary Research*, *79*(2), 151–154.
- Hinojosa, J. (2022). Diagnóstico apropiado del celo para una oportuna inseminación artificial en cerdas de la granja San Severino [Diplomado en “SANIDAD Y PRODUCCIÓN PORCÍCOLA, 1RA. VERSIÓN”]. Universidad Mayor de San Simón.
- Hughes, P., & Varley, M. (1980). *Reproduction in the pig* (1st ed., Vol. 1).
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (1998). *Reproducción Animal: Métodos de estudio en sistemas* (M. Ruíz, B. Rivera, & A. Ruiz, Eds.; Vol. 1). RISPAL.

- Ionita, E. (2022, June 29). Reproductoras porcinas en Ecuador. *Veterinaria Digital*.  
<https://www.veterinariadigital.com/noticias/reproductoras-porcinas-en-ecuador/#:~:text=Porcicultura%20en%20Ecuador,En%20Ecuador%20la%20porcicultur a%20tiene%20un%20aporte%20en%20el%20PIB,y%20la%20mayor%C3%ADa%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1as.>
- Kipjen, L. (2022). Artificial Insemination in Pigs. *The Science World a Monthly e Magazine*, 2.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7377755>
- Kraeling, R. R., & Webel, S. K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 6(1), 3.  
<https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3>
- Lamb, G. C., Smith, M. F., Perry, G. A., Atkins, J. A., Risley, M. E., Busch, D. C., & Patterson, D. J. (2010). Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. *The Bovine Practitioner*, 18–26. <https://doi.org/10.21423/bovine-vol44no1p18-26>
- Larson, J., Lamb, G., Stevenson, J., Johnson, S., Day, M., Gary, T., Kesler, D., Dejarnette, J., Scherick, F., & Arseneau, J. (2006). Synchronization of estrus in suckled beef cows before detected estrus and (or) timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone (gnrh), prostaglandin f2a (pg), and progesterone (CIDR). *Journal of Animal Science*.
- Leidl, W., & Stolla, R. (1976). Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. *Theriogenology*, 6(2–3), 237–249. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(76\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0093-691X(76)90017-0)
- Linford, E. (1974). Cervical mucus: an agent or a barrier to conception? *Reproduction*, 37(1), 239–250. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0370239>
- López-Albors, O., Llamas-López, P. J., Ortuño, J. Á., Latorre, R., & García-Vázquez, F. A. (2021). In vivo measurement of pH and CO<sub>2</sub> levels in the uterus of sows through the estrous cycle and after insemination. *Scientific Reports*, 11(3194).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-82620-7>
- Lorente, J. (2022). Manejo en gestación (parte 2): detección de celo e inseminación. *Porcinews*.

- Malyutina, A., Tang, J., & Amiryousefi, A. (2021). Nonmetric ANOVA: a generic framework for analysis of variance on dissimilarity measures. *BioRxiv*, 2021.11.19.469283. <https://doi.org/10.1101/2021.11.19.469283>
- Mather, E. C., & Day, B. N. (1977). "In vivo" pH values of the estrous reproductive tract of the gilt. *Theriogenology*, 8(6), 323–327. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(77\)90184-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(77)90184-4)
- McGlone, J. J., Devaraj, S., & Garcia, A. (2019). A novel boar pheromone mixture induces sow estrus behaviors and reproductive success. *Applied Animal Behaviour Science*, 219, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104832>
- Pérez, G., Suárez, L., Soca, Y., & Maylín, P. (2006). Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *REDVET*, 7(1), 1–36.
- Purohit, G., Kumar, S., & Devendra, K. (2019). Electronic measurements of vaginal electric resistance (VER): current status for estrus detection timing insemination and pregnancy diagnosis in cattle and buffalo. *College of Veterinary and Animal Science*, 8(2), 145–152.
- Quiles, A., & Hevia, M. (2009). Detección del celo y momento de la inseminación artificial en cerdas. *ResearchGate*, 251.
- Ruiz, M., & Rivera, B. (1998). *Métodos de estudio en sistemas* (A. Ruiz, Ed.). *Reproducción animal*.
- Savia, C., Reategui, J., Marini, P., & Bernardi, S. (2016). Relación entre características físicas y contenido iónico del moco cervical con el estado de preñez al inseminar vaquillonas a celo detectado s. *SPERMOVA*, 2(6), 153–158. <https://doi.org/10.18548/aspe/0004.14>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Simões, V. G., Lyazrhi, F., Picard-Hagen, N., Gayrard, V., Martineau, G.-P., & Waret-Szkuta, A. (2014). Variations in the vulvar temperature of sows during proestrus and estrus as determined by infrared thermography and its relation to ovulation. *Theriogenology*, 82(8), 1080–1085. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.017>
- Trujillo, M., Silvaa, H., & Gutiérrez, O. (2019). *Reproducción del cerdo: una visión práctica* (E. Paqui, Ed.; UNAM). Universidad Nacional Autónoma de México.

- Tsiligianni, T., Karagiannidis, A., Brikas, P., & Saratsis, P. (2001). Physical properties of bovine cervical mucus during normal and induced (progesterone and/or PGF2 $\alpha$ ) estrus. *Theriogenology*, *55*(2), 629–640. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00431-9](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00431-9)
- USDA, U. S. D. O. A. (2022, October 12). *Porcicultura mundial: Primeras estimaciones del USDA para 2023*. 3tres3.
- Velasco, J. (2016, August 22). Detección efectiva de celos. Porcicultura.Com. <https://www.porcicultura.com/destacado/Deteccion-efectiva-de-celos>
- Velazquez, J. (2011). Evaluación de la conductividad eléctrica vaginal en cerdas púberes y cerdas púberes ovariectomizadas e inducidas al estro con estradiol libre administrado vía intracerebroventricular. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Worwood, D. (2007). Swine Artificial Insemination for Beginners: Heat Detection. [https://digitalcommons.usu.edu/extension\\_curall/1394](https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/1394)
- Yamauchi, S., Nakamura, S., Yoshimoto, T., Nakada, T., Ashizawa, K., & Tatemoto, H. (2009). Prediction of the estrous cycle and optimal insemination time by monitoring vaginal electrical resistance in order to improve the reproductive efficiency of the Okinawan native Agu pig. *Animal Reproduction Science*, *113*(1–4), 311–316. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.005>
- Zhang, Z., Zhang, H., & Liu, T. (2019). Study on body temperature detection of pig based on infrared technology: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, *1*, 14–26. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2019.02.002>
- Zink, M. F., & Diehl, J. R. (1984). Efficacy of Using Vaginal Conductivity as an Indicator of the Optimum Time to Breed in Swine. *Journal of Animal Science*, *59*(4), 869–874. <https://doi.org/10.2527/jas1984.594869x>
- Zuñiga, Y. (2006). *Detección de celo en cerdas*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0894.PDF>

## Anexos

### Anexo A – Paseo del verraco.



### Anexo B – Reflejo de inmovilidad (prueba de contrapresión).



**Anexo C – Toma de temperatura vulvar mediante un termómetro infrarrojo de termo precisión.**



**Anexo D – Medición de la resistencia eléctrica del moco cervical con el equipo “Draminski Detector de Celo, Polonia”.**



## Anexo E – Medición de pH del moco cervical mediante tiras de papel universal.



## Anexo F – Valoración de la elasticidad del moco cervical.





**Anexo G – Toma de muestra de moco cervical con ayuda de un espéculo estéril descartable y un cepillo endocervical estéril.**



**Anexo H – Extendido de la muestra de moco cervical sobre un portaobjetos.**

