

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria

**Influencia de la época y del ciclo lunar en las características seminales
de porcinos en una región tropical baja**

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

Autor:

Romina Estefanía Pesántez Gavilanes

Director:

Fernando Pedro Perea Ganchou

ORCID:  0000-0001-8301-6339

Cuenca, Ecuador

2025-07-23

Resumen

En el presente estudio retrospectivo (2016-2022) se evaluó la influencia de la época del año y del ciclo lunar sobre parámetros seminales como el volumen del eyaculado, motilidad individual progresiva, concentración espermática, número total de espermatozoides y dosis obtenidas, en porcinos pertenecientes a una granja en la región tropical baja de Venezuela. Se analizaron 3.315 colectas de semen de 69 verracos con edades entre 12 y 36 meses, y pesos corporales entre 180 y 300 kg. De acuerdo con el porcentaje de luminosidad de la luna el ciclo lunar (29,53 días) se dividió en ocho periodos de aproximadamente 3,7 días cada uno: 1) de luna nueva a luna creciente, 2) de luna creciente a primer cuarto, 3) de primer cuarto a luna gibosa creciente, 4) de luna gibosa creciente a luna llena, 5) de luna llena a luna gibosa menguante, 6) de luna gibosa menguante a tercer cuarto, 7) de tercer cuarto a luna menguante y 8) de luna menguante a luna nueva. De acuerdo con la humedad relativa la época se dividió en seca (diciembre-marzo), intermedia (abril-julio), y lluviosa (agosto-noviembre). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y regresión logística del programa estadístico SAS. Los resultados obtenidos indican que la época del año no influyó en el volumen espermático ni motilidad individual progresiva, sin embargo, tuvo efecto en la concentración espermática, evidenciándose mayor concentración en la época intermedia. El ciclo lunar afectó la concentración espermática, número total de espermatozoides y número de dosis de inseminación, que fueron mayores en el período 7 del ciclo lunar.

Palabras clave del autor: ciclo lunar, porcinos, parámetros seminales



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

This retrospective study (2016-2022) evaluated the influence of time of year and lunar cycle on seminal parameters such as ejaculate volume, individual progressive motility, sperm concentration, total number of spermatozoa and doses obtained, in swine belonging to a farm in the low tropical region of Venezuela. A total of 3,315 semen collections from 69 boars aged between 12 and 36 months, and body weights between 180 and 300 kg, were analyzed. According to the percentage of moon luminosity, the lunar cycle (29.53 days) was divided into eight periods of approximately 3.7 days each: 1) from new moon to crescent moon, 2) from crescent moon to first quarter, 3) from first quarter to waxing gibbous moon, 4) from waxing gibbous moon to full moon, 5) from full moon to waning gibbous moon, 6) from waning gibbous moon to third quarter, 7) from third quarter to waning moon and 8) from waning moon to new moon. According to relative humidity, the season was divided into dry (December-March), intermediate (April-July), and rainy (August-November). The data were analyzed by analysis of variance and logistic regression of the SAS statistical program. The results obtained indicate that the time of year did not influence sperm volume or individual progressive motility; however, it had an effect on sperm concentration, with a greater concentration in the intermediate season. The lunar cycle affected sperm concentration, total number of spermatozoa and number of insemination doses, which were greater in period 7 of the lunar cycle.

Author Keywords: lunar cycle, swine, seminal parameters.



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/>

Índice de contenido

Resumen.....	2
Abstract	3
Índice de contenido.....	4
Índice de tablas	6
Índice de figuras.....	7
Introducción.....	8
2. Objetivos	10
2.1. Objetivo general.....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. Marco teórico	11
3.1. Fisiología reproductiva.....	11
3.1.1. Desarrollo prenatal	11
3.1.2. Desarrollo post natal.....	12
3.1.3. Pubertad	12
3.1.4. Control neuroendocrino	12
3.1.5. Recolección de semen	13
3.1.5.1. Valoración seminal.	13
3.2. Factores que afectan la calidad del semen	15
3.2.1. Nutrición.....	15
3.2.2. Manejo	16
3.2.3. Condiciones climáticas	16
3.2.4. Ciclo lunar	17

4. Metodología	20
4.1. Área de estudio.....	20
4.2. Características climáticas de la zona.....	20
4.3. Manejo de los reproductores	20
4.4. Colecta y procesamiento de semen.....	21
4.5. Información sobre el ciclo lunar.....	21
4.6. Variables de estudio y análisis estadístico.....	22
5. Resultados	23
5.1. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre el volumen eyaculado.....	23
5.2. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre la motilidad individual progresiva ..	24
5.3. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre la concentración espermática.....	24
5.4. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre el número total de espermatozoides y dosis obtenidas	25
6. Discusión.....	28
6.1. Influencia de la época del año.....	28
6.2. Influencia del ciclo lunar	30
Conclusiones.....	33
Referencias	34

Índice de tablas

Tabla 1. Temperatura, humedad relativa e índice temperatura humedad (ITH) en estación meteorológica cercana a la granja porcina (Fuente: Calatayud-Márquez y Quintero-Moreno, 2021).	20
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B), sobre el volumen del eyaculado.	23
Figura 2. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre la motilidad individual progresiva.	24
Figura 3. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre la concentración espermática ($\times 10^6$). Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos ($^{a-b,c}$, $p < 0,05$).	25
Figura 4. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre el número total de espermatozoides. Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos ($^{a-b,c}$, $p < 0,05$).	26
Figura 5. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre el número de dosis obtenidas. Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos ($^{a-b-c}$, $p < 0,05$).	27

Introducción

La reproducción de los animales de granja es influenciada por estímulos circanuales, estacionales, circadianos y lunares. Se han acumulado evidencias sobre la influencia del ciclo lunar en la actividad reproductiva en tilapias (Perea y col., 2022), gallinas ponedoras (Fárez y Quezada, 2024), cobayas (Perea y col., 2024a), ovejas (Horak y Potucek, 1978; Palacios y Abecia, 2014), cabras (El-Darawany y col., 2021), verracos (Chinchilla-Vargas et al., 2018), cerdas (Pichazaca y Zhirzhan, 2023), búfalos (Aranguren-Méndez et al., 2023), vacas (Yonezawa y col., 2016; Aguirre y col., 2021; Perea y col., 2024b) y yeguas (Kollerstrom, 2004).

Aunque no está completamente dilucidado, el mecanismo que relaciona el ciclo lunar y la reproducción esta aparentemente modulado por la glándula pineal a través de la melatonina (Perea y col., 2024). Esta glándula es capaz de responder a cambios en campo geomagnético de la tierra (Seem y col., 1980; Reuss y col., 1983; Welker et al., 1983), que a su vez es influenciado por el ciclo lunar (Bell and Defouw 1966; Stolov 1965). En consecuencia, los melanocitos cambian su actividad funcional y características estructurales de acuerdo con la fase lunar (Gerasimov y col. 2014; Martínez-Soriano et al. 2002a, 2002b), conduciendo a un patrón de secreción diferente de melatonina.

En porcinos hay dos estudios que reportan la influencia del ciclo lunar en la reproducción (Chinchilla-Vargas y col., 2018; Pichazaca y Zhirzhán, 2023). En hembras porcinas la luna influenció diversos aspectos reproductivos, como los intervalos nacimiento-concepción y parto-concepción, tamaño de la camada, mortalidad de lechones, número de lechones destetados y peso individual al destete (Pichazaca y Zhirzhán, 2023). En reproductores porcinos, el ciclo lunar tuvo influencia sobre algunas características seminales (Chinchilla-Vargas y col., 2018) de verracos en una empresa comercial de procesamiento de semen al norte de Estados Unidos.

Los investigadores citados previamente, estudiaron el efecto del ciclo lunar en el día de la colecta (4,149 muestras de semen), así como también estimaron la fecha de inicio de la

espermatogénesis del verraco, teniendo en cuenta que este proceso y la maduración del espermática requieren aproximadamente 45 días. Los investigadores encontraron un efecto significativo de la fase lunar en el día de la colecta seminal en el volumen del eyaculado y en el número de dosis de semen obtenidas. Por otro lado, el análisis del efecto lunar al inicio de la espermatogénesis mostró diferencia estadística únicamente en el número de dosis de semen, pero no en el volumen del eyaculado ni en la concentración espermática (Chinchilla-Vargas y col., 2018).

No hay estudios adicionales sobre la influencia del ciclo lunar en las características seminales en verracos. En la presente investigación se pretende analizar la influencia del ciclo lunar, dividido en ocho periodos, en algunas características seminales de verracos en una granja comercial porcina en una región tropical latinoamericana. La confirmación de la relación entre las fases lunares y las características seminales de verracos en condiciones tropicales podría tener implicaciones prácticas en las explotaciones porcinas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la época y del ciclo lunar en las características seminales en porcinos de una región tropical baja

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la época sobre las características seminales en reproductores porcinos
- Evaluar la influencia de las fases lunares sobre las características seminales en reproductores porcinos

3. Marco teórico

3.1. Fisiología reproductiva

El aparato reproductor del verraco está constituido por varias estructuras que incluyen los testículos, el conducto urogenital, glándulas sexuales accesorias (constituyen un pool de secreciones exocrinas que suministran gran cantidad de plasma seminal rico en carbohidratos, ácido cítrico, proteínas, enzimas, aminoácidos, y sustancias minerales) (Luna, 2020) y región hipotalámica del cerebro; todos éstos interactúan entre sí mediante el sistema nervioso y endócrino para regular la actividad reproductiva, un fallo en alguno de estos mecanismos implica una disfunción en la producción seminal, misma que es de vital importancia en granjas que se dedican a la inseminación artificial.

Los factores que regulan las características del eyaculado son la población de células de Sertoli, que tienen su periodo más prolífico durante la mitad o el final de la gestación (30-40 días de gestación) y continúa después del nacimiento, aproximadamente el desarrollo completo de las gónadas se alcanza a los 70 días de gestación (McCoard y col., 2003). La actividad mitótica de las células de Sertoli continua a un ritmo elevado durante las primeras 3 semanas de vida hasta aproximadamente los dos meses de edad, por lo cual el potencial de producción espermática de los verracos se alcanza a dicha edad (Flowers, 2021).

3.1.1. Desarrollo prenatal

La actividad mitótica de las células de Sertoli más importante en el desarrollo reproductivo del verraco ocurre durante la segunda mitad del periodo gestacional coincidiendo con el crecimiento rápido del feto, es así que cualquier factor que afecte esta etapa influye en la cantidad de células de Sertoli y consecuentemente la espermatogénesis (Jainudeen y Hafez, 1993). En este sentido, Flowers (2015); y Auler y col (2017), demostraron que los verracos que nacen con bajo peso tienen testículos más pequeños y menor producción de espermatozoides cuando los animales se encuentran en su etapa reproductiva.

Otro factor para considerar durante la gestación es el estrés térmico. Lugar y col. (2018) determinaron que hay consecuencias negativas en la espermatogénesis independientemente del peso; los verracos nacidos de cerdas que se sometieron a altas temperaturas durante los 30 y 60 días de gestación presentaron testículos más pequeños, menor libido y producción de espermatozoides a las 57 semanas de edad.

3.1.2. Desarrollo post natal

Después del nacimiento, la actividad mitótica de las células de Sertoli continúa y se ha evidenciado que la ingesta de calostro influye directamente en el desarrollo y función testicular, pues estimulan las células reproductivas, dando como resultado una mayor actividad en la mitosis y expresión genética diferencial de las células de Sertoli en comparación con verracos que no recibieron calostro (Rahman y col., 2014).

3.1.3. Pubertad

La mitosis de las células de Sertoli termina antes de la pubertad, los verracos inician la pubertad alrededor de los 5-6 meses, cuando los espermatozoides han madurado y están presentes en el eyaculado, en esta etapa la fertilidad del macho es limitada por lo cual no deben utilizarse los machos para monta sino hasta que hayan alcanzado entre los 8 y 12 meses de edad cuando en el túbulo seminífero existe mayor cantidad de espermatozoides que espermáticas; aquí pueden seleccionarse los machos que serán utilizados como reproductores, debido a que la precocidad sexual es una de las características más heredables que se manifiestan con la edad. Se ha demostrado que los machos que han sido criados sin hembras muestran un retraso en el desarrollo sexual conductual (Luna, 2020; Flowers, 2021).

3.1.4. Control neuroendocrino

El control hormonal de la espermatogénesis es influenciado por varios mecanismos, tanto endógenos como exógenos. El eje hipotálamo-pituitario-gonadal controla la libido y espermatogénesis del verraco, mediante la hormona liberadora de gonadotropina 2 (GnRH2),

la cual estimula la secreción pulsátil de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) de la hipófisis anterior, la esteroideo génesis y producción de testosterona por las células intersticiales de Leydig. La compleja red de factores de crecimiento, citoquinas y factores de transcripción producidos localmente (por las células de Leydig y Sertoli) en las células germinales está regulada por la estimulación endocrina. A su vez, el sustento del epidídimo y su capacidad para madurar los espermatozoides son ayudados por los factores lumicrinos que viajan desde la rete testis con los espermatozoides. Para que la pubertad inicie es necesario un aumento de FSH y testosterona, las cuales permanecen en niveles mínimos durante la etapa prepuberal debido a una retroalimentación negativa sobre la hipófisis (Geisert y col., 2020; Luna, 2020).

3.1.5. Recolección de semen

La recolección del semen se realiza con la técnica de la de la mano enguantada, los pasos para esta técnica son: 1) asegurar el recipiente de recolección (mismo que debe estar identificado con el número de verraco); 2) esperar que el pene sobresalga del prepucio; 3) tomar el pene con la mano para que el animal se acostumbre al contacto, mientras se lo sostiene de manera horizontal para evitar derrames que contaminen la colecta; 4) excitar la extremidad del pene con los dedos pulgar o meñique y una vez el pene sobresalga del prepucio, entonces se aprieta la extremidad permitiendo que el pene sobrepase la punta fuera de la mano; cuando inicia la eyaculación se debe seguir apretando la extremidad del pene, presionando de manera continua para estimular la eyaculación. Se desecha la fracción pre espermática (primera parte del eyaculado), y se conserva la siguiente fracción, rica en espermatozoides, y de color blanquecino. La recolección se realiza por aproximadamente 20 minutos, desechando la última fracción cuando el color del eyaculado cambia a un fluido más acuoso y claro; finalmente, se rocía con clorhexina el pene y prepucio (Córdoba y col., 2016).

3.1.5.1. Valoración seminal.

La valoración seminal se puede realizar de manera manual, o con sistemas computarizados de análisis seminal (CASA). Se valúan tanto características macro como microscópicas del

eyaculado. Empezando por el volumen, color, consistencia. Microscópicamente se evalúa la motilidad, realizando un pequeño extendido en un portaobjetos, la motilidad individual es cuali-cuantitativa, estima la tasa de espermatozoides en movimiento (en porcentaje), y la calidad se estima en una escala de 0 a 5. La calidad seminal se expresa en base al tipo de motilidad, estimando que un espermatozoide debe desplazarse de manera rápida y en línea recta (Córdoba y col., 2016).

El CASA evalúa de manera más precisa el movimiento espermático, estimando la velocidad, tipo de movimiento, trayectoria y desplazamiento angular; el inconveniente con el semen de verraco surge al momento de mantener una temperatura estable para evitar su muerte (Valverde, Barquero y Carvajal, 2021).

- ***Volumen eyaculado.***

El volumen espermático eyaculado se calcula después del filtrado, utilizando una probeta o las bolsas de recolección graduadas, además se evalúa el color o posibles contaminaciones o anormalidades en la muestra obtenida (Córdova y col., 2016).

- ***Motilidad individual progresiva.***

La evaluación de la motilidad se realiza colocando una gota de semen sobre un portaobjetos y evaluándolo bajo la luz de un microscopio óptico con platina caliente previamente atemperado, para estimular el movimiento de los espermatozoides. La motilidad se expresa en porcentaje, de acuerdo con la forma en la que se mueven, siendo un método de evaluación subjetiva, cuando se realiza de manera manual, el valor mínimo aceptable es del 70% (Del Valle, 2017).

- ***Concentración espermática.***

El cálculo de la concentración espermática del eyaculado (número de espermatozoides/ml) es muy importante en el procesamiento del semen, debido a que juntamente con el volumen determinarán el número de dosis que se obtendrán. Una variabilidad en alguno de estos componentes afecta la preparación de las dosis, puesto que se podrán obtener dosis con

concentraciones deficientes o por encima del valor adecuado para obtener una fertilidad óptima. Cabe mencionar que, a pesar de no ser una estimación específica de la función testicular, se encuentra directamente asociada a la tasa de fertilización y preñez (Del Valle, 2017; Valverde y col., 2019).

Para los cálculos manuales de la concentración espermática se puede emplear el espectrofotómetro, éste mide la concentración a través del grado de absorbancia de la luz en el eyaculado, ofreciendo un método rápido y preciso, no obstante, presenta algunas desventajas como el tiempo en el que se pueden realizar las lecturas, y que pueden afectarse por la presencia de células y suciedad que aumentan la turbidez dando resultados sobreestimados (Brito y col., 2016). También se puede estimar con gran precisión en una cámara de Neubauer.

- ***Número total de espermatozoides y dosis obtenidas.***

Las dosis obtenidas dependen del tipo de inseminación para la cual está destinada la muestra; es así como, para inseminación cervical se necesita un mínimo de 80-100 ml y para inseminación post cervical la cantidad es menor (30-60 ml), por lo cual la concentración debe ser la adecuada (Valverde y col., 2019).

3.2. Factores que afectan la calidad del semen

3.2.1. Nutrición

La información en cuanto a los requerimientos nutricionales y la producción espermática se centran en dos áreas específicas: estimación de energía y requerimientos proteicos, y adición de micronutrientes (Flowers, 2021). Se ha demostrado que las deficiencias vitamínicas disminuyen la calidad seminal, además de afectar la libido. La vitamina A ayuda en el proceso de espermatogénesis, el ácido retinoico es un metabolito alternativo a la vitamina A, que permite la diferenciación de las espermatogonias y la adhesión de las espermátidas (Cheah y Yang). Las vitaminas E y C actúan como antioxidantes no enzimáticos en el estrés oxidativo, debido a que la vitamina E captura radicales libres estabilizando la membrana del

espermatozoide (Alonge y col., 2019). Sevilla y col. (2022) determinaron que al suplementar vitaminas liposolubles (AD3E) en la dieta, la calidad del semen varía, presentando una mayor movilidad total y progresiva en comparación con el grupo control.

3.2.2. Manejo

El alojamiento y los sistemas de recolección de semen influyen en la calidad seminal, los verracos que son destinados para inseminación artificial (IA) se alojan en corrales de diversos tamaños dependiendo de la edad del animal, y se ha demostrado que una frecuencia de recolección entre 4 a 7 días optimiza el número total de espermatozoides recuperados por eyaculado (Flowers, 2015).

El tipo de suelo y la ventilación dentro del establecimiento en donde se alojan los animales es un factor importante en la sanidad y bienestar animal, que repercute en la calidad de semen, debido a que un mal manejo del suelo y poca ventilación predisponen a la aparición de enfermedades y un aumento en la temperatura ambiental trayendo consigo una disminución de la calidad seminal (Molina y col., 2022).

3.2.3. Condiciones climáticas

Los cambios estacionales influyen directamente en el ámbito reproductivo de las especies ganaderas en donde se ha documentado como un fenómeno universal que es notorio durante los meses de verano produciendo una disminución en la calidad y cantidad seminal por eyaculado (Fuerst y col., 2006; Sabés Alsina y col., 2019). Además, pueden afectar la libido, los verracos al ser una especie que se reproduce durante todo el año, la temperatura es el factor primordial durante los días cálidos de verano, los cambios bruscos dan como resultado un semen de baja calidad evidenciándose en la disminución de la motilidad espermática y mayor anomalías morfológicas (Flowers, 2021).

El estrés térmico es la primera causa de variación de la calidad del semen, situación que sucede en climas continentales, en donde las variaciones térmicas toman un papel importante, temperaturas superiores a 30°C en un lapso de 72hs producen disminuciones

significativas en la cantidad de semen (Stone, 1982). El estrés crónico por calor ocurre varios meses después del inicio del estrés crónico y se refleja en una disminución muy marcada de la calidad de semen, e incluso la calidad seminal puede afectarse permanentemente (Flowers, 1997). Dicha respuesta se explicaría por mecanismos fisiológicos documentados en hombres, en donde las elevadas temperaturas producen una mayor liberación de corticoesteroides, niveles disminuidos de FSH, LH y testosterona, así como una menor capacidad de respuesta del eje Hipotálamo-hipófisis-gonadal (Larsson y col., 1983).

El fotoperiodo parece no afecta de forma significativa en la calidad seminal, a pesar de que al aumentar la intensidad y duración de la luz puede disminuir la edad de aparición de la pubertad, se ha observado que el exponer a verracos a 15hr de luz desde los 3 meses mejora la libido. Es recomendable mantener lapsos de 12-14hs de luz natural y de ser necesario complementar con luz artificial (Córdoba y col., 2016).

3.2.4. Ciclo lunar

La luna es un satélite natural que ha sido considerado desde tiempos ancestrales para diversas prácticas agrícolas, ganaderas y culturales. En la órbita la tierra, y de acuerdo con la luminosidad que esta refleja del sol, se distinguen ocho fases lunares que componen el ciclo lunar: 1) luna nueva o novilunio, 2) primera fase del cuarto creciente, 3) cuarto creciente, 4) luna gibosa creciente, 5) luna llena o plenilunio, 6) luna gibosa menguante, 7) cuarto menguante y 8) luna menguante. El ciclo sinódico de la luna en torno a la tierra dura 29 días, 12hs, 44 minutos y 2,8 segundos (Torres, 2012).

La luna tiene efectos secundarios sobre la tierra en cada una de sus fases, como afectar el comportamiento de los seres vivos, el movimiento de la savia de las plantas, las mareas debido a que ejerce una atracción sobre las masas de agua y la calidad de luz proyectada, afectando la cantidad de horas luz percibidas (Aguirre y col, 2019).

Dentro de este contexto, existe evidencia científica de que el ciclo lunar influye en la reproducción de peces, a través de la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal,

además produce fluctuaciones en las concentraciones de melatonina y corticosterona en aves (Zimecki, 2006). En ganadería, los estudios realizados se encaminan a la influencia del sexo de la cría de acuerdo con el calendario lunar, y Hernández (2014), encontró que, de cuarto menguante a luna nueva los partos son más sencillos con crías de menor tamaño, siendo hembras la mayoría de los animales nacidos, y de cuarto creciente a luna llena se obtuvo mayor cantidad de machos con partos complicados.

La influencia de las fases lunares en la reproducción se atribuye a los cambios periódicos en la iluminación nocturna, y variaciones en los campos electromagnéticos mismos que influyen en la secreción de melatonina (Welker y col., 1983). La luz interrumpe su liberación, por esta razón la amplitud de secreción de melatonina durante días con menores horas luz se interpreta como una señal inductora o supresora de la reproducción, debido a que produce una variación en la sensibilidad hipotalámica al efecto de retroalimentación negativa del estradiol; es así que, como señal inductora la melatonina disminuye el poder inhibitorio del estradiol al inducir la secreción pulsátil de GnRH, además, la melatonina inhibe el centro generador de pulsos de GnRH como señal supresora, lo cual aumenta la acción inhibitoria del estradiol (Zimecki, 2006; Correa y Fernández, 2017); a pesar de que la luz de la luna es débil, durante la luna llena las noches son más claras, lo cual se relaciona con mayores tasas de fecundación y partos (Pichazaca y Zhirzhán, 2023).

Se ha demostrado que el ciclo lunar afecta la calidad seminal de algunas especies de animales domésticos. En gallos (Díaz y col., 2024), se encontró que cuando hay luna nueva se produce una disminución en la calidad seminal; dentro del mismo contexto, en cabras se observó una mayor concentración espermática en luna llena (El-Tarabany y col., 2019), asimismo, en toros, Shestakov y col. (2021) encontraron una mayor producción de espermatozoides en esa fase. En verracos, Chinchilla y col. (2018) no encontraron diferencias en la concentración de espermatozoides durante el ciclo lunar, pero si en el volumen y en las dosis espermáticas obtenidas.

Aparentemente, la luna influencia las funciones biológicas de los mamíferos a través de la melatonina. Evidencias han demostrado que la luna durante su órbita alrededor de la tierra provoca cambios en el campo geomagnético terrestre (Bell and Defouw 1966; Stolov 1965). Estas variaciones pueden ser detectadas por los pinealocitos que responden modificando el patrón de secreción de melatonina (Seem et al., 1980; Welker, 1983; Reuss & Vollrath, 1983).

Los cambios en la calidad seminal pueden ser atribuidos a la variación en la producción y acción de la melatonina a nivel testicular, en donde en las células de Sertoli actúa en la regulación de la producción del lactato, sustrato indispensable para las células germinales, además influye en el crecimiento y proliferación de las células de Sertoli, promoviendo la producción de factor neutrófico derivado de la glía (GDNF) y otros genes relacionados con la espermatogénesis; la melatonina no solo regula procesos fisiológicos sino protege al testículo de procesos inflamatorios y generación de radicales libres (Rocha y col., 2014; Yang y col., 2014).

4. Metodología

4.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo con los datos de la granja comercial porcina, (PROPARCA C.A.) localizada en el municipio San Francisco del estado Zulia, Venezuela. La granja se dedica a la producción de cerdos para el mercado local y nacional, y consta de 1500 hembras reproductoras y 20 verracos.

4.2. Características climáticas de la zona

La granja está localizada en un área de bosque seco tropical, a 15 msnm, en la orilla occidental del Lago de Maracaibo. En el lugar existe una temperatura media anual de $29,6 \pm 0,5$ °C (mínima-máxima: $24,7 - 33,4$ °C), humedad relativa de $74,4 \pm 5,6$ % (rango: $68,1 - 84,3$ %) y un índice de temperatura humedad de 81,4. La Tabla 1 muestra las características climáticas del área y la división del año en tres épocas, en base a la humedad relativa.

Tabla 1. Temperatura, humedad relativa e índice temperatura humedad (ITH) en estación meteorológica cercana a la granja porcina (Fuente: Calatayud-Márquez y Quintero-Moreno, 2021).

Meses	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Época (humedad)	ITH
	Media	Máxima	Mínima			
Diciembre	28.93	32.87	23.59	74.60	Seca 68,7%	80.47
Enero	28.50	32.69	23.26	68.10		78.84
Febrero	29.01	33.42	23.26	64.86		79.14
Marzo	29.06	33.11	24.51	67.52		79.62
Abril	29.71	33.55	25.15	69.33	Intermedia 75,4%	80.81
Mayo	29.99	33.68	25.41	72.39		81.68
Junio	29.98	33.88	25.43	89.52		84.33
Julio	30.24	34.08	25.37	70.72		81.84
Agosto	30.32	33.92	25.33	76.53	Húmeda 79,0%	82.84
Septiembre	30.43	34.17	25.24	77.37		83.13
Octubre	29.33	32.73	24.75	81.52		82.05
Noviembre	29.32	32.63	24.96	80.74		81.86

4.3. Manejo de los reproductores

El presente estudio fue de carácter retrospectivo, se incluyeron 3.315 colectas de semen de 69 verracos con edades entre 12 y 36 meses, y pesos corporales entre 180 y 300 kg, provenientes de registros del periodo comprendido entre los años 2016 y 2022. Los animales se encontraban alojados en un área con confort térmico, y se alimentaron con alimento

concentrado para verracos elaborado por la propia compañía. Además, tuvieron disponibilidad de agua *ad libitum*, y fueron sujetos a un estricto programa sanitario y normas de bioseguridad.

4.4. Colecta y procesamiento de semen

Las colectas de semen se realizaron todos los días, aunque los verracos se colectaron para que cada uno fuera procesado una vez por semana. Esta actividad se llevó a cabo entre las 7:00 y 11:00 horas de cada día, mediante la técnica de la mano enguantada.

Previamente se realizó limpieza de la bolsa prepucial, librándola de restos de orina y fluidos. El eyaculado se colectó en un recipiente plástico de 500 ml con filtro, ubicado dentro de un termo a 37 °C. La fracción rica en espermatozoides se llevó inmediatamente al laboratorio y se colocó en baño María.

El volumen de eyaculado se determinó en una balanza electrónica y luego se convirtió a mililitros. La motilidad individual progresiva se valoró subjetivamente con un microscopio óptico (Nikon) a 10X. La concentración se obtuvo en una cámara de Neubauer a una magnitud de 40X. La intensidad del movimiento de los espermatozoides se evaluó en una escala del 0 al 5, donde 0 representa la ausencia de movimientos y 5 movimientos progresivos muy rápidos.

Los eyaculados que cumplieron los requerimientos mínimos de motilidad (≥ 3) y concentración ($\geq 24 \times 10^6$ espermatozoides) fueron diluidos en un diluyente comercial (MRA[®]) y envasados en botellas plásticas de 90 ml con una solución seminal de 6×10^6 espermios por dosis. Las dosis obtenidas se mantuvieron a temperatura del laboratorio (22-25 °C) por dos horas protegidas de la luz. Luego se almacenaron en una refrigeradora a 15-18 °C, y luego de 18 horas se utilizaron para la inseminación de las hembras en celo.

4.5. Información sobre el ciclo lunar

La información sobre la fracción iluminada de la luna se obtuvo en el Observatorio Naval US (<https://aa.usno.navy.mil/data/MoonFraction>). De acuerdo con el porcentaje de luminosidad

de la luna el ciclo lunar (29,53 días) se dividirá en ocho periodos de aproximadamente 3,7 días cada uno: 1) de luna nueva a luna creciente, 2) de luna creciente a primer cuarto, 3) de primer cuarto a luna gibosa creciente, 4) de luna gibosa creciente a luna llena, 5) de luna llena a luna gibosa menguante, 6) de luna gibosa menguante a tercer cuarto, 7) de tercer cuarto a luna menguante y 8) de luna menguante a luna nueva.

4.6. Variables de estudio y análisis estadístico

Se considerarán como variables independientes el período lunar, número de ciclo lunar, época, raza y año, y como variables dependientes el volumen del eyaculado, motilidad individual progresiva, concentración espermática, número total de espermatozoides y dosis obtenidas. Estas variables serán transformadas al log10, y el efecto del ciclo lunar y la época se analizará mediante análisis de varianza utilizando el modelo lineal general del programa estadístico SAS (SAS®; Versión 9.3; SAS Instituto, Inc., Cary, NC, USA). Las medias se compararán con la prueba de los mínimos cuadrados del SAS. Se considerarán significativos los valores $p < 0,05$, mientras que los comprendidos entre 0,051 y 0,1 se considerarán tendencia estadística.

5. Resultados

5.1. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre el volumen eyaculado

El volumen de eyaculado no fue afectado por la época ($P = 0,8228$) ni por el ciclo lunar ($P = 0,7831$). De acuerdo con la época el volumen de eyaculado varió entre 250,7 y 253,4 ml (Figura 1, panel A), mientras que por efecto del ciclo lunar varió entre 265 y 271 ml (Figura 1, panel B).

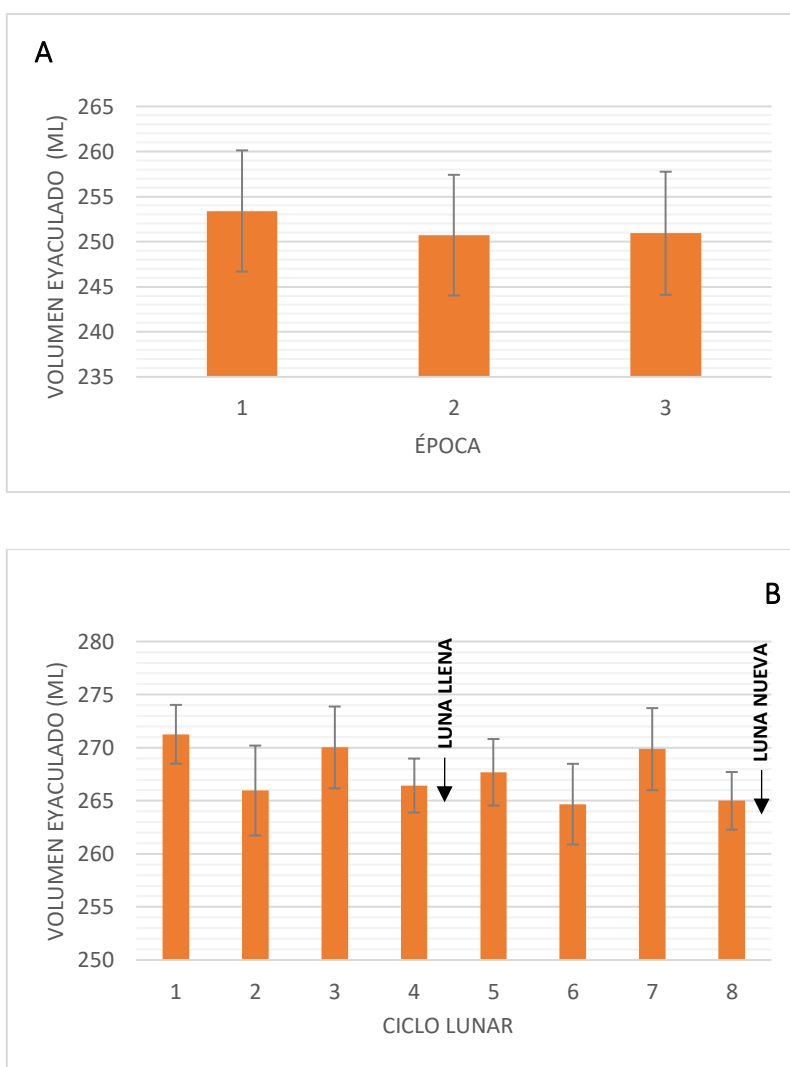


Figura 1. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B), sobre el volumen del eyaculado.

5.2. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre la motilidad individual progresiva

La época del año no tuvo influencia sobre la motilidad individual progresiva de los eyaculados evaluados ($P = 0,7956$) (Figura 2, panel A). Del mismo modo, el ciclo lunar no influenció la motilidad individual progresiva ($P = 0,7831$) (Figura 2, panel B).

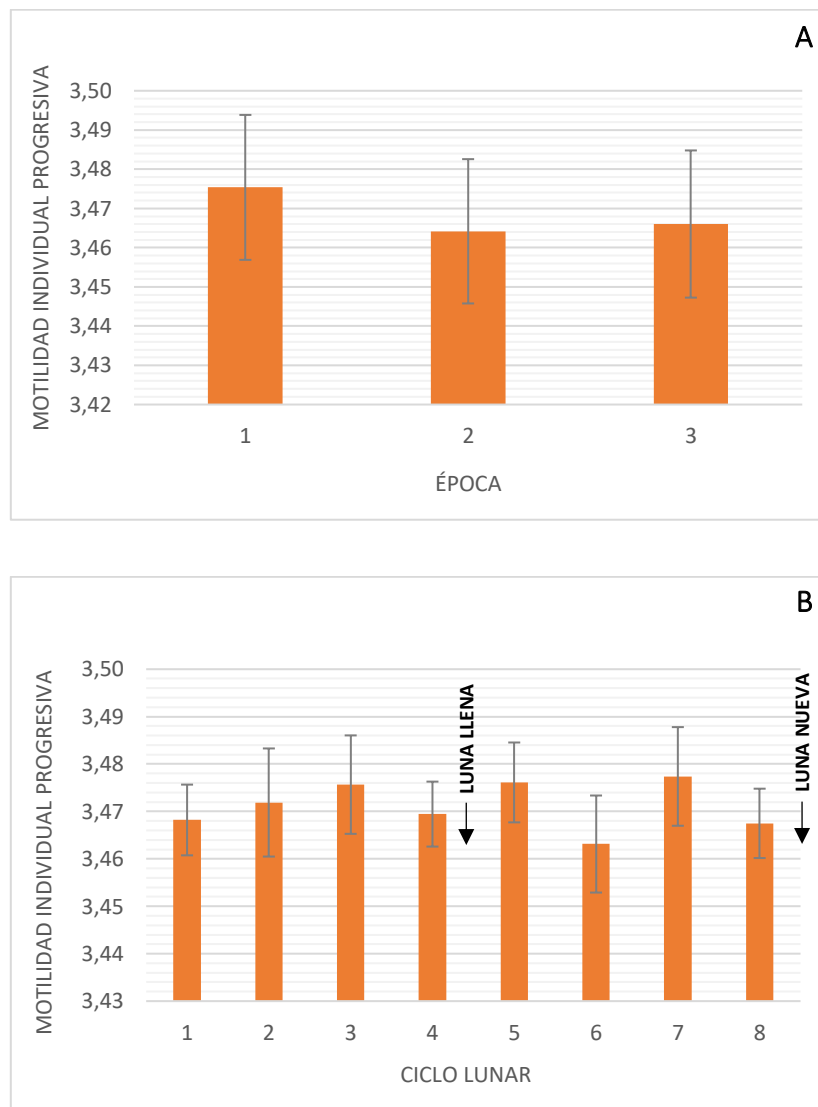


Figura 2. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre la motilidad individual progresiva.

5.3. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre la concentración espermática

La concentración espermática fue influenciada por la época del año. Se evidenció una diferencia estadística entre la época intermedia y la húmeda (291 vs $278 \times 10^6/\text{ml}$; $P=0,0301$) respectivamente (Figura 3, panel A). La fase del ciclo lunar afectó la concentración

espermática, evidenciándose una concentración más baja en la fase 6 ($282,9 \times 10^6/\text{ml}$), que fue menor a las demás fases del ciclo lunar ($>289,1 \times 10^6/\text{ml}$; $P < 0,05$), con excepción de la fase 2 (Figura 3, panel B).

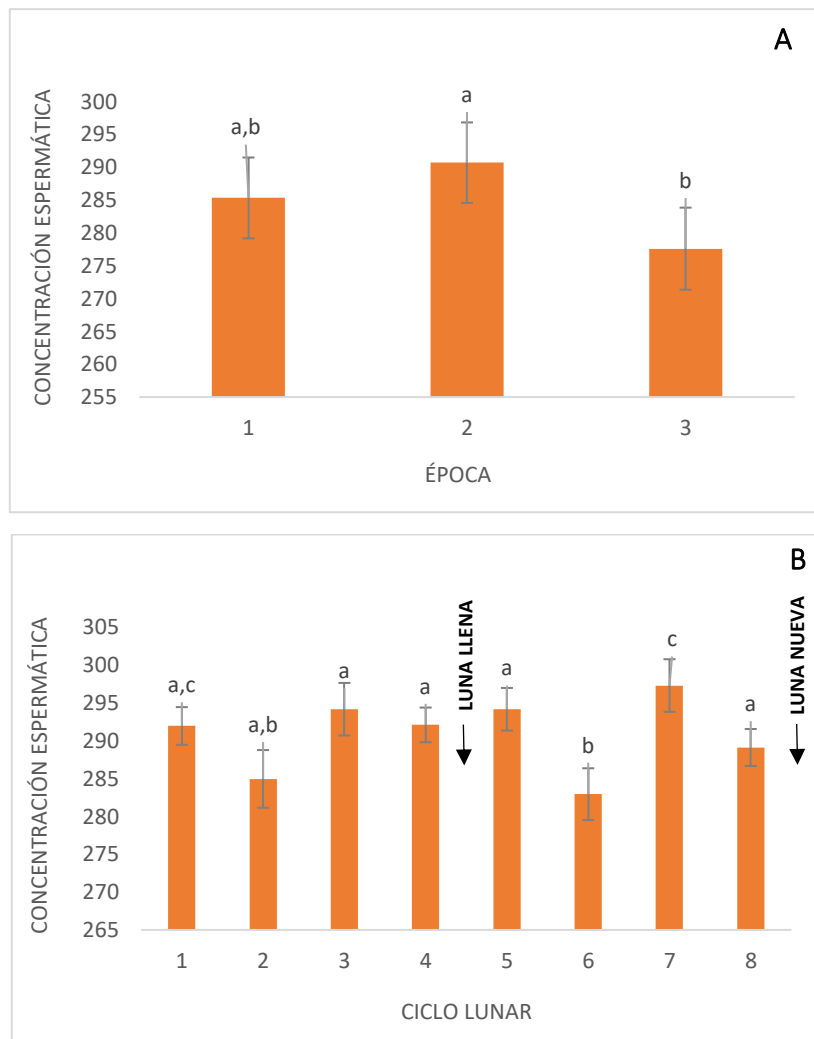


Figura 3. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre la concentración espermática ($\times 10^6$). Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos ($a-b,c$, $p < 0,05$).

5.4. Influencia de la época del año y el ciclo lunar sobre el número total de espermatozoides y dosis obtenidas

El total de espermatozoides no fue afectado por la época del año ($P=0,4571$), mismo que varió entre 70 y 72 (Figura 4, panel A), no obstante, fue influenciado en todas las fases lunares, encontrándose mayor cantidad de espermatozoides en la fase 7 (78,80) y menor cantidad en la fase 6 (74,59) ($P=0,003$). El total de espermatozoides varió entre fases,

mostrando diferencia estadística entre la fase 2 vs fase 1, 3 y 5 (74,65 vs 77,74; 77,87 y 77,69) (Figura 4, panel B).

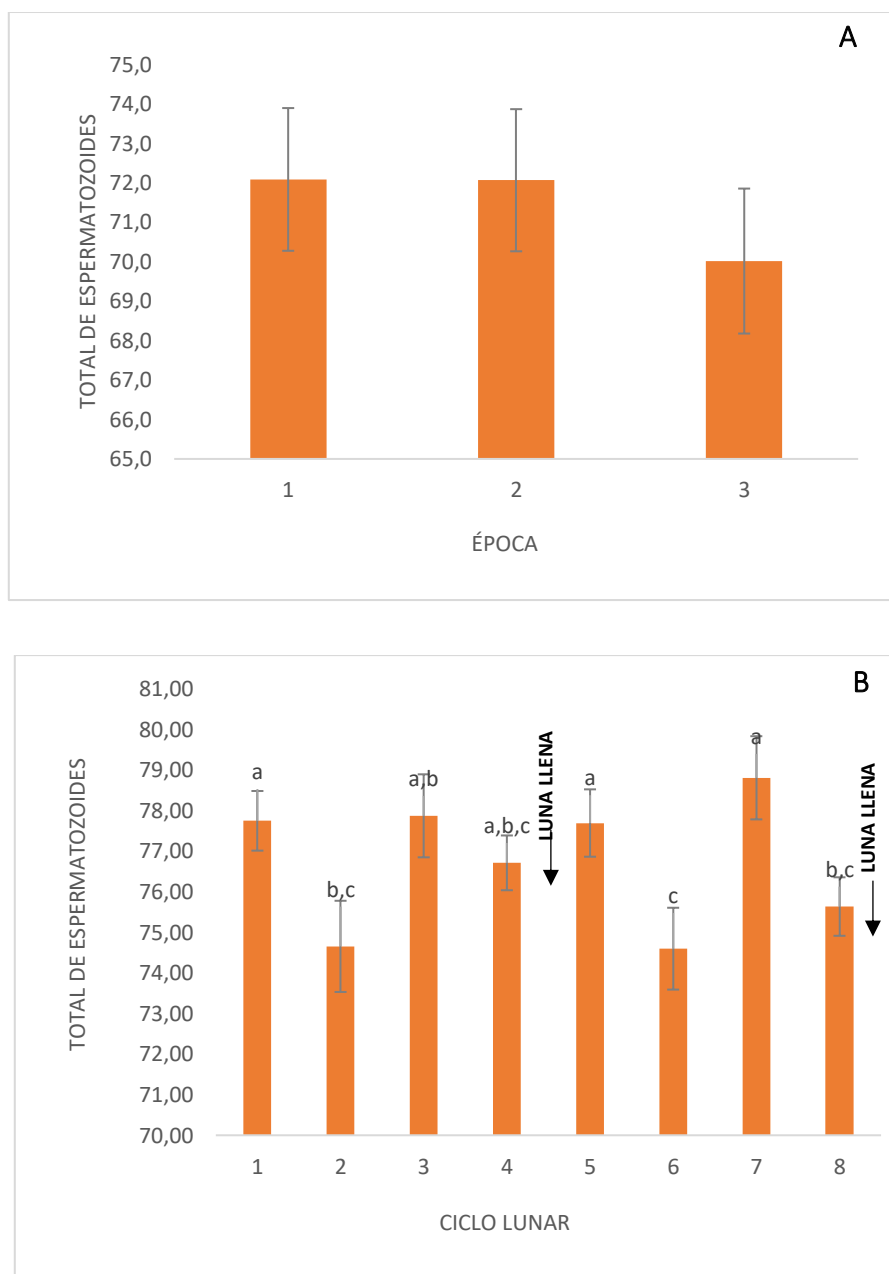


Figura 4. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre el número total de espermatozoides. Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos (^{a-b,c}, $p < 0,05$).

Las dosis obtenidas no fueron afectadas por la época del año ($P=0,4571$), el número de dosis varió entre 23 y 24 (Figura 5, panel A), no obstante, fueron influenciadas en todas las fases lunares, obteniéndose mayor número de dosis en la fase 7 (26,26) y menor cantidad en las

fases 6 y 2 (24,86; 24,88) ($P=0,0033$; $P=0,0068$). Además, se encontró diferencia estadística ($p<0,05$) entre la fase 8 vs fase 1, 5 y 7 (25,21 vs 25,91; 25,89 y 26,26) (Figura 5, panel B).

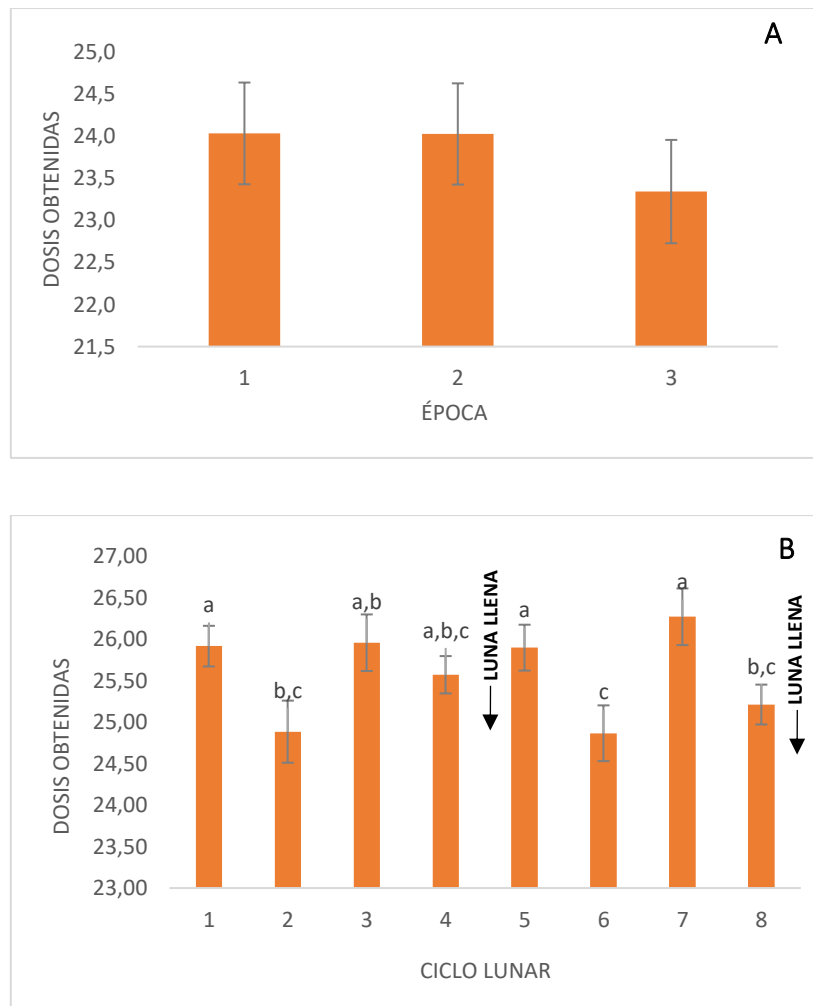


Figura 5. Influencia de la época del año (Panel A) y del ciclo lunar (Panel B) sobre el número de dosis obtenidas. Diferentes letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los grupos ($a-b-c$, $p < 0,05$).

6. Discusión

Varios estudios han registrado la influencia que tiene la época del año en la producción seminal de la especie porcina (Koprianiuk y col., 2014; Fraser y col., 2016), no obstante, la información sobre la influencia de la época no es tan abundante y la del ciclo lunar es bastante escasa. Por esta razón el presente estudio estudió la influencia de la época del año y del ciclo lunar sobre parámetros seminales como el volumen del eyaculado, motilidad individual progresiva, concentración espermática, número total de espermatozoides y dosis obtenidas.

6.1. Influencia de la época del año

Científicamente se ha determinado que los cambios estacionales afectan la producción seminal, especialmente en la época de verano en donde se han visto disminuidos tanto la calidad como la cantidad de espermatozoides por eyaculado (Fuerst y col., 2006; Sabés-Alsina y col., 2019, Rungruangsak y col., 2021). En porcinos se ha estudiado con mayor énfasis el efecto que tienen las temperaturas ambientales superiores a la de la zona termoneutral y la repercusión que tiene en la espermatogénesis, dicho efecto se traduce en eyaculados con menor cantidad de espermatozoides, disminución de la motilidad y la capacidad fértil, así como mayores anomalías morfológicas (Flowers, 2021).

En el presente trabajo la época del año no tuvo influencia sobre el volumen del eyaculado, resultados que concuerdan con lo reportado por Calatayud y Quintero (2021), quienes no encontraron significancia estadística en el volumen del eyaculado en los meses de estudio, aunque encontraron una propensión numérica mayor en marzo (283,4 ml), el cual es mayor al obtenido en nuestro estudio en el primer trimestre del año (253 ml).

En el mismo contexto, no se encontró diferencia estadística en la motilidad individual progresiva, ni en el número total de espermatozoides o las dosis obtenidas durante el periodo estudiado, lo cual puede deberse posiblemente a una respuesta adaptativa rápida de los verracos (Rivera y col., 2005). Nuestros resultados difieren con los datos de Calatayud y Quintero (2021), quienes encontraron variación en la motilidad individual entre los meses de

julio y diciembre, que fue menor en comparación con el resto de los meses del año; en el mismo estudio (Calatayud y Quintero, 2021) se obtuvieron valores superiores en el total de espermatozoides ($94,5 \times 10^9$) y en el número de dosis obtenidas (31,5) en el mes de enero, difiriendo notablemente de nuestros resultados para el primer cuatrimestre del año (72×10^9 - total de espermatozoides y 24 dosis). Sin embargo, nuestros valores son similares a los mínimos obtenidos en el estudio antes mencionado en los meses de noviembre y diciembre ($72,8 \times 10^9$ y $69,3 \times 10^9$; 24,2 y 23,1) respectivamente.

La época del año tuvo influencia sobre la concentración espermática ($P < 0,05$), obteniéndose mayor concentración en la época intermedia (abril, mayo, junio y julio) que en la época húmeda (291 vs 278×10^6 / ml respectivamente), donde las temperaturas ambientales fueron mayores (29 y 30 °C respectivamente). Estos resultados se explicarían con la información descrita por Flowers (1997, 2019), quien menciona que durante el estrés calórico crónico la disminución inicial de la concentración espermática, así como la recuperación en la producción de espermatozoides se prolonga considerablemente en el tiempo. Debido a ello se evidencia una calidad seminal más baja varios meses después de producirse el estrés calórico, e inclusive puede no recuperarse la espermatogénesis normal en algunos porcinos sometidos a altas temperaturas ambientales. Esta situación es diferente cuando el estrés es agudo, la producción normal de espermatozoides disminuye dentro de las dos semanas posteriores y tarda aproximadamente 5 a 6 semanas en retornar al nivel normal (Wettemann y col., 1979).

Estudios realizados en condiciones de trópico similares a las del presente trabajo indican que temperaturas elevadas mayores a 33°C tienen un efecto nocivo en la calidad y producción seminal durante los meses de septiembre a diciembre (Fuentes y col., 1992; Calatayud y Quintero, 2021), información que concuerda con nuestros resultados en donde los menores índices se obtuvieron en la época húmeda (septiembre, octubre, noviembre y diciembre).

Cabe recalcar que el clima varía según la localización geográfica y que las temperaturas elevadas durante determinados meses del año influyen negativamente en la

espermátogénesis de cerdos (Argenti y col., 2018), al igual que en ratones (Li y col., 2013), bajo la suposición de que las funciones reproductivas disminuidas son el resultado del aumento de corticosteroides (Flowers, 2021).

6.2. Influencia del ciclo lunar

El interés de la influencia del ciclo lunar sobre las características seminales en porcinos surge de la falta de información para esta especie. Los escasos estudios publicados sobre este tema se han realizado en especies como peces (Valente de Olivera, 2009; Golmoradizadeh y col., 2021; Perea y col., 2022), aves (Díaz y col., 2024), cobayas (Perea y col., 2024a), bovinos (Aguirre y col., 2021; Shestakov y col., 2021; Perea y col., 2024b), y cabras (El-Tarabany y col., 2019; El-Darawany y col., 2021). Solo hay un estudio publicado del efecto de la fase lunar sobre la calidad seminal de verracos en climas templados (Chinchilla y col., 2018).

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que el ciclo lunar influyó en algunos parámetros seminales (concentración espermática, total de espermatozoides y número de dosis), sin afectar el volumen y motilidad individual progresiva.

La concentración espermática, varió durante las fases lunares, obteniendo menor concentración en la fase 6, en comparación con las otras fases. Además, se evidenció diferencia estadística entre las fases 2 y 7 (285 vs 297×10^6 /ml), estos resultados difieren con los de Chinchilla y col. (2018), quienes en su estudio sobre el análisis del efecto de la luna y el clima sobre el eyaculado de verracos no encontraron cambios en la concentración de espermatozoides en ninguna fase lunar. En el mismo contexto, difiere con lo descrito en cabras por El-Tarabany y col. (2019), que obtuvieron mayor concentración espermática en la fase de luna llena. De la misma manera en toros la actividad espermática fue mayor en luna llena que en luna nueva (Shestakov y col., 2021), y en aves se demostró que la calidad seminal disminuyó en luna nueva (Díaz y col., 2024).

El ciclo lunar influyó en las dosis obtenidas, que determinó un mayor número de dosis en la fase 7 y menor cantidad en la fase 6 y fase 2, resultados que difieren con Chinchilla y col. (2018), quienes dividieron el ciclo lunar en cuatro fases (luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante) y observaron que cuando estudiaron el efecto lunar al inicio de la espermatogénesis obtuvieron más dosis durante cuarto creciente y menos durante luna nueva; mientras que cuando consideraron el efecto lunar en el día de la colecta obtuvieron mayor número de dosis en cuarto menguante y menor número en luna llena.

El número total de espermatozoides varió a lo largo de las fases lunares, encontrándose una mayor cantidad de espermatozoides en la fase 7 y menor cantidad en la fase 2 ($p < 0,05$), similar a lo encontrado en toros por Vilanova y col. (2016), quienes obtuvieron menor porcentaje de eyaculados descartados en la fase de luna menguante, bajo la justificación de que en la etapa de menor luminosidad la composición del plasma varía mejorando la calidad del eyaculado; información que difiere con Shestakov y col. (2021) quienes obtuvieron mayor producción de espermatozoides en la fase luna llena.

Los cambios registrados en los parámetros seminales pueden justificarse por la hipótesis propuesta por Nishimura y Fukushima (2009) quienes indicaron que los efectos del ciclo lunar en los animales se asocian a la recepción de las variaciones en los campos geomagnéticos (magnetorecepción), pues la sensibilidad de la magnetorecepción aumenta con la intensidad lumínica durante luna llena.

Otra alternativa a estos cambios son las fluctuaciones de melatonina durante las diferentes fases lunares por la intensidad lumínica de la luna (Díaz y col., 2024). La glándula pineal es la encargada de sintetizar la melatonina durante la fase oscura del fotoperiodo (Ramadán y col., 2008), dicha glándula es capaz de captar cambios en el campo electromagnético terrestre, debido a que ejerce una acción en los iones de calcio de los pinealocitos que intervienen en la conversión de serótonina en melatonina (Revueltas y col., 2014). De esta manera, los cambios originados en la glándula pineal debido al ciclo lunar influyen la secreción de melatonina ocasionando cambios en el patrón de secreción de esta hormona.

Esto se ha evidenciado en algunas especies como ratas, en las cuales se ha documentado que las fases del ciclo lunar producen cambios tanto morfológicos como funcionales en los pinealocitos alterando la secreción de melatonina. Martínez y col. (2002 a, b) encontraron mayor cantidad de melatonina en luna llena vs luna nueva. En salamandras se ha demostrado que la magnetorecepción dependiente de luz se localiza en la glándula pineal (Deutschlander y col., 1999) así como en humanos (Henshaw y Reiter, 2005).

La función de la melatonina en la actividad testicular se debe a la acción antioxidante que ésta posee, eliminando radicales libres de manera eficaz, mostrando una función protectora; lo mismo se ha evidenciado en carneros y cabras sometidos a tratamientos con melatonina, en los que se comprobó una mejoría en el desarrollo testicular y calidad espermática (Ramadan y col., 2009; Casao y col., 2010; Pool y col., 2020). Dentro del mismo contexto, en peces, específicamente en el lenguado senegalés, se encontró una alta sensibilidad a la luz de la luna sugiriendo que la melatonina actúa como un transductor del ciclo lunar en esta especie, evidenciándose además una sincronización en los ritmos de reproducción de dicha especie (Valente de Olivera, 2009).

Conclusiones

La época del año no influyó en el volumen espermático ni motilidad individual progresiva, sin embargo, tuvo efecto en la concentración espermática, evidenciándose mayor concentración en la época intermedia.

La luna afectó algunos parámetros seminales, particularmente sobre la concentración espermática, número total de espermatozoides y número de dosis de inseminación, que fueron mayores en el período 7 del ciclo lunar, es decir, en la segunda mitad de la fase menguante.

Referencias

- Aguirre, A.A., Palomares, R.A., De Ondiz, A.D., Soto, E.R., Perea M.S., Hernández-Fonseca, H.J., y Perea, F.P. (2021). Lunar cycle influences reproductive performance of crossbred Brahman cow under tropical conditions. *Journal of Biological Rhythms*, 36: 160-168. <https://doi.org/10.1177/0748730420983638>
- Aguirre, E.L., Uchuari, M.L., Ureña, J. y Rosillo, C. (2019). Influencia de las fases lunares como una herramienta de medición de acontecimientos reproductivos. Primera aproximación. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(2): 85-92. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812019000200007
- Alonge, S., Melandri, M., Leoci, R., Lacalandra, G.M., Caira, M., y Aiudi, G.G. (2019). The effect of dietary supplementation of Vitamin E, Selenium, Zinc, Folic Acid, and N-3 polyunsaturated fatty acids on sperm motility and membrane properties in dogs. *Animals*, 9(2): 34. <https://doi.org/10.3390/ani9020034>
- Aranguren, J.A., Román, R., Briceño, R.A., Briceño, M.G., Núñez, E.K., y Perea, F.P. (2023). Month and lunar cycle at calving influence and reproductive performance of a tropical buffalo herd. *Revista Científica*, 33(esp. suppl.): 260. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-wbc109>
- Argenti, L.B., Parmeggiani, B.S., Leiptnitz, G., Weber, A., Pereira, G.R., y Bustamante, I.C. (2018). Effect of season on boar semen parameters and antioxidant enzymes in the south subtropical in region in Brazil. *Andrologia*, 50: e12951. <https://doi.org/10.1111/and.12951>
- Auler, P.A., Moreira, G.H.F.A., Hogg, C.O., Ashworth, C.J., Bortolozzo, F.P., Chiarini-Garcia, H. y Almeida, F.R.C.L. (2017). Testicular parameters and spermatogenesis in different

birthweight boars. *Reprod Fertil Dev* 29(9): 1720–1728.

<https://doi.org/10.1071/rd16164>

Barrera, L.M. (2013). Evaluación de la ganancia de peso en lechones destetados utilizando inmuno-castración frente a la castración quirúrgica. [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. *Repositorio digital*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5720/1/UPS-CT002805.pdf>.

Bell, B., y Defouw, R.J. (1966). Dependence of the lunar modulation of geomagnetic activity on the celestial latitude of the moon. *Journal of Geophysical Research*, 71: 951–957.
<https://doi.org/10.1029/JZ071i003p00951>

Brito, L.F.C., Althouse, G.C., Aurich, C., Chenoweth, P.J., Eilts, B.E., Love, C.C., Luvoni, G.C., Mitchell, J.R., Peter, A.T., Pugh, D.G., y Waberski, D. (2016). Andrology laboratory review: Evaluation of sperm concentration. *Theriogenology*, 85(9): 1507-1527.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.01.002>

Calatayud, D., y Quintero, A. (2021). Características seminales de verracos alojados en ambiente controlado ubicado en trópico cálido. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i4.19112>

Casao, A., Vega, S., Palacín, I., Pérez, R., Laviña, A., Quintín, F.J., Sevilla, E., Abecia, J.A., Cebrián, J.A., Forcada, F., y Muñino, T. (2010). Effects of melatonin implants during non-breeding season on sperm motility and reproductive parameters in Rasa Aragonesa rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 45(3): 425-32.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01215.x>

Cheah, Y. y Yang, W. (2011). Functions of essential nutrition for high quality spermatogenesis. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2(4): 182–197. 10.4236/abb.2011.24029

Chinchilla, J., Kerns, K., y Rothschild, M.F. (2018). Lunar and climatic effects on boar ejaculate traits. *Animal Reproduction Science*, 193: 117-125.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.04.006>

Córdova, A., Pérez, J.F., Méndez, W., Villa, A., y Huerta, C. (2016). Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en la unidad de producción mexicana. *Revista Veterinaria*, 26 (1): 69-74. <https://doi.org/10.30972/vet.261253>

Correa, L.M., y Fernández, J.L. (2017). Influencia de la Melatonina sobre la fisiología y la conducta de ungulados. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 9(3): 337-350.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.298>

Del Valle, A. (2017). Evaluación de la calidad espermática de sementales porcinos utilizados en la amonta natural. *REDVET*, 18(10).
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470023.pdf>

Deutschlander, M.E., Phillips, J.B., y Borland, S.C. (1999). The case for light dependent magnetic orientation in animals. *Journal of Experimental Biology*, 202:891e908.
<https://doi.org/10.1242/jeb.202.8.891>

Díaz, E., Delgado, J.V., González, A., León, J.M., Arbulú, A.A., y Navas, F.J. (2024). Effects of meteorology and lunar cycle on the post thawing quality of avian sperm. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1394004>

El-Darawany, A.H.A, El-Tarabany, M.S., Al-Marakby, K.L., y Atta, M.A. (2021). Effect of lunar cycle on some reproductive aspects of female goats. *Biological Rhythm Research*, 52: 355-366. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1600264>

El-Tarabany, M.S., El-Darawaby, A.A., El-Tarabany, A.A., y AL-Marakby, K.M. (2019). Impact of lunar phase at birth on testicular morphology, semen characteristics and blood

chemistry of male goats. *Biological Rhythm Research*, 52(3);434-443.

<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1607214>

Fárez, K.Y., y Quezada, J.G. (2024). *Estudio retrospectivo de la influencia del ciclo lunar sobre la producción de huevos fértiles en gallinas reproductoras pesadas en una granja comercial en el período 2016 a 2021* [tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].

Repositorio

Institucional

UCUENCA.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/43603>

Flowers, W. (2020). Reproductive management of swine. En F.W. Bazer, C. Lamb, y G. Wu, *Animal Agriculture* (283-297). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00016-1>.

Flowers, W.L. (2015). Factors affecting the efficient production of boar sperm. *Reproduction of Domestic Animals*, 50 (Supl. 2): 25–30. <https://doi.org/10.1111/rda.12529>

Flowers, W.L. (2022). Factors affecting the production of quality ejaculates from boars. *Animal Reproduction Science*, 246: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106840>

Flowers, W.L., (1997). Management of boars for efficient semen production. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 52: 67–78.

Fraser, L., Strzeek, J., Filipowicz, K., Mogielnicka-Brzozowska, M., y Zasiadczyk, L. (2016). Age and seasonal-dependent variations in the biochemical composition of boar semen. *Theriogenology*, 86: 806-816. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.02.035>

Fuentes, P.A.R., de Serrano, G.L., de Manzano, M.R., Regeiro, C., y Valle, A. (1993). Effect of season on semen traits of boar in the tropics. *Zootecnia Tropical*, 10(1): 51-64. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19940100119>

Fuerst-Wattl, B., Schwarzenbacher, H., Perner, C., y Sölkner, J. (2006). Effect of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental

bull. *Animal Reproduction Science*, 95 (1-5): 27–37.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.09.002>

Geisert, R., Sutvosky, P., Lucy, M.C., Bartol, F.F., y Meyer, A.E. (2020). Reproductive Physiology of Swine. En F.W. Bazer, C. Lamb, y G. Wu, *Animal Agriculture* (263-281). *Animal Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00015-X>.

Gerasimov, A.V., Kostyuchenko, V.P., Solovieva, A.S., y Olovnikov, A.M. (2014). Pineal gland as an endocrine gravitational lunasensor: manifestation of moon-phase dependent morphological changes in mice. *Biochemistry (Mosc)*, 79, 1069-1074. <https://doi.org/10.1134/S0006297914100083>

Godoy, N.C., da Silva, P.R., Santos, K.C., Flamini, M.A., Barbeito, C.G., Ambrosio, C.E., Miglino, M.A., y dos Santos, D. (2014). Seasonal variations cause morphological changes and altered spermatogenesis in the testes of viscacha (*Lagostomus maximus*). *Animal Reproduction Science*, 149(3 y 4): 316-324. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.007>

Golmoradzadeh, A., Noori, A., y Amiri, B.M. (2021). Physiological effects of the lunar cycle on the spawning of a coral reef fish, *Abudefduf Vaigiensis*: in vivo and in vitro trait. *Coral Reefs*, 40: 1757–1767. <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02183-x>

Henshaw, D.L., y Reiter, R.J. (2005). Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? *Bioelectromagnetics* 7, S86e97. <https://doi.org/10.1002/bem.20135>

Hernández, D. (2014). Fases lunares y su influencia en la concepción, parto y sexo de las crías en vacas lecheras en la hacienda el milagro, municipio de Caluco departamento de Sonsonate, El Salvador [tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. *Repositorio*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7146/1/13101568.pdf>

- Horák, F., y Potucek, M. (1978). The effect of the lunar phase of the moon on the sexual activity of ewes. *Zivocisna Vyroba*, 23, 743-749.
- Jainudeen, M.R. y Hafez, E.S.E. (1993). Gestation, prenatal physiology, and parturition. En: Hafez, E.S.E., *Reproduction in Farm Animals, sixth ed* (213–236). Lea and Febiger, Philadelphia, USA.
- Kollerstrom, N. (2004). Lunar effect on thoroughbred mare fertility: an analysis of 14 years of data, 1986-1999. *Biological Rhythm Research*, 35, 317-327.
<https://doi.org/10.1080/0929-1010400000624>
- Koprianiuk, A., Kondracki, S., Wysokińska, A., Iwanina M, y Serew, D. (2014). Season-dependent characteristics of insemination boar ejaculates. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*, 15: 31-40. https://www.researchgate.net/publication/302268102_SEASON-DEPENDENT_CHARACTERISTICS_OF_INSEMINATION_BOAR_EJACULATES
- Li, X.X., Chen, S.R., Shen, B., Yang, J.L., Ji, S.Y., Wen, Q., Zheng, Q.S., Li, L., Zhang, J., Hu, Z.Y., Huang, X.X., y Liu, Y.X. (2013). The heat-induced reversible change in the blood-testis barrier (btb) is regulated by the androgen receptor (ar) via the partitioning-defective protein (Par) polarity complex in the mouse. *Biology of Reproduction*, 89: 12.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod.-113.109405>
- Lugar, D.W., Lucy, M.C., Proctor, J.A., Safranski, T.J., y Stewart, K.R. (2018). In utero heat stress causes reduced testicular area at puberty, reduced total sperm production and increased sperm abnormalities in boars. *Animal Reproduction Science*, 192: 126–135.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.02.022>
- Luna, L. 2020. Efecto de la inmunocastración en los parámetros reproductivos del cerdo. [tesis de pregrado, Escuela Politécnica Superior del Chimborazo]. *Repositorio digital*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17531>

- Martínez, F., Armañanzas, E., Ruíz, A., y Valverde, A.A. (2002a). Influence of light/dark, seasonal and lunar cycles on the nuclear size of the pinealocytes of the rat. *Histology and Histopathology*, 17, 205-212. <https://doi.org/10.14670/HH-17.205>
- Martínez, F., Armañanzas, E., Ruíz, A., y Valverde, A.A. (2002b). Influence of light/dark, seasonal and lunar cycles on serum melatonin levels and synaptic bodies number of the pineal gland of the rat. *Histology and Histopathology*, 17, 213-222. <https://doi.org/10.14670/HH-17.213>
- McCoord, S.A., Wise, T.H., Lunstra, D.D., y Ford., J.J. (2003). Stereological evaluation of Sertoli cell ontogeny during fetal and neonatal life in two diverse breeds of swine. *Endocrinology*, 178(3), 395-403. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1780395>
- Molina, M., Llamas, P.J., Argente, M.J., García, M.L. (2022). Estudio del tipo de alojamiento y de las condiciones ambientales sobre la calidad espermática porcina. En S., García y M., Serrano, *III Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria (CUISA)* (106-115).
- Nishimura, T., y Fukushima, M. (2009). Why animals respond to the full moon: magnetic hypothesis. *Bioscience Hypotheses*, 2(6), 399-401. <https://doi.org/10.1016/j.bihy.2009.06.006>
- Palacios, C., y Abecia, J.A. (2014). Does lunar cycle affect lamb production after artificial insemination in sheep? *Biological Rhythm Research*, 45(6), 869-873. <https://doi.org/10.1080/09291016.2014.923621>
- Perea, F.P., Hernandez-Fonseca, H.J., Esteves, A.C., Correia, J.L.A., Nogueira, A.C., y Villamediana-Monreal, P.C. (2024b). Moon cycle influences pregnancy rate and pregnancy losses following transfer of bovine embryos produced in vitro. *Reproduction, Fertility and Development*, 36, 218-218. <https://doi.org/10.1071/RDv36n2Ab130>

- Perea, M.F., Fernández, E.A., Garzón, J.P., Rosales, C.A., Hernández-Fonseca, H., Perdomo, D.A, y Perea, F.P. (2024a). The moon cycle influences reproductive and productive traits in guinea pigs (*Cavia porcellus*) from a tropical Andean area. *Chronobiology International*, 41, 127-136. <https://doi.org/10.1080/07420528.2023.2294044>
- Perea, M.F., Perdomo, D.A., Corredor, Z.A., González, M., Hernández-Fonseca, H., y Perea, F.P. (2022). Lunar cycle influences production of tilapia (*Oreochromis spp*) eggs in an intensive outdoor production system in the tropics. *Journal of Biological Rhythm*, 37, 177-184. <https://doi.org/10.1177/07487304211069453>
- Pichazaca, W.E., y Zhrzhan, L.E. (2023). Efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre variables reproductivas en porcinos [tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. *Repositorio Institucional*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/42926>
- Pool., K.R., Rickard, J.P., Tumeth. E., y de Graaf, S.P. (2020). Treatment of rams with melatonin implants in the non-breeding season improves post-thaw sperm progressive motility and DNA integrity. *Animal Reproduction Science*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106579>
- Rahman, B.M., Schellander, K., Llamas, N., y Van Soon, A. (2018). Heat stress responses in spermatozoa: mechanisms and consequences for cattle fertility. *Theriogenology*, 113, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.012>
- Rahman, K.M., Lovich, J.E., Lam, C., Camp, M.E., Wiley, A.A., Bartol, F.F., y Bagnell, C.A. (2014). Nursing supports neonatal testicular development. *Domestic Animal Endocrinology*, 48, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2014.02.006>
- Ramadan, T., Taha, T., Samak, M., y Hassa, A. (2009). Effectiveness of exposure to longday followed by melatonin treatment on semen characteristics of Damascus male goats

- during breeding and non-breeding seasons. *Theriogenology*, 71(3), 458-68.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.07.029>
- Reuss, S., Semm, P., y Vollrath, R. (1983). Different type of magnetically sensitive cells in the rat pineal gland. *Neuroscience Letters*, 40, 23-26. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(83\)90086-1](https://doi.org/10.1016/0304-3940(83)90086-1)
- Revueltas Agüero, M., Avila Roque, I., Baqués Merino, R. y Beltrán Reguera, R.C. (2014). Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su impacto sobre la salud de los seres humanos. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 210–227. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032014000200007&lng=es&nrm=iso
- Rivera, M.M., Quintero, A.A., Barrera, X., Palomo, M., Rigau, T., y Rodríguez, J.E. (2005). Natural Mediterranean photoperiod does not affect the main parameters of boar semen quality analysis. *Theriogenology*, 54, 934-946.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.01.001>
- Rocha, C.S., Martins, A.D., Rato, L., Silva, B.M., Oliveira, y P.F., Alves, M.G. (2014). Melatonin alters the glycolytic profile of Sertoli cells: implications for male fertility. *Molecular Human Reproduction*, 20, 1067-1076. <https://doi.org/10.1093/molehr/gau080>
- Rungruangsak, J., Sangkaphet, S., Buranaamnuay, K., Pongpeng, P., y Tummaruk, P. (2021). Boar sperm production in a tropical environment. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 51(2): 213-220
<https://digital.car.chula.ac.th/cgi/viewcontent.cgi?article=3112&context=tjvm>
- Sabés-Alsina, M., Lundeheim, N., Johannisson, A., López-Béjar, M., y Morrell, J.M. (2019). Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: a retrospective analysis. *Journal of Dairy Science*, 102(6): 5623–5633.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15837>

Seem, P., Schneider, T., y Vollhrath, L. (1980). Effects of an earth-strength magnetic field on electrical activity of pineal cells. *Nature*, 288, 607-608.
<https://doi.org/10.1038/288607a0>

Sevilla, F., Calderón, J., Barquero, V., y Valverde, A. (2023). Efecto de la suplementación con vitaminas liposolubles sobre los patrones de movilidad y cinética en semen de verraco. *Revista de Iniciación Científica*, 9(1), 7. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v9.1.3762>

Shestakov, V.M., Ermoshina, E.V., Korolev, V.B., Pimkina, T.N., y Koroleva, E.V. (2021). Variability of the generative function of bulls of different breeds and their tolerance in connection with the change in the lunar phases. *Earth and Environmental Science*, 852, 012095. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012095>

Stolov, H.L. (1965). Further investigations of a variation of geomagnetic activity with lunar phase. *Journal of Geophysical Research*, 70, 4921-4926.
<https://doi.org/10.1029/JZ070i019p04921>

Stone, B.A. (1982). Heat induced infertility in boars: the inter-relationship between depressed semen output and fertility and an estimation of the critical air temperature above which sperm output is impaired. *Animal Reproduction Science*, 4: 283–299.
[https://doi.org/10.1016/0378-4320\(82\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0378-4320(82)90043-4)

Torres, A. (2012). Determinar la influencia de la luna en la agricultura [tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. *Repositorio Institucional*.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3078/1/mag136.pdf>

Valente de Olivera, C. Ritmos de reproducción en el lenguado Senegal: papel del órgano pineal y la melatonina como transductores de los ciclos ambientales diarios, lunares y estacionales [tesis doctoral, Universidad de Murcia]. *Portal de investigación*.
<https://portalinvestigacion.um.es/documentos/638954346514871f78dd523e?lang=gl>

- Valverde, A., Barquero, V., y Carvajal, V. (2021). Biotecnología aplicada al estudio de la movilidad del semen porcino. *Universidad de Costa Rica*, 32(2), 662-680.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7922502.pdf>
- Valverde, A., Madriga, M., Solís, J., y Paniagua, W. (2019). Variabilidad en los métodos de estimación de la concentración espermática en verracos. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 25-43. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v43n2/0377-9424-ac-43-02-25.pdf>
- Vilanova, L.T., Ballarales, P.P, y Colmenares, F. (2016); Efecto del ciclo lunar sobre la congelabilidad seminal de toros Carora. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 21(1), 17-21. <https://revistas.uclave.org/index.php/gcv/article/view/840/353>
- Welker, H.A., Seem, P., Willing, R.P., Commentz, J.C., Wiltschko, W., y Vollrath, L. (1983). Effects of an artificial magnetic field on serotonin n-acetyltransferase activity and melatonin content of the rat pineal gland. *Experimental Brain Research*, 50, 426-432.
<https://doi.org/10.1007/BF00239209>
- Wettemann, R.P., y Desjardins, C. (1979). Testicular function in boars exposed to elevated ambient temperatures. *Biology of Reproduction*, 20(2): 235–241.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod20.2.235>
- Yang, W.C., Tang, K.Q., Fu, C.Z., Riaz, H., Zhang, Q., y Zan, L.S. (2014). Melatonin regulates the development and function of bovine Sertoli cells via its receptors MT1 and MT2. *Animal Reproduction Science*, 147: 10-16.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.03.017>
- Yonezawa, T., Uchida, M., Tomioka, M., Matsuki, N., y Yamazaki, S. (2016). Lunar cycle influences spontaneous delivery in cows. *PLoS One*, 11(8), e0161735..
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161735>

Zimecki, M. (2006). The lunar cycle: effects on human and animal behavior and physiology.

Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 60,1-7.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16407788/>