




ENDOCRINOLOGÍA REPRODUCTIVA EN YEGUAS, UNA REVISIÓN

Reproductive endocrinology in mares, a review

	¹ Suqui – Mocha, Saydi Génesis	saydisuqui2@gmail.com
	² Yaguarshungo – Inga - Edwin Geovanny	edwinyagu2000@gmail.com
	³ Mancheno – Herrera - Carlos Andrés *	andres.mancheno@esPOCH.edu.ec

¹ Investigadora Independiente.

² Investigador Independiente.

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias Pecuarias.

E-mail: * andres.mancheno@esPOCH.edu.ec

RESUMEN

La reproducción equina es un proceso complejo que involucra múltiples sistemas endocrinos. En las yeguas, el ciclo estral, que dura aproximadamente 21 días, se divide en fases folicular y luteal. La interacción entre el endometrio, la hipófisis, las gónadas y el hipotálamo regula este ciclo, pero la ovulación, que ocurre al final del estro, puede ser difícil de predecir. El fotoperíodo, influenciado por la duración de la luz, afecta la actividad reproductiva, con una reproducción más eficiente en primavera y verano. La melatonina regula la percepción de la luz y modula la secreción de hormonas clave como GnRH, FSH y LH. Estas hormonas influyen en la foliculogénesis, que incluye dos ondas foliculares, una mayor y otra menor, guiando el desarrollo del folículo dominante. La ovulación se produce cuando el folículo maduro libera el ovocito. Tras la ovulación, se forma el cuerpo lúteo, que produce progesterona para preparar el útero para la gestación o provocar su regresión si no hay preñez.

Palabras clave: Reproducción, Equinos, Yeguas, Fisiología, Endocrinología.

ABSTRACT

Equine reproduction is a complex process that involves multiple endocrine systems. In mares, the estrous cycle, which lasts approximately 21 days, is divided into follicular and luteal phases. The interaction between the endometrium, pituitary, gonads, and hypothalamus regulates this cycle, but ovulation, which occurs at the end of estrus, can be difficult to predict. The photoperiod, influenced by the duration of light,

affects reproductive activity, with more efficient reproduction in spring and summer. Melatonin regulates the perception of light and modulates the secretion of key hormones such as GnRH, FSH, and LH. These hormones influence folliculogenesis, which includes two follicular waves, one major and one minor, guiding the development of the dominant follicle. Ovulation occurs when the mature follicle releases the oocyte.

After ovulation, the corpus luteum is formed, which produces progesterone to prepare the uterus for gestation or cause it to regress if there is no pregnancy.

Keywords: *Reproduction, Equines, Mares, Physiology, Endocrinology.*

1. INTRODUCCIÓN

La reproducción equina requiere una extensa comprensión de los eventos endocrinológicos de la yegua. De esta manera se permite conocer las posibles limitantes de su capacidad reproductiva y en los casos necesarios aplicar correctivos para mejorar y aumentar la eficiencia reproductiva de cada animal fomentando así la conservación y mejoramiento de esta especie (1).

Las complejas interacciones entre el endometrio, la hipófisis, las gónadas y el hipotálamo regulan el ciclo estral en los mamíferos. La fase folicular de la especie equina es muy inconsistente y variable, a diferencia de otros animales domésticos como la vaca (1).

En la yegua la ovulación ocurre más cerca del final del

estro que al inicio, lo que dificulta la predicción precisa del momento de la ovulación, el control y la manipulación del ciclo estral. Las concentraciones plasmáticas de la hormona luteinizante (LH), la cual es responsable de la ovulación, aumentan lentamente; alcanzando así sus máximos niveles 24 horas después de la ovulación (3).

El siguiente artículo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica de la endocrinología reproductiva en yeguas, mediante la búsqueda de artículos científicos para facilitar la comprensión del funcionamiento endocrinológico reproductivo en yeguas

2. METODOLOGÍA

Para la recopilación de información se realizó una búsqueda sistemática de información acerca del tema, se analizaron y seleccionaron artículos científicos e investigaciones de bases de datos indexadas en Scopus, WOS, Scielo así como de bases regionales, tratando de seleccionar la información más relevante y actualizada para su análisis y discusión. Posteriormente se organizó la información procurando darle un esquema de fácil comprensión y entendimiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo estral

El ciclo estral (CE), es el período de tiempo que transcurre entre una ovulación y otra (1). En la yegua el ciclo estral, tiene una duración de aproximadamente 21 días y consta de dos fases: la folicular y la luteal (4).

En la fase folicular de la yegua ocurre el crecimiento folicular, la selección, maduración y por último la ovulación (5). Se caracteriza por la receptividad al macho, esto en consecuencia de la producción de estrógenos (E) y de progesterona (P4). En este intervalo las concentraciones de progesterona son bajas midiendo así <1ng/ml (6).

La cópula y el ascenso de los espermatozoides a través del tracto genital de la hembra son posibles en esta etapa. El estro generalmente dura de 5 a 7 días, pero puede extenderse de 2 a 12 días (6). El comportamiento y los días de duración del estro depende de la yegua y del período estacional (4).

Por otro lado, la fase luteal inicia con la ovulación, también se forma el cuerpo lúteo (7). El cuerpo lúteo (CL) produce altos niveles de progesterona (>1ng/ml), tiene

una duración de 14 a 16 días. En el diestro la yegua no tiene receptividad hacia el macho y la progesterona (P4) altera el tracto reproductivo, aumentando el tono uterino y cerrando el cérvix (8).

El balance de hormonas de la glándula pineal, el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el endometrio determina la regularidad del ciclo estral (7). El hipotálamo es un punto clave ya que regula la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) mediante señales que provienen de la glándula pineal y de los centros cerebrales. Esto hace que la información sea susceptible al entorno y a la luz del día (8).

Las yeguas son conocidas por ser animales poliéstricos estacionales, los factores externos, como la temperatura ambiental, el fotoperiodo y la condición corporal y nutricional de los animales, influyen en su ritmo reproductivo. (5).

Fotoperiodo

La longitud del día es conocida como fotoperíodo. Las yeguas hacen uso del fotoperiodo para programar su actividad reproductiva, su actividad ovulatoria o la ciclicidad estral en los días con más cantidad de horas luz y anestro con la disminución del fotoperiodo (9).

Las yeguas requieren una longitud media de luz de 16 horas para pasar de anestro a estro, y luego pasan por una fase de transición que dura entre 30 y 45 días antes de su primer ciclo real. Hasta la preñez o anestro, cada ciclo dura entre 19 y 22 días (10). Los criadores utilizan con frecuencia la iluminación artificial para llevar a sus yeguas al estro antes de la estación reproductiva porque sus cuerpos no pueden distinguir entre la luz natural y artificial (11).

Las yeguas presentan sus nacimientos en el momento más adecuado para la supervivencia de su descendencia debido a su reproducción estacional con un fotoperiodo alto (muchas horas de luz por día o primavera-verano) (10).

Las yeguas tienen más de un ciclo anual, los cuales tienen lugar en una época determinada y en ciertas estaciones. Sin embargo, muchas yeguas, dependiendo de la latitud, muestran actividad ovárica más intensa durante el período de primavera - verano (8).

Por ejemplo, en la primavera y el verano, que son conocidos como la época reproductiva, el estro tiende a ser más amplio y se presenta folículos ovulatorios más grandes, esto se ha registrado en los países del hemisferio norte. Hasta el período de anestro, que es en el

invierno, los folículos ovulatorios tienden a ser más pequeños. Las yeguas mayores también suelen tener una duración más extensa: las razas más grandes tienen 4,3 días más largo y las más pequeñas 2,6 días más largo. El aumento podría ser el resultado de una fase folicular más prolongada, la cual probablemente se debe a la menor longitud de los folículos (11).

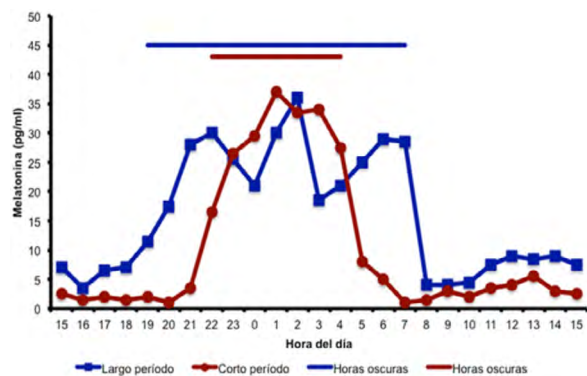
Melatonina en el fotoperiodo

El neurotransmisor que media las informaciones diarias del ciclo que comprende de luz-oscuridad es la melatonina. Este neurotransmisor le indica al cuerpo la duración de la noche y del año correspondiente (12).

El aumento de la producción de GnRH en el hipotálamo permite el desarrollo folicular en los ovarios; por otro lado, los días de otoño-invierno están asociados con una disminución de la secreción de GnRH, lo que resulta en una disminución de la actividad ovárica (13).

Siendo así que, con el aumento del fotoperiodo y las concentraciones de melatonina generan un impacto en la actividad ovárica de la yegua.

Figura 1. Concentración de melatonina en yeguas con largo y corto periodo de horas oscuras durante el día (3).



Foliculogénesis

La unidad funcional y estructural de los ovarios en hembras es el folículo. Se define a la foliculogénesis como el proceso donde se van a formar, crecer y diferenciar los folículos, este proceso empieza desde el estadio de un folículo primordial y llega a finalizar cuando exista un folículo preovulatorio (14).

Endocrinológicamente, la interacción de mecanismos endocrinos sistémicos y factores locales como paracrinos y autocrinos regulan la actividad en los ovarios. Dentro del hipotálamo, se libera gonadotropinas GnRH que sintetiza en mecanismos moleculares que liberan hormona foliculoestimulante FSH y la hormona lutei-

nizante LH de la hipófisis (14).

En la yegua los folículos llegan a crecer 2 mm sin la presencia de la hormona FSH, debido a que los folículos pueden desarrollarse hasta un estadio antral sin la necesidad de las hormonas GnRH (15).

Dinámica folicular.

Se denomina al crecimiento continuo y de regresión que sufre el folículo antral, de esta manera guía al desarrollo del folículo preovulatorio, el crecimiento de las estructuras se produce en forma de ondas y grupos (16).

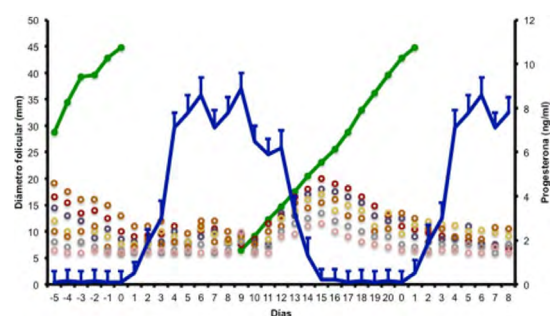
Durante el ciclo estral en las yeguas se caracteriza por presentar dos patrones de ondas foliculares. La primera onda llamada "onda folicular mayor", y presenta folículos dominantes y recesivos, empieza en la segunda mitad del ciclo estral y termina al finalizar la ovulación (17). La segunda onda denominada "onda menor", cuando el folículo mayor no alcanza el diámetro adecuado para empezar una divergencia entre los futuros folículos recesivos, esta onda empieza al final del estro y se extiende hasta el inicio del diestro (17).

Crecimiento folicular

Dentro del crecimiento folicular se desarrolla la proliferación, diferenciación y síntesis de células foliculares, la finalidad es otorgar un ambiente adecuado para que el ovocito pueda fertilizar (15).

Estudios realizados han demostrado que presentan dos olas foliculares anovulatorias que continúan por una onda ovulatoria (Fig. 1). Para la fase de crecimiento que toma 6 días, surgen entre 7 a 11 folículos por cada onda de un diámetro de 5 a 6 mm, estos folículos crecen con la capacidad de dominancia sobre otro (18).

Figura 2. Crecimiento folicular durante el ciclo estral de la yegua (16).



La hipófisis con su síntesis de LH y FSH, desencadena en los folículos ováricos un desarrollo donde alcanza

los 30 mm. Además, el folículo genera estrógenos que forman las llamadas células de teca interna y externa, causando que la célula de la granulosa forme múltiples capas que se denomina “cummulus oóphorus”(17).

Hormonas que participan en el desarrollo folicular.

- **Hormona de liberación de gonadotrofinas.**

Cuando existe estímulos externos e internos, el hipotálamo es el encargado de convertirlos en descargas hormonales. Dentro de estas hormonas tenemos la GnRH, influida por la hormona melatonina que influye en la secreción de esta hormona. Los equinos caracterizados por tener gestaciones prolongadas, la melatonina inhibe el eje hipotálamo, hipofisiario y gonadal, esto logra determinar la temporada reproductiva de los equinos (18).

- **Hormona folículo estimulante.**

Para el reclutamiento de los folículos antrales es necesario la hormona FSH, por estímulo de esta hormona, las células de teca interna producirán andrógenos, que a su vez estimulan la actividad de la enzima llamada “aromatasa”, en el interior de las células de la granulosa, que con su acción modifica los andrógenos en estradiol (19).

La FSH, influye en gran cantidad en la vascularidad del folículo dominante. Los beneficios de un incremento en la irrigación es que ayuda a obtener mayor cantidad de nutrientes. El estradiol junto la FSH estimulan la formación de la cavidad antral, además de los receptores para LH (20).

El plasminógeno, es estimulado por la FSH cumpliendo un rol importante en la fase ovulatoria. La yegua puede presentar una secreción de FSH unimodal o bimodal, es decir el patrón bimodal se puede observar en un periodo de transición de primavera al inicio de la temporada reproductiva. Durante el patrón bimodal, sucede un aumento en el pico de concentración de plasma, estos picos se dividen en periodos finales del estro y mitad del diestro (21).

- **Hormona luteinizante.**

La hormona LH es responsable de reiniciar la meiosis en el folículo preovulatorio, provocar la ovulación y supervisar el crecimiento y nutrir del cuerpo lúteo. (17). Se conecta a los receptores de membrana en las células granulosa y teca del folículo preovulatorio para ejercer su efecto. Esto produce un aumento de AMPc que estimula la conversión de colesterol en pregnenolona

desarrollando los procesos de ovulación (20).

En la yegua existe una alta centralización de ácido siálico y carbohidratos en LH que otras especies. Al medir la hormona periféricamente, no se ven pulsos de liberación debido a la mayor vida media de la hormona y a la producción de una liberación tónica. Durante la mitad de la fase lútea, la concentración de LH es baja; luego aumenta pocos días antes del estro y generalmente alcanza su nivel más alto en plasma un día después de producida la ovulación (21).

Dominancia folicular

Esta dominancia folicular generalmente ocurre en especies monovulatorias, la yegua presenta esta característica, es decir un folículo adquiere la característica de dominante sobre otras y se desarrolla rápidamente, logrando alcanzar el tamaño ideal para lograr ovular (15).

Ondas foliculares.

La secreción del hipotálamo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) inicia la onda folicular, lo que impulsa la liberación de FSH. Esto conduce al crecimiento folicular y, por lo tanto, a la desviación folicular, donde los dos folículos más grandes alcanzan alrededor de 23 y 20 mm (22).

El crecimiento simultaneo de estos folículos, implica varios días y termina en el comienzo de la desviación del diámetro, uno de los folículos crece convirtiéndose en folículo dominante mientras otros folículos secundarios se atresia y reducen su crecimiento (22).

Ovulación.

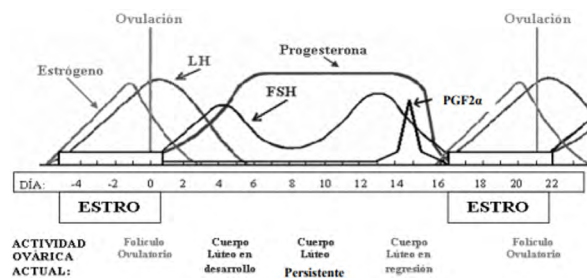
La ovulación ocurre a través de la remodelación, adelgazamiento y ruptura de la pared folicular a nivel del estigma, un área de tejido sin vasculatura que se encuentra en la superficie del folículo ovidual. Además, durante la ovulación existe incremento de LH que induce a la ovulación (14).

La corona radiada y el ovocito se depositan en el líquido folicular y el oviducto en la cavidad abdominal. Las hormonas presentes en el líquido folicular se absorben y después ejercen su efecto durante el proceso reproductivo (21).

Al día 13, si la yegua no está preñada, los cuerpos lúteos empiezan a retraerse en respuesta a la prostaglandina. El día 18 marca el final de esta regresión. Cuando se retrae el cuerpo lúteo, los niveles de progesterona dismi-

nuyen. Los niveles de FSH aumentan al mismo tiempo (día 13), lo que estimula el crecimiento del folículo y lo prepara para la ovulación del siguiente estro (día 19 a 22) (Figura. 2) (23).

Figura 3. Descripción secuencial del ciclo estral regular (21).



Las yeguas que tienen dos folículos dominantes en un ciclo experimentan doble ovulación con un intervalo de 24 horas, lo cual ocurre en alrededor del 40% de los casos y puede resultar en doble gestación (22).

Cuerpo lúteo.

La secreción ovulatoria de LH luteiniza las células de la granulosa para formar el cuerpo lúteo. Un cuerpo lúteo se forma en cada lugar donde se produce la ruptura folicular durante la ovulación. El cuerpo lúteo conserva la forma de pera que tenía el folículo antes de la ovulación (23).

El cuerpo lúteo de la yegua está formado por células lúteas grandes y pequeñas de la granulosa del folículo ovulatorio. Bajo la influencia de LH y, las células grandes producen progesterona; estas hormonas actúan a través de sus receptores celulares específicos para producir progesteronas (23).

El aumento de la fosforilación de la proteína StAR contribuye al efecto luteotrópico de la LH a través de la trayectoria de transducción de señales PKA y MAPK. La proteína StAR fosforilada aumenta el transporte de colesterol a través de la membrana de la mitocondria para que la enzima de desdoblamiento de la cadena lateral citocromo P450 pueda funcionar (24).

Esta enzima es la enzima que limita la síntesis de progesterona. La secreción de esta hormona comienza en el momento de la ovulación y aumenta gradualmente hasta alcanzar su punto máximo en la circulación sanguínea (12,8 ng/ml) en el día 8 del intervalo. Luego, su concentración disminuye ligeramente hasta la regresión del cuerpo lúteo o luteólisis, que ocurre alrededor del día 14 (24).

La progesterona inhibe la contracción del miometrio, promueve la secreción del endometrio y prepara el útero para la gestación. Como resultado, impide el comportamiento estro (25).

5. CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica actual proporciona una comprensión detallada de los mecanismos endocrinológicos que regulan la reproducción en las yeguas. La reproducción equina depende de múltiples sistemas endocrinos. El endometrio, la hipófisis, las gónadas y el hipotálamo regulan el ciclo estral, que dura aproximadamente 21 días, que se divide en fases folicular y luteal. El fotoperíodo, la duración de la luz y la melatonina afectan la ovulación, que ocurre al final del estro. Estas hormonas tienen un efecto sobre la foliculogénesis y el crecimiento del folículo dominante.

Además, se analiza cómo el fotoperíodo afecta la actividad reproductiva, que es más efectiva durante la temporada de primavera y verano. Las yeguas, como otros animales poliéstricos estacionales, adaptan su ciclo reproductivo a lo largo del día. La melatonina controla la percepción de la luz y la secreción de hormonas importantes como GnRH, FSH y LH. La foliculogénesis, que incluye ondas foliculares mayores y menores, dirige el desarrollo del folículo dominante y la ovulación posterior, está influenciada por estos cambios hormonales. El cuerpo lúteo se forma después de la ovulación, que produce progesterona para preparar al útero para la gestación o, en el caso de que no haya embarazo, hacer que regrese.

Finalmente, el documento destaca que comprender la endocrinología reproductiva es crucial para mejorar la eficiencia reproductiva de las yeguas. Los criadores pueden maximizar la reproducción y la conservación de esta especie manipulando el ciclo estral y comprendiendo los factores que afectan la ovulación. La revisión bibliográfica realizada en el artículo proporciona una base sólida para comprender el funcionamiento endocrinológico reproductivo en las yeguas, ofreciendo información útil para la biotecnología y la reproducción animal.

8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Anderson K. Understanding Mare Reproduction. Univ Nebraska-Lincoln. 2011;271(October):1-8.
2. Busato EM, Machinski Rangel de Abreu AC, Bergstein-galan TG, Formighieri Bertol MA, Weiss RR.

- Reproductive Physiology of the Equine [Internet]. *Reproduction Biotechnology in Farm Animals*. 2017. 2–36 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/321756814_Chapter_1_-_Reproductive_Physiology_of_the_Equine
3. Von Hippel FA. The reproductive cycle. *Tinbergen's Leg Behav Sixty Years Landmark Stickleback Pap*. 2010;8(December):23–39.
 4. Tobias R. *Veterinärmedizin in der Hauptstadt* 2019. *Freie Univ Berlin*. 2019;20(1613–4419):56.
 5. Pferdes R. *Reproduktions medizin des Pferdes*.
 6. González FHD. *Introdução a Endocrinologia Reprodutiva Veterinária*. Porto Alegre: UFRGS [Internet]. 2002;83:1–87. Available from: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2017/05/endocrino_rep_vet.pdf
 7. Hayek FA. *Agriculture and natural resources*. *Const Lib*. 2021;324–38.
 8. Eisenhauer K, Roser J. Effects of Lipoprotein, Equine Luteinizing Hormone, Equine Follicle-Stimulating Hormone on Equine, and equine prolactina on equine Testicular Steroidogenesis In Vitro. *J Androl*. 1995;Vol. 16, N:18–27.
 9. Allen WR, Wilsher S. Half a century of equine reproduction research and application: A veterinary tour de force. *Equine Vet J*. 2018;50(1):10–21.
 10. Carleigh, Fedorka; Barry B. Reproductive immunology and endocrinology of pregnant mare. *Clin Theriogenology*. 2020;12(3):323–32.
 11. Paredes Higuera M del P. Características del ciclo estral, desarrollo embrionario y determinación de la tasa de preñez en yeguas criollas colombianas. *Univ Nac Colomb [Internet]*. 2013;1:142. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39461/>
 12. Camilo A, Fandino J. Fotoperíodo Y Dinámica Follicular En. *Semin Profundización Reprod Equina*. 2019;1:1–15.
 13. Iván C. Reproducción equina. *Vet Equina*. 2005;N.º 3:1–3.
 14. Gigli, Russo. Aguero, F. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *InVet*. 2006;8(1):183–204.
 15. Andrade Souza F, Pérez Osorio J, D'Oliveira-Sousa A, do Vale Filho V, Marc H, Chacón J. L, et al. Folliculogenesis and Ovulation in Equine Species. *Rev Med Vet (Bogota)*. 2011;(22):43–50.
 16. Germán Ramírez, Carlos Gutiérrez, Martín R. Dinámica folicular en yeguas paso fino colombiano medido por ultrasonografía en la Sabana de Bogotá. *Rev Med Vet (Bogota)*. 2010;N.o 19(C):21–35.
 17. Camilo A, Fandino J. Fotoperíodo Y Dinámica Follicular En. *Semin Profundización Reprod Equina*. 2019;1:1–15.
 18. Ángel D, Bran JA. Reproducción asistida en equinos: aportes desde la teoría. *CES Med Vet y Zootec*. 2010;5(1):56–9.
 19. Catalina B. REPRODUCCIÓN EQUINA. *Medicina Veterinaria*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO; 1996.
 20. Cortés C, Rincón M, Rochín-berumen M, López F, Flores G. Revisión : El Ciclo Reproductivo de la Yegua Mare Reproductive Cycle : A Review INTRODUCCIÓN Las yeguas se reproducen en forma estacional con fotoperiodo alto (muchas horas luz / día ò primavera-verano), and así presentan sus partos en la temporada más ad. *Abanico Vet*. 2018;8(3):14–41.
 21. Amilcar Ramirez Montenegro J. Determinación del fotoperíodo sobre la actividad ovárica en yeguas durante el año, en diferentes haras en los departamentos de Guatemala, Sacatepequez y Escuintla. *Univ San Carlos Guatemala*. 2006;1–97.
 22. Satué K, Fazio E, Muñoz A, Medica P. Endocrine and electrolyte balances during periovulatory period in cycling mares. *Animals*. 2021;11(2):1–12.
 23. Soto A. MANEJO REPRODUCTIVO DE LA YEGUA SERVICIO. *Univ Michoacan San Nicolas Hidalgo*. 2006;41:139–109.
 24. Myriam Boeta, Alberto Balcázar, José Luis Cerbón, Juan Hernández Medrano JHC. *Fisiología reproductiva de los animales domesticos*. 2023. 534 p.
 25. Rodríguez Alejandro, Augusto José, Rodríguez Juan MV. EVALUACIÓN DEL FOLÍCULO OVÁRICO DE YEGUAS CRIOLLAS POST-ADMINISTRACIÓN DE HCG ASSESSMENT. *Rev Inv Vet Perú*. 2015;24(September 2010):1–8.