



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA**



Opción terminal: Área pecuaria

**USO DE ANÁLOGO SINTÉTICO DE GNRH EN YEGUAS
CRIOLLAS COMO TRATAMIENTO DE FOLÍCULOS
HEMORRÁGICOS ANOVULATORIOS EN LA REGIÓN
CIÉNEGA DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

**TRABAJO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN PRODUCCION AGROPECUARIA QUE PRESENTA:**

MVZ ESTEBAN BALLESTEROS CASTELLANOS

Comité Tutorial

**Dr. Guillermo Salas Razo
Dr. José Herrera Camacho
Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez
MC Juan Carlos Tinoco Magaña
Dr. José C. Segura Correa**

**Director
Co-director
Vocal 1
Vocal 2
Vocal 3**

Morelia Michoacán, a septiembre del 2023

DEDICATORIA

Antes que nada, quiero agradecer por tanto y poder dedicarles el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente a mis padres y hermano que de manera incondicional me brindaron su apoyo a lo largo de todo el trayecto con la finalidad de poder cumplir con mis objetivos en esta gran etapa de mi carrera profesional. Gracias por aconsejarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. Ustedes me han enseñado a forjar la persona que soy el día de hoy, todo eso con una enorme dosis de amor y cariño, siempre, sin pedir nada a cambio. A mi novia que siempre ha estado en la buenas y en malas para apoyarme, alentarme y motivarme siempre a cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mi comité tutorial

Agradezco muy profundamente a todo el comité tutorial, principalmente a mi director y co-director de tesis por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por ser guías y por todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria de mi futuro profesional.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF)

Aprovecho para darles mi más sincero agradecimiento por la oportunidad de crecer tanto humana como profesionalmente, por darme las herramientas y poner frente a mí, a grandes personas que compartieron día a día sus conocimientos.

A la máxima casa de estudios (UMSNH)

Agradecer a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido llegar a esta gran etapa de mi vida profesional. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender todos esos conocimientos que siempre me serán útiles a lo largo de la vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)

De la misma manera agradezco profundamente al Conacyt, por el apoyo económico para que un servidor pudiera llevar a cabo un trabajo de investigación, sin la ayuda brindada hubiese sido complicado realizar toda la parte experimental contenida en más de 1 año de trabajo de campo por lo cual, doy las gracias y espero que esta investigación sirva para futuras generaciones y los motive a seguir generando mayor información.

INDICE

i. RESUMEN.....	4
ii. ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 El caballo criollo, antecedentes	7
2.2 Anatomía reproductiva de la yegua	8
2.3 Fisiología reproductiva.....	11
2.4 El fotoperiodo y la melatonina.....	14
2.5 Folículos hemorrágicos anovulatorios (HAF).....	15
3. HIPÓTESIS	22
4. OBJETIVOS.....	22
4.1 Objetivo General.....	22
4.2 Objetivos Específicos	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	23
6. RESULTADOS	26
7. DISCUSIÓN	29
8. CONCLUSIÓN	31
9. IMPLICACIONES	32
10. RECOMENDACIONES.....	32
11. BIBLIOGRAFÍA.....	34

i. RESUMEN

Durante la temporada reproductiva, una de las situaciones económicas que impacta de forma negativa en la yegua, son los folículos hemorrágicos anovulatorios (HAF); es decir, una estructura que se forma a partir de un folículo viable en uno anovulatorio, lo cual genera un retraso en el tiempo y costo al productor para gestar su ejemplar. Determinar el momento óptimo y saber si el folículo será viable es un punto crucial para el veterinario. En este estudio se evaluaron 93 ciclos estrales de un total de 31 yeguas, de los cuales 48 ciclos pertenecieron al grupo experimental (16 yeguas), que recibieron la aplicación hormonal de un inductor de ovulación a base de acetato de buserelina 0,04 mg IV, mientras que el grupo control conformando por 15 yeguas y un total de 45 ciclos estrales, únicamente se les administro 10 ml de agua estéril IV como placebo, no obstante, ambos grupos recibieron 10 mg de dinoprost-trometamina IM cuando mediante ultrasonografía se reportó un cuerpo lúteo funcional o la aparición de un HAF posterior a 7 días. Se evaluó la incidencia de HAF's en ambos grupos mostrando un mayor porcentaje de estos en el grupo tratado con buserelina con respecto al grupo control (14.5% vs 11.1%, respectivamente), sin que las diferencias fueran estadísticamente significativas. Además, se obtuvieron registros sobre el diámetro folicular a la ovulación, los cuales mostraron mejores resultados ($P < 0.05$) en el grupo tratado con buserelina, observando un promedio de 43.94 ± 3.70 mm vs 48.38 ± 5.50 mm en el grupo tratado con placebo. Con respecto al tiempo promedio a la ovulación, el grupo tratado con buserelina mostró resultados favorables en comparación al grupo control, observando un tiempo promedio (ee) de 41.31 ± 2.50 vs 54.78 ± 5.90 h, respectivamente. Se demuestra con esto que el acetato de buserelina tiene un efecto sobre el diámetro y tiempo a la ovulación.

Palabras clave: *Hormona, Folículo, Gestación, Cuerpo lúteo, Ovulación*

ii. ABSTRACT

During the reproductive season, one of the economic situations that negatively impacts the mare is anovulatory hemorrhagic follicles (HAF); that is, a structure that is formed from a viable follicle in an anovulatory one, which generates a delay in time and cost to the producer to gestate his specimen. Determining the optimal moment and knowing if the follicle will be viable is a crucial point for the vet. In this study, 93 estrous cycles of a total of 31 mares were evaluated, of which 48 cycles belonged to the experimental group (16 mares), which received the hormonal application of an ovulation inducer based on buserelin acetate 0.04 mg. IV, while the control group, made up of 15 mares and a total of 45 estrous cycles, was only administered 10 ml of IV sterile water as a placebo; however, both groups received 10 mg of IM dinoprost-tromethamine when ultrasonography reported a functional corpus luteum or the appearance of a HAF after 7 days. The incidence of HAF's in both groups was evaluated, showing a higher percentage of these in the group treated with buserelin compared to the control group (14.5% vs 11.1%, respectively), without the differences being statistically significant. In addition, records were obtained on the follicular diameter at ovulation, which showed better results ($P < 0.05$) in the group treated with buserelin, observing an average of 43.94 ± 3.70 mm vs. 48.38 ± 5.50 mm in the group treated with placebo. Regarding the mean time to ovulation, the group treated with buserelin showed favorable results compared to the control group, observing a mean time (seed) of 41.31 ± 2.50 vs 54.78 ± 5.90 h, respectively. This demonstrates that buserelin acetate has an effect on diameter and time to ovulation.

Key words: *Hormone, Follicle, Gestation, Corpus luteum, Ovulation*

1. INTRODUCCIÓN

El caballo criollo en el medio rural, más que mantener una relación social, emocional y cultural, permite una forma económica de ganarse la vida en diversas familias y esto se debe a las labores en las cuales funge: como labrar la tierra (caballos de tronco), de transporte entre comunidades, para carga de mercancía y entre la ganadería familiar (traspatio) destaca por su actividad en el arreo de ganado bovino, ovino y caprino. Por lo cual, con estas finalidades, la reproducción para tal fin es de suma relevancia en la preservación de la raza, así como en la continuación de dichas tareas. Uno de los inconvenientes de la práctica clínica equina que figuran en la afectación reproductiva de la yegua son los folículos hemorrágicos anovulatorios (HAF), es decir, una estructura folicular que al tener una anovulación no se da la fecundación. Esta problemática le genera al productor importantes pérdidas económicas y de tiempo. Por lo tanto, los HAF al constituirse como un problema que afecta notablemente la reproducción de la yegua, debido a que este fenómeno impide que vuelva a comenzar un nuevo ciclo que concluya con una ovulación y se lleve a cabo una gestación; la mejor terapia es a través de sustancias naturales extraídas o sintéticas (hormonas) que respondan de manera anticipada el momento óptimo para la monta o inseminación, concluyendo así con la rotura del folículo (ovulación).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El caballo criollo, antecedentes

Destacando que, para las actividades zootécnicas de la zona de estudio, los caballos criollos son los que participan en mayor medida. Estos équidos hacen referencia a aquellos que se introdujeron en el continente americano bajo la llegada española, principalmente de origen ibérico; los cuales, una vez liberados en el país dieron origen a la raza criolla mexicana (Figura 1), un tipo de caballo similar a los Mustang de Norteamérica y a los criollos sudamericanos, el cual destaca por ser un animal rústico, de talla pequeña a mediana, con huesos de mayor grosor, de diversas capas de pelaje y carácter tranquilo (Domínguez-Sánchez *et al.*, 2015), por su parte Yepes *et al.*, (2017) mencionan que los caballos criollos estuvieron genéticamente relacionados con las razas andaluzas, españolas de origen celta, berberiscas y árabes.

En México, el 50% de la tierra arable es llevado a cabo por manos de personas con poco menos de 5 hectáreas, es un hecho que para poder trabajar dicha tierra se emplean animales en el cultivo y transporte; esto se resume a que más del 70% de la población equina se destina para actividades relacionadas con el campo. México es el segundo país a nivel mundial en población caballar con 6,300,000 ejemplares; Estados Unidos por su parte encabeza la lista con más de 10,000,000 y China ocupa el tercer lugar con 6,027,000 equinos, esto de acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. No obstante, México tiene el quinto lugar en población de burros con 3,000,000 y el primero en mulas con 3,000,000 de ejemplares (Parra, 2018). Por lo tanto, para que dichas actividades sigan llevándose a cabo es importante comprender los factores que desencadenan en problemas reproductivos, por lo que es necesario el conocimiento de la anatomía y fisiología del tracto reproductivo en la hembra.



Figura 1. Caballo criollo mexicano labrando la tierra. Actividad común para équidos de trabajo en la región Ciénega del estado de Michoacán, México.

2.2 Anatomía reproductiva de la yegua

Centrándonos en la yegua de cría, la anatomía reproductiva de esta, contiene estructuras intrínsecas al tracto reproductivo, como es el tracto tubular en el que se incluyen oviductos, cuernos uterinos, cuerpo del útero, cérvix, vagina, vestíbulo y los ovarios (Reed *et al.*, 2018). Estos últimos presentan una forma de alubia con un tamaño variable dependiendo de la raza, a menudo un ovario es más grande que el opuesto y miden aproximadamente de 7 a 8 cm de longitud por 3 a 4 cm de grosor, alcanzando un peso de 70 a 80 g (Sisson y Grossman, 1981). Anatómicamente se encuentran 10 cm caudales a los riñones y, cuando se proyectan sobre la piel, es a la misma distancia cráneo-ventral al tubérculo coxal, es decir, entre la quinta vértebra lumbar. El ovario (Figura 2) está suspendido por los 15 cm del mesovario cuyo borde craneal (ligamento suspensorio del ovario) se extiende en la zona sublumbar hacia el diafragma. El mesovario también se encarga de separar el mesosálpinx de su superficie lateral y se continúa caudalmente por el mesometrio. Estas tres laminas juntas constituyen el ligamento ancho (Budras *et al.*, 2009).

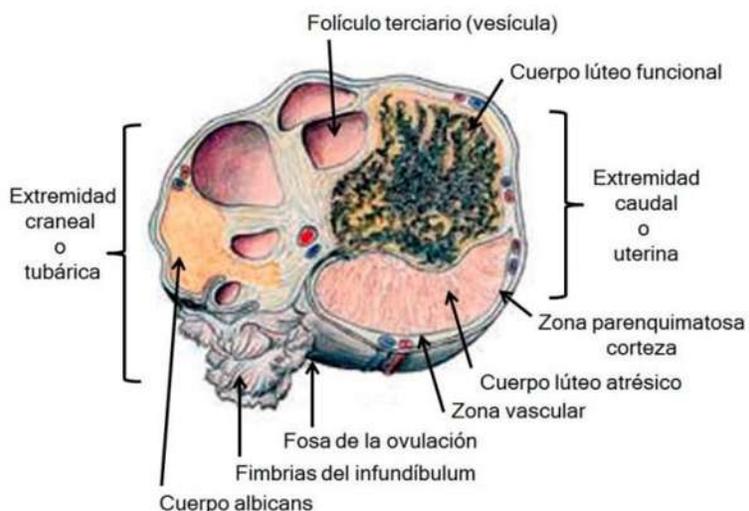


Figura 2. Anatomía del ovario en la yegua (Budras *et al.*, 2009).

El infundíbulo en las yeguas se encuentra ubicado en el extremo ovárico en forma de hendidura del cuerno uterino, es angosto y cubre parcialmente el ovario con sus fimbrias y está fijamente adherido a él en la fosa ovulatoria. Hacia el centro del infundíbulo existe un pequeño orificio tubo abdominal, que se prolonga hacia el ovario y lleva a la parte más corta y ancha denominada ampolla del infundíbulo, en la cual, se lleva a cabo la fecundación. Dependiendo de la fase del ciclo estral, la ampolla puede alcanzar un diámetro de 6 mm; el resto y más largo del tubo corresponde al istmo con solo la mitad de ancho, termina en el orificio uterino en la punta del cuerno uterino donde se eleva una pequeña papila que contiene un esfínter (Budras *et al.*, 2009). Las contracciones llevadas a cabo en los oviductos facilitan la mezcla de los contenidos, es decir, ayudan a desvestir el ovulo y contribuyen con la fecundación al incrementar el tiempo de contacto entre espermatozoides y ovulo. Por ultimo, regulan de cierto modo el tiempo de transporte del ovulo para tener un atraso en la llegada del mismo (Hafez y Hafez, 2002).

El útero es un órgano muscular hueco, que se continúa por delante de los cuernos uterinos y se abre caudal a la vagina (Sisson y Grossman, 1981). Consta de dos cuernos uterinos, un cuerpo y un cérvix (Hafez y Hafez, 2002). Se encuentra ubicado paralelo al eje del cuerpo desde la fosa de ovulación hasta el cuerno del útero, se suspende por el mesosálpinx que surge de la superficie lateral del mesovario y termina con un borde libre pocos milímetros ventral al cuerpo uterino.

Los cuernos uterinos tienen una longitud de 25 cm cada uno, ambos alojados dentro de la cavidad abdominal, solo el cervix que mide aproximadamente 6 cm de largo se encuentra en la cavidad pélvica donde descansa sobre la vejiga y uretra. El mesometrio se encarga de suspender estas partes extendiéndose desde la punta de cada cuerno hasta el cervix uniéndose al borde mesometrial donde sus dos laminillas se encierran en sección transversal.

La vagina es el canal que se extiende horizontalmente a través de la cavidad pelviana desde el cervix hasta la vulva, se encuentra ventral al recto y dorsal a la vejiga e uretra (Figura 3) es tan larga como el cuerpo uterino, midiendo 25 cm de longitud por 10-12 cm de diámetro (Sisson y Grossman, 1981; Budras *et al.*, 2009). Solo su porción caudal esta cubierta por peritoneo que dorsalmente forma el piso rectovaginal profundo y ventralmente el techo vesicogenital. La luz vaginal se comprime dorsoventralmente. Los pliegues longitudinales están presentes y proporcionan una reserva para la dilatación. El lumen rodea la parte intravaginal del cérvix, formando un espacio similar a un anillo completo conocido como fórnix vaginal. Caudalmente, la vagina es continuada por el vestíbulo en un punto relativamente distinto llamado pliegue transversal (himen). La vulva por su parte comprende dos labios, los cuales rodean la hendidura vulvar formando una comisura dorsal y una ventral redondeada que encierra y oculta el glándulo del clítoris (Budras *et al.*, 2009).

Además, existen otras estructuras que juegan un rol en la regulación reproductiva (como el hipotálamo, hipófisis anterior, retina y glándula pineal) (Reed *et al.*, 2018). Las cuales participan en el inicio y liberación de las hormonas responsables en la reproducción de la yegua.

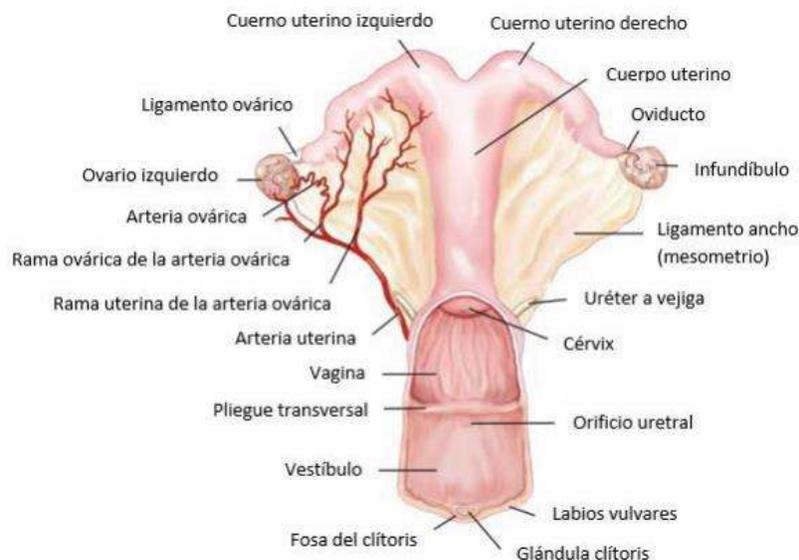


Figura 3. Anatomía del tracto reproductivo en la yegua (Brinsko *et al.*, 2011).

2.3 Fisiología reproductiva

El ciclo estral es un proceso complejo que se desarrolla aproximadamente a partir de los 18 meses de edad en las hembras (asociado con el inicio de la pubertad) y a lo largo de la vida reproductiva de las yeguas, regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario. Durante este ciclo, comprendido entre dos ovulaciones consecutivas, se producen cambios fisiológicos y conductuales en la hembra, los cuales permiten o niegan la aceptación del garañón. Para que este proceso se desarrolle normalmente, debe existir un control entre las hormonas reproductivas a nivel de la glándula pineal (melatonina), hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropinas o GnRH), glándula pituitaria o hipófisis (hormona luteinizante o LH y hormona folículo estimulante o FSH), ovario (estradiol y progesterona) y endometrio (prostaglandina $F_{2\alpha}$) (Brinsko *et al.*, 2011).

La fase folicular del ciclo estral está conformada por el proestro y estro, esta última, se caracteriza conductualmente porque la yegua permite la aceptación del macho, manifestando una conducta a través de la elevación de la cola en presencia del semental, eversión de los labios vulvares con exposición del clítoris, micción reiterada y permanencia de la yegua sin alejarse del macho, ni patear, además de la presencia de moco cervical en algunos casos. A nivel del tracto

reproductivo, este evento se caracteriza por presentar una disminución del tono muscular cervical y uterino; además de la presencia de edema uterino producido por los estrógenos ováricos, el cual disminuye cercas de la ovulación y desaparece horas después dada la rotura del folículo (Sharp y Porter, 2004). La fase folicular dará origen al proceso de ovulación que se produce antes del término del celo (5-7 días) y en el cual, las concentraciones plasmáticas de progesterona están por debajo de 1 ng/ml. La fase lútea (14-15 días) por su parte la integra el metaestro y diestro, dicha etapa se caracteriza por la ausencia de aceptación del macho, además de presentar un cuerpo lúteo funcional, que estará liberando concentraciones plasmáticas de progesterona y dejará de hacerlo en ausencia de gestación, lo cual provocará la liberación de prostaglandina $F_2\alpha$ por el endometrio para lisar el cuerpo lúteo y dar comienzo a un nuevo ciclo estral (Andrade *et al.*; 2011).

Durante la fase lútea, etapa del ciclo estral que se caracteriza conductualmente en que la yegua no se encuentra receptiva sexualmente al macho. A nivel fisiológico se presenta un cuerpo lúteo en el ovario donde se llevó a cabo la ovulación. Este cuerpo lúteo produce y secreta progesterona mayor a 1 ng/ml, hormona asociada al cese de signos de celo en la yegua. La duración de la fase luteal es más constante que la fase folicular, con una duración promedio de 14 a 15 días. Su término se asocia al proceso de luteólisis, el cual depende de la liberación endometrial de prostaglandina $F_2\alpha$ ($PGF_2\alpha$), que ocurre entre el día 13 y 16 post ovulación. Una vez que actúa la $PGF_2\alpha$, produciendo luteólisis, disminuye la concentración de progesterona circulante, lo cual a su vez remueve el bloqueo sobre la secreción de GnRH y gonadotropinas, comenzando un nuevo ciclo estral con la liberación de FSH y LH (Brinsko *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista reproductivo, la yegua es una hembra poliéstrica estacional, lo que quiere decir, que solo mostrará actividad ovárica y ciclará para reproducirse entre los meses de enero – agosto; sin embargo, de acuerdo con la ubicación geográfica puede llegar hacerlo durante todo el año, como en aquellas que se encuentran cercas del ecuador (Suárez *et al.*, 2017). Esto se debe a que durante primavera-verano existe una mayor cantidad de horas luz, lo cual asegura que se desencadene el ciclo estral, el cual a su vez permite que la yegua pueda quedar gestante y que, en el momento del parto, sea cuando existe una mayor cantidad de alimento que contribuye con la supervivencia de la madre y su descendencia, por lo cual, se aprecia muy evidente la interacción del animal con el medio ambiente (Salazar-Ortiz *et al.*, 2011).

La yegua tiene ciclos estrales que duran alrededor de 21 días, estos se repiten mientras no conciba y se mantengan las condiciones de fotoperiodo adecuadas; para establecer los intervalos interovulatorios se estimula el eje hipotálamo-hipófisis-gónada, con la participación adicional del útero. Estímulo que participa en el crecimiento folicular con producción de estradiol, ovulación, formación de cuerpo lúteo con producción de progesterona y regresión del cuerpo lúteo (Cortés *et al*; 2018).

Los folículos preovulatorios se seleccionan al principio de la luteólisis, donde la ovulación se produce por un aumento súbito preovulatorio de LH inducido por estrógenos. El pico de la hormona LH permite el inicio de luteinización en las células de la granulosa, que modifica la secreción celular de estrógenos a progesterona. Este proceso comienza antes de la ovulación (Bradley, 2014).

La base fisiológica que controla las acciones hormonales sobre la maduración folicular y ovulación en los equinos es similar a la de otros mamíferos (Figura 4), en donde la interacción de la GnRH hipotalámica con las gonadotropinas hipofisarias en respuesta a las hormonas gonadales como estrógeno, progesterona, inhibina, activina, entre otras, dictan las respuestas cíclicas de los ovarios. Sin embargo, particularmente en la hembra equina, la elevación de la concentración sérica de la hormona luteinizante, responsable de la ovulación, ocurre de forma lenta, alcanzando las máximas concentraciones plasmáticas 24 horas posteriores a la ovulación. La liberación de prostaglandina folicular, que inicia el proceso de lisis de la pared del folículo, está asociada con el aumento de la enzima óxido nítrico sintetasa endotelial (NOSe) que aumenta el flujo sanguíneo ovárico y, consecuentemente, activa los péptidos vasoactivos: angiotensina II (Ang II), endotelina-1 (ET-1) y el péptido natriurético atrial (ANP), que comienzan la modulación del tono vascular de la circulación sistémica y modifican el flujo sanguíneo folicular contribuyendo al proceso de la ovulación en la yegua (Andrade *et al*; 2011).

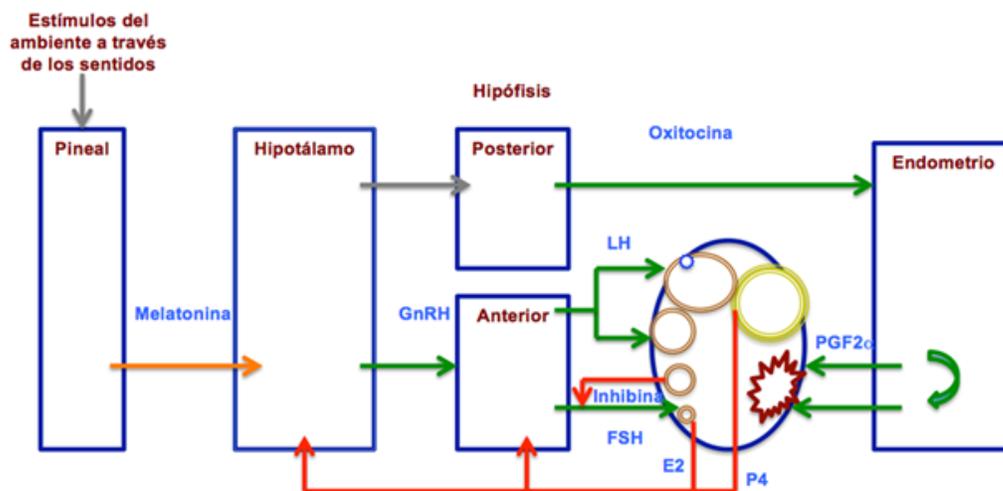


Figura 4. Neuroendocrinología del ciclo estral de la yegua (Cortés *et al.*; 2018).

2.4 El fotoperiodo y la melatonina

Se tiene documentado en las especies domésticas, como el fotoperiodo influye de manera directa en la producción de melatonina vía neuroendocrina. El estímulo de las horas luz es captado a través de la retina, donde a continuación llega al núcleo supraquiasmático del hipotálamo, de ahí pasa al ganglio cervical superior y glándula pineal. La ausencia del estímulo de luz en la glándula pineal promueve la síntesis de la enzima N-acetil transferasa, la cual influye sobre la serotonina para convertirla en N-acetil serotonina, para transformarse en melatonina por la acción de la enzima hidroxindol-*o*-metil transferasa. La melatonina (figura 5) por su parte actúa a nivel del hipotálamo participando en la regulación y secreción de GnRH (Cortés *et al.*, 2018). La época del año juega un rol importante, por lo cual a menor cantidad de horas luz, mayor será la cantidad de melatonina producida, caso contrario cuando existe un aumento de horas luz percibidas por la yegua habrá menor producción de melatonina y mayor secreción de GnRH dando pie a la ciclicidad reproductiva (Salazar-Ortiz *et al.*, 2011).

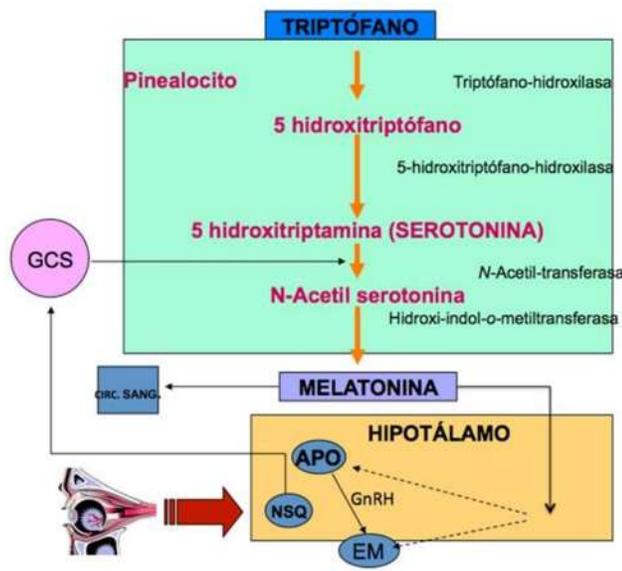


Figura 5. Trayectoria de la señal fotoneuroendocrina y síntesis de melatonina (Cortés *et al.*, 2018).

Una producción reducida de melatonina, como ocurre en primavera y verano donde la cantidad de horas luz es mayor que el resto del año, permite la función del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, y como consecuencia que la yegua presente ciclos estrales cada 21 días en promedio hasta lograr la gestación. En cambio, como sucede durante el otoño-invierno, periodo del año donde existe una mayor cantidad de horas oscuras, los folículos no alcanzan el crecimiento adecuado para llevar a cabo la selección folicular; esto se debe a la reducción en la secreción de hormona luteinizante; hormona relacionada con la desviación y maduración folicular. Los folículos ováricos se atresian y no ovulan; por lo tanto, no se presenta el orden endocrinológico que conduce a la ovulación y la yegua permanece en anestro estacional (Cortés *et al.*, 2018).

Entre los periodos de transición o cambio de la estación reproductiva y la reactivación gonadal, principalmente en primavera – otoño se encuentran diversos problemas, en los cuales figuran los folículos anovulatorios persistentes (HAF's) en las yeguas (McCue y Squires, 2002).

2.5 Folículos hemorrágicos anovulatorios (HAF)

Los folículos hemorrágicos anovulatorios se definen como la estructura ovárica folicular que crece en tamaño pero que no logra la ovulación, lo cual implica la retención del ovocito (figura 6 y 7) (McCue, 2000). Por lo tanto, Ginther, (1992) sugirió que los folículos anovulatorios pueden estar asociados con una producción deficiente de estrógenos porque la ecotextura uterina durante el estro en el que se desarrollan a menudo es reducida o ausente. También afirmó que, en algunos casos, los HAF que ocurren durante la temporada de reproducción están incorporados con intervalos inter-ovulatorios prolongados y pueden estar asociados con niveles bajos en la producción de progesterona.

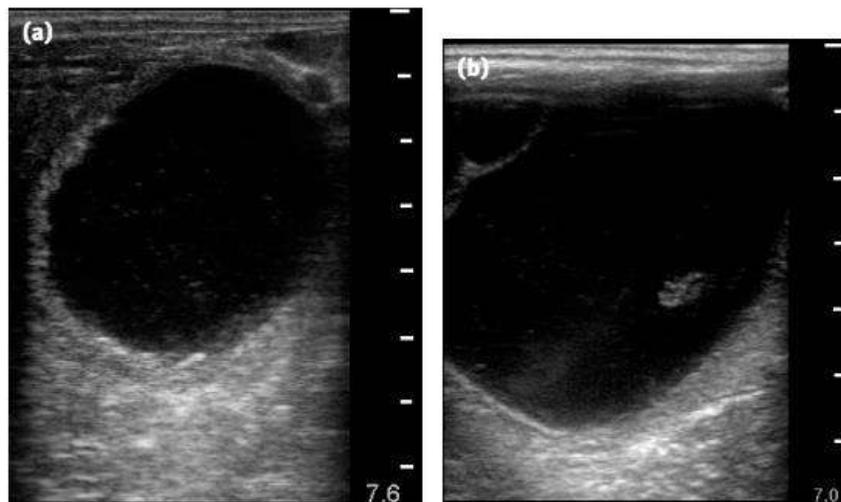


Figura 6. Folículos hemorrágicos anovulatorios en estadio temprano, en la imagen a) se logra apreciar un engrosamiento en la pared de las células de granulosa y partículas ecogénicas en el antro folicular, b) se observan flóculos e hilos de fibrina en el antro folicular (Crabtree, 2020).

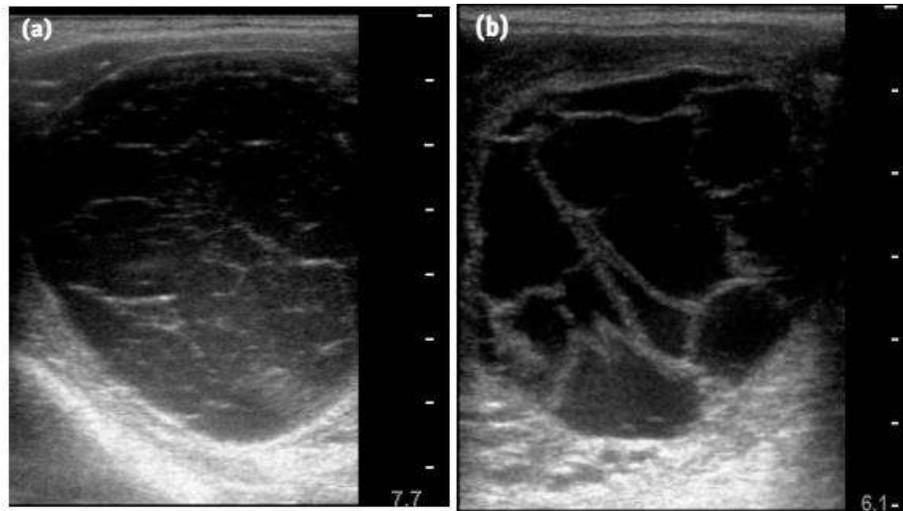


Figura 7. a) y b) se observan dos folículos hemorrágicos anovulatorios con diferentes patrones de bandas ecogénicas o trabéculas dentro del antro folicular (Crabtree, 2020).

Estos folículos hemorrágicos anovulatorios se muestran en presencia de un tamaño que ronda los 50.9 ± 11.2 milímetros de diámetro deteniendo su ruptura hacia la fosa ovulatoria y teniendo matices ecogénicos por presencia de sangre en el líquido antral simulando trabéculas o estrías en el interior (Figura 8). La incidencia en USA es de un 8.2% en 1694 ciclos vistos, en otra perspectiva se tienen reportes desde un 5 hasta un 24% a inicios y términos de la temporada reproductiva respectivamente (Ginther *et al.*, 2008), mientras que Pycock (2014) menciona que la incidencia oscila entre el 5% y el 20%. A su vez McCue y Squires (2002) comentan que la falla en la ovulación ocurre en casi todo el 10% de los ciclos estrales y que un alto porcentaje de yeguas que desarrollaron HAF experimentaron ciclos posteriores con formación de HAF durante la misma temporada de reproducción.

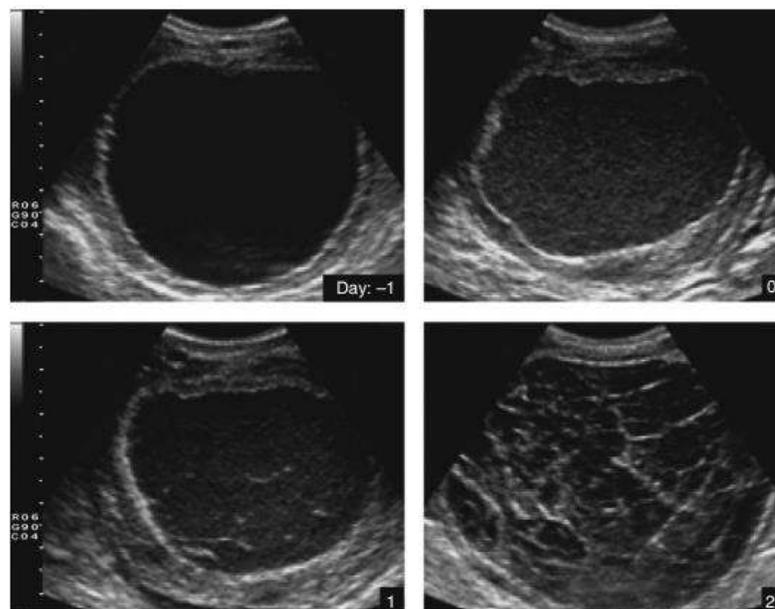


Figura 8. Ultrasonografía en modo B de un folículo antes y después de convertirse en un folículo hemorrágico anovulatorio (HAF). El primer indicio de la formación de HAF fue la presentación de líquido turbio en el antro del folículo (día 0), con hebras ecogénicas al día siguiente (día 1). La distancia entre las marcas de graduación es de 10 mm (Ginther *et al.*, 2008).

Al constituirse los HAF's como un problema que afecta notablemente la reproducción de la yegua, debido a que este fenómeno impide que vuelva a comenzar un nuevo ciclo que concluya con una ovulación, la mejor terapia o tratamiento es a través de sustancias naturales extraídas o sintéticas capaces de realizar un estímulo o acción sobre determinada célula o cúmulo de células (dianas) llamadas hormonas (McCue, 2000). De esta manera se determina de forma anticipada el momento óptimo para la monta o inseminación (Dolezel *et al.*, 2012).

Existen tratamientos hormonales útiles, como los es el caso de la buserelina, un análogo sintético de la GnRH que demostró su efecto de inducir la ovulación en yeguas al administrar 40 μg , 4 dosis a intervalos de 12 horas sin verse afectada la fertilidad. Además, el efecto de los tratamientos con buserelina a dosis de 20 μg , 4 dosis cada 12 h; o 13.3 μg , 3 dosis a intervalos de 6 h fue parecido al tratamiento con hCG 2500 UI/ IV. No obstante, también se informaron algunas ineficiencias de la buserelina para inducir la ovulación en yeguas (Yoon, 2012). Aunado a esto, en muchas ocasiones resulta impráctico administrar hormonas cada 12 h durante varias repeticiones por lo que Levy y Duchamp (2007) obtuvieron excelentes resultados al inducir la ovulación en un

rango de 24 – 48 h con folículos ≥ 35 mm, edema uterino y cervix relajado, utilizando una sola aplicación vía subcutánea de acetato de buserelina 6 ml equivalente a 1.05mg/ml (Suprefact®).

En el caso del acetato de deslorelina, un análogo superagonista de la GnRH, para el acortamiento del tiempo de ovulación y mejora del índice de preñez. La eficacia de la deslorelina para inducir ovulación dentro de las 48 h en folículos dominantes con un diámetro $>38-40$ mm (Chávez *et al.*, 2018). Los análogos sintéticos de GnRH han demostrado ser efectivos al inducir la ovulación debido a la liberación endógena de LH, acortando el proceso, 1.8 mg de acetato de deslorelina ha demostrado su efectividad de inducir la ovulación dentro de 48 h cuando es inyectado IM 1 ml una vez que la yegua ha desarrollado un folículo mayor a 30 mm (Reed *et al.*, 2018). La histrelina es otro potente agonista de GnRH que se utiliza para inducir la ovulación en yeguas y la dosis oscila entre 0,5 y 1,0 mg con un intervalo promedio desde la administración hasta la ovulación de 40 h (McCue, 2021).

Por otro lado, yeguas con folículos de 35-40 mm inducidas con 1500 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG) ovularon con folículos significativamente más pequeños ($P < 0.001$) en un promedio 44.0 ± 1.6 h (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008). Los implantes de deslorelina (ovuplant®) indujeron la ovulación de folículos significativamente de menor tamaño en los ciclos tratados en comparación con los ciclos espontáneos donde no existió tratamiento hormonal (6 yeguas que ovularon en 39.7 ± 2.3 h del tratamiento) (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008).

A su vez Dordas-Perpinyà *et al.* (2020) no encontraron diferencias significativas en el diámetro folicular de yeguas tratadas con acetato de buserelina (6 mg) o con eCG (1500 UI), reportando un diámetro folicular promedio de 40.98 ± 0.55 mm y de 41.45 ± 0.59 mm, respectivamente.

Así también, el cloprostenol, un análogo sintético de las prostaglandinas, relacionado estructuralmente con la prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$) es utilizado como inductor de la ovulación cuando hay presencia de un cuerpo lúteo funcional además de un folículo dominante. Esta hormona da pie a folículos de diámetros más pequeños, y aunque se conoce el mecanismo por el cual cloprostenol logró reducir el diámetro folicular preovulatorio en ciclos inducidos, pero la

capacidad para inducir la liberación de GnRH podría resultar en un efecto similar al de la hCG y deslorelina (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008). Cabe destacar el uso racional de prostaglandinas para inducir el siguiente estro debido al riesgo de HAF. Sin embargo, el procedimiento por el cual la administración de prostaglandinas durante la fase lútea aumenta la probabilidad de desarrollar HAF siguen sin estar claros (Cuervo-Arango y Newcombe, 2010). Se cree que el mecanismo para esto podría ser que las prostaglandinas pueden causar una liberación de LH (Crabtree, 2020).

Las prostaglandinas se utilizan de forma rutinaria durante la época reproductiva, ya sea para aprovechar su acción luteolítica o ecbólica. Cuervo-Arango y Newcombe, (2009) encontraron una tasa de incidencia del 35.8% de desarrollo de HAF cuando las yeguas recibieron 300 µg de PGF. Sin embargo, un estudio reciente de la Universidad Estatal de Colorado encontró solo una tasa de incidencia del 2.5% de desarrollo de HAF después del tratamiento con la dosis que normalmente se usaría en la práctica (250 µg del análogo de PGF2α, cloprostenol) al examinar un total de 520 ciclos estrales (Trundell, 2017).

Además, Crabtree (2020) comenta que la formación repetida de HAF se asocia con copas endometriales persistentes en yeguas después de una gestación fallida o en un parto normal donde hay niveles bajos de eCG circulante. Por otro lado, los antiinflamatorios no esteroideos (AINES) tienen su rol en la presentación de HAF ya que, la administración intrafolicular del inhibidor de la ciclooxigenasa (COX) indometacina bloquea la ovulación en la yegua. Debido a esto Cuervo-Arango y Dominguez-Ortiz (2011) demostraron que el tratamiento sistémico con una dosis alta de flunixin de meglumina (2 mg /kg c/12 h) puede bloquear la ovulación e inducir la formación de HAF en el 83% de las yeguas (Crabtree, 2020). No obstante, el efecto de la edad sobre la incidencia de HAF de 13.1% en yeguas de 6-10 años; mientras que, en yeguas mayores de 10 años, la incidencia fue del 24%, lo que indica que la edad de la yegua, pueden ser también un factor predisponente para este acontecimiento (Cuervo-Arango y Newcombe, 2010).

Aunado a lo anterior, diversos resultados indicaron que la elevación del estradiol plasmático días antes de la ovulación esperada y una mayor vascularización del folículo un día antes de la ovulación se asociaron en la conversión de un folículo viable a un HAF. Se produjeron concentraciones más altas de estradiol unos días antes de la formación de HAF, pero otras hormonas sistémicas (P4, LH, FSH) no se alteraron durante la conversión de un folículo preovulatorio en un HAF (Ginther *et al.*, 2006).

Otro indicador para determinar la ovulación o formación de HAF es mediante el uso de Doppler Color. En el día -1 previo a la ovulación los folículos que van a ovular y los HAF no muestran diferencia en diámetro o en los indicadores ultrasonográficos en escala de grises; sin embargo, en futuros HAF, un mayor porcentaje en la circunferencia folicular exhibió más cantidad de flujo sanguíneo cuando se aplicó el Doppler Color. La pared de los HAF desarrolla tejido lúteo bien vascularizado y niveles de progesterona casi normales (Ginther *et al.*, 2007). También los HAF pueden contener partículas y bandas ecogénicas que cruzan la cavidad folicular o tienen una ecotextura completamente gris (Gharagozlou *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, existe otro factor que interviene en el momento de alguna aplicación hormonal; haciendo referencia al grado de edema uterino durante el estro en el cual los pliegues endometriales se vuelven prominentes y el útero tiene una apariencia heterogénea (es decir, una mezcla de áreas hiperecoicas e hipoecoicas). El edema endometrial tiende a alcanzar su punto máximo aproximadamente 1 a 3 días antes de la ovulación dando una apariencia de “rueda de carreta” y comienza a disminuir en el día anterior a la ovulación, para restaurarse en una ecotextura uterina homogénea típica del diestro dentro de 1 a 3 días después de la ovulación (Brinsko, 2011); cabe resaltar que no todas las yeguas muestran este patrón debido a que algunas pueden ovular cuando todavía muestran cierto grado de edema uterino, por el contrario, otras no muestran edema en el periodo preovulatorio, lo cual lleva al clínico a formar su criterio al momento óptimo de la ovulación en cada caso (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008). Las puntuaciones de edema endometrial se registran típicamente (Brinsko, 2011) como 0 (ninguno), 1 (leve), 2 (moderado) y 3 (intenso).

Una vez que se instaura un HAF en el ovario de una yegua, existe tratamiento para su lisis, consiste en la administración de prostaglandina F_{2α} (Estrumate®, MSD Animal Health, 250 µg/ml por vía intramuscular) entre los días 7 y 10 después del desarrollo inicial del HAF (Trundell, 2017).

Sin embargo, y aunado a todo esto, en México no existen estudios en yeguas criollas que evalúen la eficiencia de un protocolo a base de acetato de buserelina en la reducción de HAF y aumento de la fertilidad. Por lo cual resulta interesante probar si a nivel local en la región Ciénega del Estado de Michoacán, se cumplen aquellas conclusiones derivadas de los diferentes estudios realizados a nivel mundial. Por tanto, la investigación propuesta tiene como objeto comparar la eficiencia reproductiva de esta hormona.

3. HIPÓTESIS

La aplicación de un análogo sintético de GnRH en yeguas criollas disminuirá la incidencia de folículos hemorrágicos anovulatorios.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar los efectos de un análogo sintético de GnRH sobre la incidencia de folículos hemorrágicos anovulatorios, diámetro folicular y tiempo a la ovulación post aplicación hormonal.

4.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar la frecuencia de folículos hemorrágicos anovulatorios bajo la influencia del análogo de GnRH durante el periodo reproductivo en yeguas criollas.
- Evaluar el diámetro folicular al momento de la ovulación post-aplicación hormonal.
- Medir el tiempo a la ovulación post-aplicación hormonal en yeguas criollas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Pajacuarán, región Ciénega, localizado al noroeste de Michoacán, en las coordenadas 20°7'0.82" latitud norte y 102°33'55.85" de longitud oeste, a una altura de 1528 m. s. n. m. El clima es templado con temperaturas que oscilan de 7.6 a 24.5 °C, la época de lluvias es en verano, teniendo una precipitación pluvial anual de 700.0 mm, siendo la distancia de la capital del estado de 240 km (INAFED, 2010).

Se utilizaron 31 hembras (yeguas criollas) ciclando, óptimamente reproductivas, con rango de edad, de 2 a 15 años y condición corporal de 3 - 4 (óptimas) en una escala del 1 al 6 (Webb y Weaver, 1979). Previo al uso de ultrasonido se llevó a cabo una revisión de la conformación anovulva y examen ginecológico el cual inició por la limpieza de la vulva y áreas circundantes, para posteriormente insertar un espéculo vaginal tubular estéril en la cavidad vaginal y permitir con este abordaje observar el vestíbulo, vagina y orificio cervical externo, revisando así si existiera alguna anomalía como himen persistente, vaginitis / cervicitis, varicosidades vaginales, adherencias, laceraciones o desgarros del cuello uterino posterior o de las paredes vaginales y acumulación de material u orina en la cavidad vaginal (Brinsko, 2011), posteriormente se continuo con una palpación rectal de todo el tracto reproductor.

Las yeguas se dividieron de manera aleatoria en dos grupos, T1) control (n=15), yeguas que tuvieron una aplicación intravenosa (IV) de 10 ml agua estéril y T2) experimental (n=16), yeguas ciclando normalmente que fueron sometidas a la aplicación de un análogo sintético de GnRH (acetato de Buserelina) 10 ml IV (0.04 mg). Ambos grupos recibieron 10 mg de dinoprostrometamina IM (análogo de prostaglandina PGF₂α Lutalyze®, Zoetis NZ) cuando mediante ultrasonografía se reportó un cuerpo lúteo funcional o la aparición de un HAF, la dosis fue aplicada siete días después de la visualización de dichas estructuras con la finalidad de lisar el cuerpo lúteo o destruir el HAF (Gharagozlou *et al.*, 2013); para de esta manera acortar los tiempos entre cada ciclo estral y dar inicio a un nuevo estro.

Los folículos fueron monitoreados mediante el uso de ultrasonido (SonoScape E1) con un transductor lineal de 7.5 MHz. Una vez alcanzado el tamaño folicular de 35 mm en adelante y edema uterino grado 2 - 3 se aplicó una dosis de 0.04 mg de acetato de buserelina IV

(LiberActive®, Virbac) como inductor de la ovulación en el grupo experimental con la finalidad de disminuir la probabilidad de HAF. En cambio, en el grupo control se hizo una monitorización folicular a partir de folículos mayores a 35 mm y edema uterino grado 2-3 hasta confirmar la ovulación o en caso contrario la presencia de un folículo hemorrágico anovulatorio.

Cada yegua fue evaluada durante tres ciclos estrales (dando un total de 93 ciclos) en las 31 yeguas del estudio; posteriormente las yeguas fueron llevadas a servicio y en su mayoría lograron gestarse, por lo cual, 14 días posterior a la confirmación de la ovulación se realizó el diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía.

Las variables de respuesta a evaluar fueron el porcentaje de folículos ≥ 35 mm y el tiempo de respuesta a la ovulación 30 – 48 h (o más) horas que trascurren desde la aplicación de GnRH, por lo cual se estuvo monitoreando con ultrasonido cada 8 h hasta determinar el momento de la ovulación.



Figura 9. Monitoreo folicular de yegua mediante el uso de ultrasonografía.

Los datos obtenidos de incidencia de HAFs en cada uno de los grupos fueron evaluados mediante prueba de Chi-cuadrada, mientras que el diámetro folicular a la ovulación (mm) y el

tiempo a la ovulación (h) fueron evaluados mediante un análisis de varianza completamente al azar y la comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de t de Student, el valor de significancia $P < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el paquete estadístico JMP (SAS; 2013).

6. RESULTADOS

Se registraron 93 ciclos estrales de las 31 yeguas que comprendieron el estudio; 16 pertenecientes al grupo experimental tratadas con el análogo sintético de GnRH (acetato de buserelina) más PGF₂ α y 15 yeguas del grupo control, las cuales se les administro un placebo (agua estéril), observando un mayor porcentaje de HAFs (Figura 10) en el grupo tratado con buserelina con respecto al grupo control (14.5% vs 11.1%, respectivamente), sin que las diferencias fueran estadísticamente significativas.

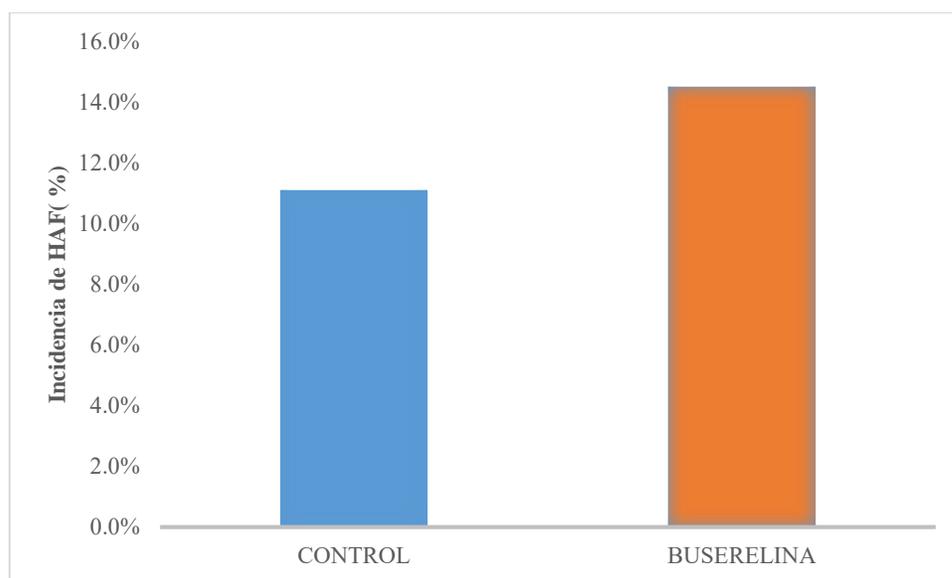


Figura 10. Incidencia de HAFs en yeguas tratadas con placebo y buserelina en la región Ciénega del estado de Michoacán.

Además, se obtuvieron registros sobre el diámetro folicular a la ovulación (Figura 11), los cuales mostraron mejores resultados ($P < 0.05$) en el grupo tratado con buserelina, observando un promedio de 43.94 ± 3.70 mm vs 48.38 ± 5.50 mm en el grupo tratado con placebo.

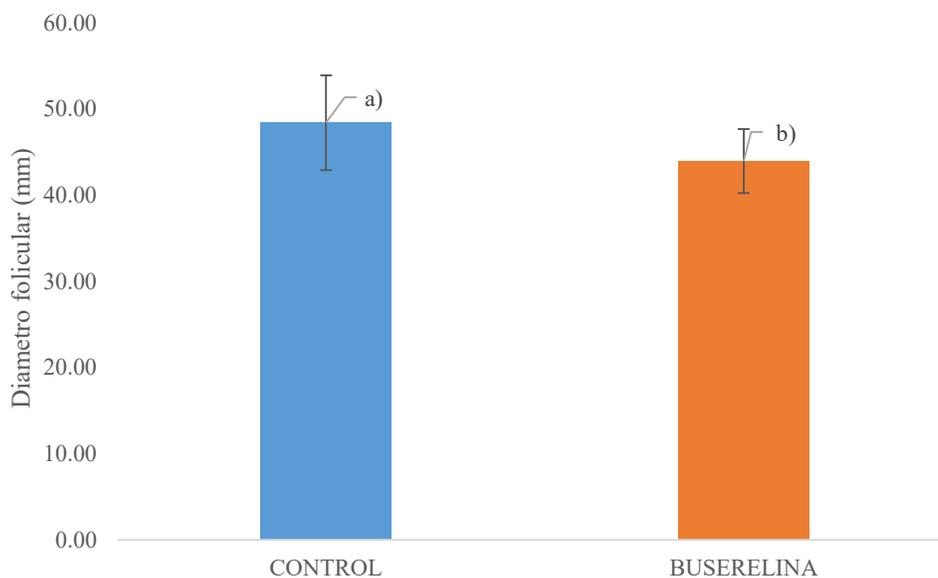


Figura 11. Diámetro folicular al momento de la ovulación en yeguas tratadas con placebo y buserelina en la región Ciénega del estado de Michoacán. Diferente literal sobre la barra, indicando diferencias significativas.

Con respecto al tiempo promedio a la ovulación, el grupo tratado con a. buserelina mostró resultados favorables (Figura 12) en comparación al grupo control, observando un tiempo promedio (ee) de 41.31 ± 2.50 vs 54.78 ± 5.90 h, respectivamente.

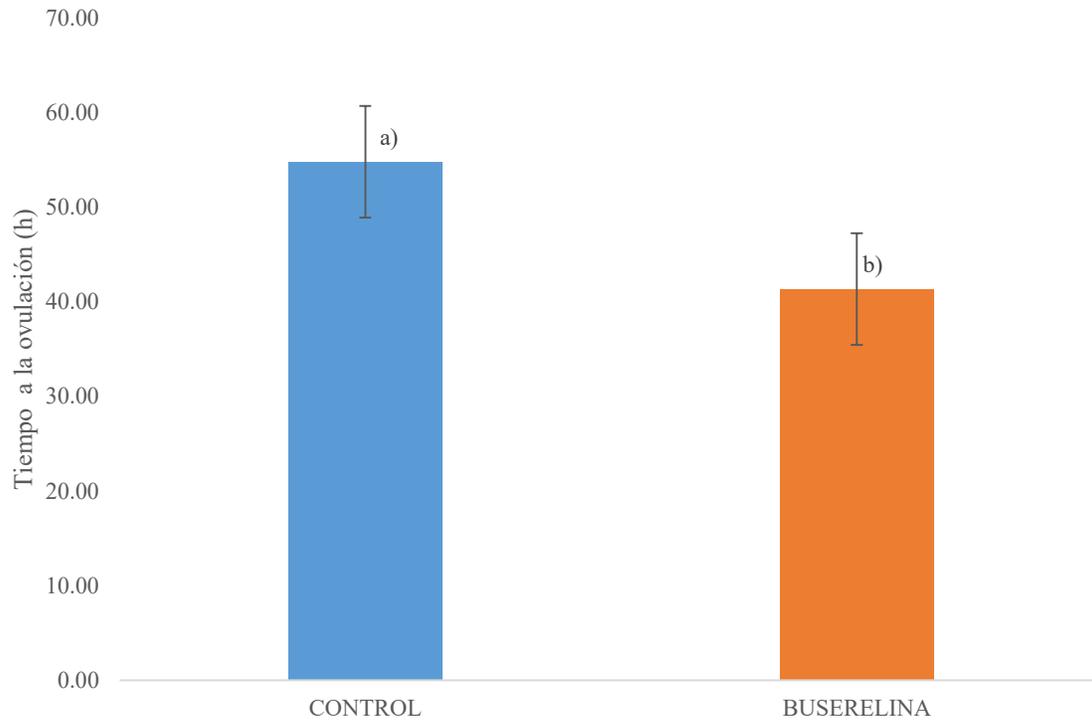


Figura 12. Diámetro folicular al momento de la ovulación en yeguas tratadas con placebo y buserelina en la región Ciénega del estado de Michoacán. Diferente literal sobre la barra indica diferencias significativas.

7. DISCUSIÓN

La incidencia de los HAF varía de 5% a 24% respectivamente (Ginther, 2008; Pycock, 2014; McCue y Squires, 2002). En este estudio la incidencia en el grupo experimental fue 14.5% mientras que en el grupo control se obtuvo 11.1%; ambos resultados ingresan en el rango, y aunque no se observaron diferencias significativas, la diferencia pudo deberse a factores como inicio y termino de temporada reproductiva donde en los periodos de transición reproductiva y reactivación gonadal (primavera-otoño) se reportan una mayor presentación de HAF, lo cual una de las causas es debido a deficiencias en la secreción de hormonas reproductivas durante estos periodos (McCue y Squires, 2002). Aunque en este estudio no se evaluaron hormonas reproductivas sanguíneas, se conoce que factores hormonales donde la elevación de estradiol plasmático días antes de la ovulación y una mayor vascularización un día previo a la ovulación se asoció en la conversión de un folículo viable en un HAF (Ginther *et al.*, 2006) o a factores como la edad donde existe una mayor asociación de HAF en yeguas mayores de 10 años que aquellas menores a dicha edad (Cuervo-Arango y Newcombe, 2010). En este trabajo, en ambos grupos existieron yeguas con un rango de edad que va desde los 2 a 15 años; el tiempo de estudio fue comprendido desde la primavera del año 2021 hasta otoño del 2022. El número de observaciones a su vez fue una limitante debido a que la variabilidad en la incidencia se pudo haber comportado de manera diferente al incrementar la cantidad de repeticiones (ciclos estrales). La alimentación y el ambiente al cual estuvieron sometidas las yeguas por su parte fue un punto que no pudo ser controlado debido a que estas se encontraron en diversos lugares y en su mayoría los propietarios eran de bajos recursos por lo que la dieta que percibían algunas, unicamente era el forraje donde pastaban, por lo que valdria la pena seguir investigando si estos factores afectan la presentación de HAF. Actualmente una de las alternativas posibles pero poco estudiada, es la combinación de diferentes analogos de GnRH asociadas con otros componentes hormonales como la hCG o PGF2 α .

Otra variable del estudio fue el diametro folicular a la ovulación donde se obtuvo un promedio en el grupo experimental de 43.94 mm mientras que en el grupo control fue de 48.38 mm; comparando con otros trabajos Dordas-Perpinyà *et al.* (2020) utilizando la misma hormona (acetato de buserelina) a una dosis mayor de 6 mg reportó un diámetro folicular promedio de 40.98 \pm 0.55 mm, el mismo utilizando eCG (1500 UI) el diámetro promedio fue de 41.45 \pm 0.59 mm,

sin embargo, no encontró diferencias significativas. Yeguas con folículos de 35-40 mm inducidas con 1500 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG) ovularon con folículos significativamente más pequeños ($P < 0.001$) en promedio de 44.0 ± 1.6 h (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008). En bovinos se ha demostrado que el uso de 10,5 μ g de acetato de buserelina en un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo ha sido eficaz al inducir la ovulación en vacas *Bos Taurus* ya sea en combinación de cipionato de estradiol o sola (Uslenghi *et al.*, 2017). La disminución del diámetro folicular en este estudio con el grupo tratado en contraste con el grupo control radica en la efectividad del mismo (a. buserelina) al igual que haciendo uso de otros potentes super agonistas inductores de ovulación como es el caso de hCG, deslorelina y histrelina; los cuales concluyen en que al acortar el tiempo en horas o incluso días para que un folículo ovule una vez alcanzado un diámetro promedio de 35 mm en adelante. Con el uso de hormonas logra hacerlo que ovule en menor tiempo y tamaño.

El tiempo promedio a la ovulación con el uso de análogos de GnRH depende del tamaño del folículo dominante, el grado de edema uterino y de la dosis administrada de dicho fármaco. La deslorelina tiene una excelente eficacia para inducir ovulación dentro de las 48 h en folículos dominantes con un diámetro $>38-40$ mm (Chávez *et al.*, 2018) administrada a una dosis de 1.8 mg (Reed *et al.*, 2018). La histrelina es otro potente agonista de GnRH que se utiliza para inducir la ovulación en yeguas y la dosis oscila entre 0.5 y 1.0 mg con un intervalo promedio desde la administración hasta la ovulación de 40 h (McCue, 2021). La hormona hCG administrada a una dosis de 1500 UI induce la ovulación en un promedio de 44.0 ± 1.6 h (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008). En nuestro caso, en el grupo experimental la ovulación ocurrió en un tiempo promedio de 41.31 h; mientras que en el grupo control donde la ovulación fue espontánea sin el uso de análogos de GnRH el tiempo promedio hasta la rotura del folículo fue de 54.78 h. Con esto se demuestra que las hormonas naturales o sintéticas (GnRH) cuya función es inducir la ovulación, lo cual es logrado por un aumento súbito en la liberación de LH, hace que dicho folículo dominante madure y reviente en un rango de tiempo determinado, esto a su vez permite una gran ventaja al fijar un tiempo estimado desde su aplicación hasta la ovulación, de tal forma que pueda ser programada la monta o inseminación artificial y por ende el productor pueda verse beneficiado al reducir tiempos de traslados a un solo servicio con un mayor éxito en la fertilización.

8. CONCLUSIÓN

El acetato de buserelina es una hormona que, no incide sobre la prevención en la presentación de los HAFs, pero reduce el diámetro folicular y el tiempo a la ovulación. Lo que permite programar con mejor eficiencia la reproducción, generando la pauta en la toma de decisiones al momento de servir una yegua, además de mejorar la cantidad de servicios por ciclo estral, al realizar una sola monta o inseminación artificial. Brindando la ventaja de organizar un solo movimiento a donde se inseminará la yegua o en caso contrario un solo viaje del sitio de origen hacia el lugar donde se encuentre el garañón, esto a su vez, genera un ahorro para el propietario y evita la pérdida de tiempo en traslados. No obstante, y aunque los resultados con el uso de buserelina son alentadores, se precisa de seguir intentando reducir la incidencia de HAF.

9. IMPLICACIONES

El uso de un análogo sintético de GnRH como acetato de buserelina, demostró ser eficiente al mejorar la reproducción en las yeguas como inductor de ovulación y en la reducción del diámetro-tiempo del folículo al momento de ovular, lo cual sirve al veterinario para la toma de decisiones y beneficia al propietario en gastos por operatividad. No se demostraron efectos adversos al utilizar acetato de buserelina en el grupo tratado, tampoco se vio afectada la reproducción de las mismas. Sin embargo, cabe resaltar que mejorar las condiciones del ambiente, factores nutricionales, de manejo, así como el hecho de medir hormonas reproductivas sanguíneas y uniformizar en la mayoría de lo posible la cantidad de observaciones, se podría obtener resultados alentadores en la incidencia de los HAF's. Por su parte aumentar la cantidad de ciclos ayudaría a tener más certeza en el desempeño hormonal cuando es administrada en las condiciones más afines.

10. RECOMENDACIONES

Acetato de buserelina demostró ser eficiente en mejorar la reproducción en equinos, sin embargo, se recomienda que, al usarse dicha hormona en la yegua, esta debería cumplir ciertas características con la finalidad de mejorar la reproducción de la misma. Entre los puntos más relevantes a tomar en cuenta son: factores nutricionales en los cuales se ve implicada una nutrición de calidad para el ejemplar a reproducir, que incluye una dieta balanceada con alimentos de buena calidad y que cumplan con los requerimientos nutricionales sin olvidar una condición corporal óptima (3-4) en una escala de 1-6. Cuestiones ambientales como la época en que se piensa usar dicha hormona, la cual se prefiere siempre que sea durante primavera-verano, es decir, cuando la temporada reproductiva está en su tiempo óptimo y no administrar buserelina cuando es época de transición o de anestro estacional. Reducir los niveles de estrés en cualquier ámbito y tener un ambiente agradable para la yegua ayudará. Factores como la edad a reproducir es relevante tomar en cuenta, ya que hembras demasiado jóvenes o de edad avanzada tendrán mayores problemas tanto para gestar como al momento del parto en aquellas pequeñas y de corta edad; por lo que se recomienda que el tiempo ideal para la reproducción sea entre los 3-15 años. Tomando en cuenta que hay yeguas de 2.5 años que cumplen todas las características para reproducir y que yeguas mayores a 15 años siguen siendo buenas reproductoras. Cuestiones anatómicas del tracto reproductor y la

conformación ano-vulva, así como el adosamiento de los pliegues vulvares es un punto importante a considerar, y aunque estos problemas no influyen en factores hormonales, si implican relevancia en la reproducción de la yegua, por lo cual tener en cuenta estos problemas y mejorarlos al momento de querer gestar una hembra es importante considerarlo. Yeguas con potro al pie, en diversas ocasiones entran en una etapa denominada: anestro post-parto y algunas veces no es suficiente un tratamiento convencional de una sola dosis de algún análogo de GnRH para inducir la ovulación, así como la ciclicidad reproductiva, por lo que es necesario administrar protocolos tanto hormonales como el factor luz para que vuelva a ciclar y quedar gestante teniendo un potro al pie. Tomar en cuenta todos estos factores que afectan la reproducción de la yegua nos dará la pauta para tomar la decisión de en qué momento utilizar acetato de buserelina con las respuestas favorables esperadas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F; Pérez, J; Oliveira-Souza, A; Ribeiro do Vale, V; Marc, H; Chacón, L; Arias, S; 2011. Foliculogénesis y ovulación en la especie equina. *Revista de Medicina Veterinaria: Universidad de la Salle*, Volumen 22, pp. 43-50.
- Bradley, G. K., 2014. Fisiología veterinaria. En: *Control de la ovulación y del cuerpo lúteo*. Madrid: Elsevier, pp. 416-422.
- Brinsko, P., 2011. *Manual of Equine Reproduction*. 3rd ed. Maryland Heights: Elsevier.
- Brinsko, S; Blanchard, T; Varner, D; Schumacher, J; Love, C; Hinrichs, K; Hartman, D; 2011. *Manual of Equine Reproduction*. Tercera ed. Mosby: Elsevier.
- Budras, K., Sack, W. & Rock, S., 2009. *Anatomy of the horse*. Sixth ed. Hannover: schlutersche.
- Chávez, E., Baltodano, J. & Caballero, C. L., 2018. Efecto del uso de acetato de deslorelina en la inducción de ovulación de yeguas Caballo Peruano de Paso. *Rev Inv Vet Peru*, Volumen 29, pp. 713-719.
- Cortés, Z; Aréchiga, C; Rincón, M; Rochín, F; López, M; Flores, G; 2018. Revisión: El Ciclo Reproductivo de la Yegua. *Abanico Veterinario*, Volumen 3, pp. 14-41.
- Crabtree, J., 2020. Update on the management of the anovulatory follicle in horses. *In practice*, April, Volumen 42, pp. 171-176.
- Cuervo-Arango, J. & Dominguz-Ortiz, R., 2011. Systemic treatment with high dose of flunixin-meglumine is able to block ovulation in mares by inducing hemorrhage and luteinisation of follicles. *Theriogenology*, Volumen 75, pp. 707-714.
- Cuervo-Arango, J. & Newcombe, J., 2008. Repeatability of preovulatory follicular diameter and uterine edema pattern in two consecutive cycles in the mare and how they are influenced by ovulation inductors. *Elsevier*, Volumen 69, pp. 681-687.
- Cuervo-Arango, J. & Newcombe, J., 2010. Risk factors for the development of haemorrhagic anovulatory follicles in the mare. *Reproduction in Domestic Animals*, Volumen 45, pp. 473-480.
- Dolezel, R., Ruzickova, K. & Maceckova, G., 2012. Growth of the dominant follicle and endometrial folding after administration of hCG in mares during oestrus. *Veterinari Medicina*, Volumen 57, pp. 36-41.

- Domínguez-Sánchez, C; Cervantes, P; Pérez-Rico, A; Delgado, J; Jiménez, L; Aguirre, L; Brandariz, C; Nuñez, L; Cortés, O; Farman, S; Costa, M; Kelly, L; Vega-Pal, JL; 2015. Estructura genética del caballo local de Veracruz, México, usando microsatélites. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, Volumen 6, pp. 192-200.
- Dordas-Perpinyà, M. y otros, 2020. Single injection of triptorelin or buserelin acetate in saline solution induces ovulation in mares the same as a single injection of hCG. *Reproduction in Domestic Animals*, Volumen 55, pp. 374-383.
- Gharagozlou, F., Youssef, R., Akbarinejad, V. & Masoudifard, M., 2013. *Evaluation of serum anti-Müllerian hormone (AMH) in two mares with hemorrhagic anovulatory follicle*, London: Springer-Verlag London, Volumen 22, pp. 1259-1261.
- Ginther, O; Gastal, M; Gastal, E; Jacob, J; Beg, M; 2008. Induction of haemorrhagic anovulatory follicles in mares. *Reproduction, Fertility and Development*, Volumen 20, pp. 947-954.
- Ginther, O., Gastal, E., Gastal, M. & Beg, M., 2006. Conversion of a viable preovulatory follicle into a hemorrhagic anovulatory follicle in mares. *Animal Reproduction*, Volumen 3, pp. 29-40.
- Ginther, O., Gastal, E., Gastal, M. & Beg, M., 2007. Incidence, Endocrinology, Vascularity, and Morphology of Hemorrhagic Anovulatory Follicles in Mares. *Journal of Equine Veterinary Science*, March, Volumen 27, pp. 130-139.
- Hafez, E. & Hafez, B., 2002. *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Séptima ed. México: McGraw-Hill Interamericana.
- INAFED, 2010. *Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. [En línea] Available at: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>
- Levy, I. & Duchamp, G., 2007. A single subcutaneous administration of Buserelin induces ovulation in the mare: Field Data. *Reproduction of animals domestic*, Volumen 42, pp. 550-554.
- McCue, P., 2000. *Diagnosis of ovarian abnormalities*. [En línea] Available at: <https://www.ivis.org/library/recent-advances-equine-reproduction/diagnosis-of-ovarian-abnormalities>
- McCue, P., 2021. *Hormone Therapy in Cycling Mares*. Colorado: John Wiley & Sons, Inc..
- McCue, P. M. & Squires, E. L., 2002. Persistent anovulatory follicles in the mare. *Elsevier*, Volumen 58, pp. 541-543.

- Parra, R., 2018. *México entre los modelos oriental y occidental de medicina veterinaria para equinos*. [En línea] Available at: <https://china.unam.mx/2018/04/25/mexico-entre-los-modelos-oriental-y-occidental-de-medicina-veterinaria-para-equinos/#:~:text=Nuestro%20pa%C3%ADs%20es%20el%20segundo,la%20Alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20Agricultura>. [Último acceso: Junio 2023].
- Pycock, J. F., 2014. Use of ultrasonography in the management of the abnormal broodmare. En: *Atlas of Equine Ultrasonography*. Oxford: s.n., pp. 297-308.
- Reed, S. M., Bayly, W. M. & Sellon, D. C., 2018. Equine Internal Medicine. En: *Disorders of the reproductive tract*. St. Louis, Missouri: ELSEVIER, pp. 1217-1262.
- Salazar-Ortiz, J; Camous, S; Briant, C; Lardic , L; Chesneau, D; Guillaume, D; 2011. Effect of nutritional cues on the duration of the winter anovulatory phase and on associated hormone levels in adult female welsh pony horses (*Equus caballus*). *Reproductive Biology and Endocrinology*, Volumen 9, pp. 1-16.
- Sharp, D. & Porter , M., 2004. Reproductive anatomy and physiology of the nonpregnant mare. En: S. Reed, W. Bayly & D. Sellon, edits. *Equine Internal Medicine*. Segunda ed. USA: Editorial Saunders, pp. 1025-1030.
- Sisson, S. & Grossman, J., 1981. *Anatomía de los animales domésticos*. cuarta ed. Barcelona: Salvat.
- Suárez, C., Pérez, O., Paredes, C. & Suárez, S., 2017. Referencias para consultorio. *MV*, pp. 13-20.
- Trundell, D., 2017. Abnormalities of the mare's ovaries. *Livestock*, Volumen 22, pp. 278-281.
- Uslenghi, G., Cabodevila, J. & Callejas, S., 2017. Efecto del ciproionato de estradiol y la GnRH sobre la sincronización de ovulaciones y la tasa de preñez a la IATF en vacas de cría sin ternero al pie. *Scielo*, Volumen 18, pp. 14-20.
- Webb , A. & Weaver, B., 1979. Body composition of the horse. *EquineVet J* , pp. 39-47.
- Yepes, W., Pardo, E. & Causil, L., 2017. Diversidad genética del caballo criollo (*Equus caballus*) mediante genes asociados al pelaje en Valencia, Colombia. *Rev Inv Vet Perú*, Volumen 28, pp. 562-570.
- Yoon, M., 2012. The estrous cycle and induction of ovulation in mares. *Journal of Animal Science and Technology*, Volumen 54, pp. 165-174.