

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Uso de la GnRH más hCG sobre la ovulación en yeguas

Por:

NADIA ITZEL NICOLÁS GÓMEZ

MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de la GnRH más hCG sobre la ovulación en yeguas

Por:

NADIA ITZEL NICOLÁS GÓMEZ

MONOGRAFÍA


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:



Dr. Oscar Angel García
Presidente



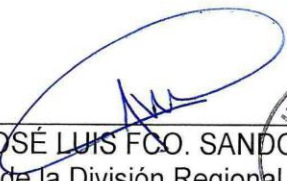
Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal



M.C. Edgar Díaz Rojas
Vocal (externo)



Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Vocal Suplente



MC. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Octubre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de la GnRH más hCG sobre la ovulación en yeguas

Por:


NADIA ITZEL NICOLÁS GÓMEZ

MONOGRAFÍA


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Oscar Angel García
Asesor principal



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Coasesor



M.C. Edgar Díaz Rojas
Coasesor (externo)



MC. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Octubre 2022

AGRADECIMIENTOS

A DIOS eres la razón por la cual mi vida tiene sentido, has estado a cada paso, has sido guía, padre y maestro; me debo a ti y espero cumplir con la misión que tengas para mí.

A mi mamá Teresa Gómez gracias por la paciencia, la confianza y la inalcanzable lucha para que tengamos todo en la vida.

A mi hermana Gracias por escucharme llorar, por verme reír y sobre todo por estar siempre junto a mí, te amo.

A mi papá Pablo Nicolás por ayudarme en todos estos años a concluir mi carrera y enseñarme que yo siempre seré el pilar principal en mi vida.

A Alma Lilia Monroy e Ivonne Prieto, por hacerme parte de su familia, procurarme y quererme por encima de las dificultades de la vida.

A Paloma Guerrero y su familia por permitirme un lugar en su mesa durante el proceso de esta monografía

A mi asesor y estimado amigo MC. Edgar Díaz Rojas por compartirme de su conocimiento en la especie equina, apoyo incondicional, fe y confianza en mí.

A mi asesor principal el Doctor Oscar Ángel García por la paciencia, apoyo, amistad y el interés que pone para que cada día seamos mejores profesionistas.

A mi mejor amigo de toda la vida Eduardo Amado, su esposa Marisol Contreras y su hija Ximena por hacerme parte de su familia, por creer en mí y darme siempre las palabras de aliento que no encuentro en nadie más.

A mis amigos Joselyne Ramos, Zayda Rocha, Neza Flores y al Team Chicas pesadas: Viri, Diana, Damaris y Odín; por los buenos momentos y cada palabra de aliento.

DEDICATORIA

A Dios Dame hambre y sed de ti para ser merecedora de tu gracia.

A mi mamá Teresa Gómez este es un punto en mi vida en el que espero estar cumpliendo con el papel de hija.

A mis amigos Dios sabe porque los conocí y en cada paso comparten un poquito de ustedes y se vuelven parte de mí.

A mis ángeles en el cielo Paulis y Carlos, les extraño más que a nadie en el mundo; espero que desde allá arriba estén orgullosos de mí porque todo lo que soy es por y para ustedes. Desearía que estuvieran aquí. Los amo con todo el corazón.

A mí misma: Eres una mujer fuerte, sigue tu intuición y escucha a tu mente y corazón para que cada decisión esté respaldada a cada paso que des; eres inspiración, eres amor y eres luz por doquier; te mereces todo aquello por lo que luchas y esfuerzas... te quiero; siempre libre, siempre apasionada, siempre feliz y plena en Dios.

RESUMEN

México a lo largo de los años ha adoptado el uso de biotecnologías con el fin de cubrir la demanda de equinos requeridos en las distintas disciplinas presentes dentro de nuestro país. Debido a la petición de aumentar el número de especímenes presentes en el territorio nacional, se ha llevado a cabo la manipulación reproductiva de las yeguas (Barros, 2019).

El ciclo reproductivo de las yeguas abarca desde el final de la primavera al final del verano (Compendio de reproducción, 2007). La actividad reproductiva de ésta puede ser modulada por la nutrición, el clima y la temperatura (Galina y Valencia, 2008), además de considerar, que es un animal poliéstrico estacional.

Las tecnologías se utilizan en la especie equina por problemas de fertilidad o estacionalidad (Baca y Miragaya, 2018), por lo anterior, los tratamientos hormonales han sido utilizados para la inducción y/o sincronización de la ovulación incrementando la población de esta especie (Bahía *et al.*, 2020)

La manipulación del ciclo estral se realiza a través de diferentes fármacos, tales productos hormonales entre los que destacan los análogos de la GnRH (acetato de deslorelina, gonadorelina y busarelina) y hCG.

De acuerdo a la información obtenida en la presente monografía, los protocolos consultados con el fin de su uso en la reproducción equina refieren que el uso del acetato de deslorelina y la hCG ofrecen porcentajes de ovulación favorables al ser utilizados de manera independiente como combinados.

Palabras clave: GnRH, hCG, protocolos hormonales, fotoperiodo, y yeguas

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
TABLA DE ABREVIACIONES	vi
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Importancia de la especie equina en México	2
2.2 Endocrinología de la reproducción en yeguas	3
2.2.1 Fotoperiodo	3
2.2.2 Ciclo estral	5
2.3. Técnicas de reproducción asistida.....	7
2.3.1 Inseminación artificial.....	7
2.3.2 Transferencia de embriones	10
2.4 Manipulación del ciclo reproductivo	11
2.4.1 Uso del fotoperiodo artificial.....	11
2.4.2 Uso de productos hormonales.....	12
III. CONCLUSIONES	17
LITERATURA CITADA	18

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Hormonoterapia aplicando la combinación de gonadotropina coriónica humana y acetato de deslorelina	13
Cuadro 2. Hormonoterapia con acetato de deslorelina	14
Cuadro 3. Hormonoterapia con gonadotropina coriónica humana.....	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Versión simple de la regulación hormonal del ciclo estral de la yegua. Modificada de Brinsko et al., 2011.....	4
Figura 2 Neuroendocrinología del ciclo estral de la yegua. Tomada de Cortés et al., 2018.....	5
Figura 3. Actividad hormonal durante el ciclo estral de la yegua. Tomada y modificada de Sadurní, 2020.....	6
Figura 4 Momento indicado para realizar la IA con semen fresco. Tomada de Sadurní, 2020.....	9
Figura 5. Momento indicado para llevar a cabo la IA con semen refrigerado o congelado. Tomada de Sadurní, 2020.....	9

TABLA DE ABREVIACIONES

Abreviación	Concepto
AD	Acetato de Deslorelina
Dopamina D2	Tipo de receptor de dopamina
DU	Dosis Única
FSH	Hormona Folículoestimulante
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropinas
hCG	Gonadotropina Coriónica humana
IA	Inseminación Artificial
IM	Intramuscular
IV	Intravenosa
LH	Hormona Luteinizante
MI	Mililitros
Mm	Milímetros
OIE	Oficina Internacional de Epizootopias
PGF_{2α}	Prostaglandina F _{2α}
PMS	Espermatozoides progresivamente motiles
TE	Transferencia de Embriones
TO	Temporada Ovulatoria
TRA	Técnicas de Reproducción Asistida
UI	Unidades Internacionales

I.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años México ha optado por el uso de biotecnologías con el fin de cubrir la demanda de equinos utilizados en las diferentes disciplinas deportivas más importantes del mundo; enriqueciendo la cultura ecuestre del país. Un incremento en el número total de especímenes presentes dentro del territorio nacional es consecuencia de la manipulación reproductiva de las hembras con el fin de obtener mayor aprovechamiento (Barros, 2019).

La yegua es un animal poliéstrico estacional, su ciclo estral abarca desde primavera al final del verano (Compendio de Reproducción, 2007); con variación de acuerdo a los hemisferios. Sin embargo, además del fotoperiodo, la actividad reproductiva de la yegua puede ser modulada por la nutrición, el clima y la temperatura (Galina y Valencia, 2008).

De manera rutinaria una de las biotecnologías de mayor uso es la inseminación artificial (IA) con uso de semen (fresco, refrigerado o congelado), seguida de la transferencia de embriones (TE) y en última estancia la fertilización *In vitro*; con el fin de incrementar el número de crías (Ángel y Bran, 2010).

La razón por la que estas tecnologías se utilizan en la especie equina, son problemas de infertilidad en machos y hembras (Baca y Miragaya, 2015), actualmente disponemos de técnicas de reproducción asistida (TRA) y se tienen en marcha investigaciones respecto al tema (Chávez *et al.*, 2018); por lo anterior, los tratamientos hormonales han sido usados para inducir y/o sincronizar la ovulación lo cual facilita la administración reproductiva, disminuyendo el manejo e incrementando el éxito en la aplicación de biotecnologías reproductivas (Bahía *et al.*, 2020). La presente revisión tiene como finalidad abordar el uso de la Hormona liberadora de Gonadotropinas (GnRH) más Gonadotropina Coriónica humana (hCG) sobre la ovulación en yeguas a partir de información reciente sobre el tema.

II.- REVISION DE LITERATURA

2.1 Importancia de la especie equina en México

Hace miles de años, se han utilizado los caballos con diversos objetivos, como el suministro de materias primas con fines terapéuticos, apoyo en actividades agrícolas y desarrollo en diferentes disciplinas ecuestres. De manera reciente y con el cambio de dinámica poblacional, el contexto económico y la cría de ganado equino de forma selectiva, los caballos pueden ser localizados en todo el mundo. Se estima que un 60% de caballos son destinados a labranza y trabajo, y el 40% sobrante están integrados en actividades de entretenimiento ecuestre (Murray *et al.*, 2013).

Dentro del territorio nacional se practican diversas actividades ecuestres deportivas y de ocio que incluyen el arrendamiento, salto, charrería, carreras, paseo o cabalgatas y de manera reciente se ha incrementado el interés en los caballos de baile (Parra, 2018).

En 2013, durante la 13 Asamblea Mundial de la OIE en París; Murray *et al.* plantearon que diversos países en el mundo contaban con habitantes equinos superiores a un millón de individuos. EE. UU (9,500,000), China (7,402,450), México (6,260,000), etc. La unión Europea tiene una población equina estimada en 6 millones.

Parra (2018) menciona que México es el segundo país a nivel mundial en población caballar con 6 300 000 de individuos; Estados Unidos de América es el primero con más de 10 millones y por otro lado la Republica Nacional China con 6 millones 27 mil ocupa el tercer lugar, acorde a datos de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés).

Tomando en cuenta los datos estadísticos antes mencionados, se calcula que la tasa de crecimiento anual es del 0.12%; de tal manera que basados en este dato, se estima que en el año en curso se cuenta con un aproximado de 6 330 000 caballos en el territorio Mexicano.

Dentro de nuestro país, la medicina veterinaria utilizada en la especie equina se encuentra entre el modelo oriental como es el caso de India y China, la profesión es caracterizada por el uso de población caballar dentro del sector agrícola y el

occidental, donde predominan las actividades de deporte y recreación. En Estados Unidos de América, dentro de la aplicación de medicina en equinos se han incrementado los niveles de especialización similares a la medicina para humanos; en el oriente. En el caso mexicano, nuestro desarrollo apunta hacia ambas direcciones (Parra, 2018).

2.2 Endocrinología de la reproducción en yeguas

2.2.1 Fotoperiodo

Los factores ambientales intervienen y dominan el desempeño reproductivo de los animales de tal modo que pueden ajustarse y anticiparse, a aquellos cambios que ocurran a su alrededor. En las especies silvestres y en algunos casos en especies de producción un evento común, es la reproducción estacional, la cual sustancialmente mejora estratégicamente los procesos reproductivos y que por definición es regulada por estímulos del ambiente (Bustos y Torres, 2012).

Las especies estacionales han desenvuelto ritmos endógenos que les facilitan tener épocas reproductivas (estro) y no reproductivas (anestro) a lo largo del año; fácilmente diferenciadas por la cantidad de horas luz durante el día. En consecuencia a ello, los animales utilizan como un sincronizador de su ritmo biológico endógeno al fotoperiodo (Galina y Valencia, 2008).

En el caballo la actividad reproductiva es estacional. La estación reproductiva de las yeguas comienza desde la primavera y se extiende hasta finales del verano, en el hemisferio norte implica los meses de abril hasta septiembre, y en el hemisferio austral (hemisferio sur) desde octubre hasta marzo. Su actividad, se activa principalmente, por el aumento en el número de horas luz del día (es decir, el fotoperiodo creciente), mientras que el acortamiento de la duración del día (es decir, el fotoperiodo decreciente) desencadena el culmino de la estación reproductiva (Compendio de reproducción, 2007).

A nivel endocrino los estímulos luminosos son captados por la retina de ojo y transportados por el nervio óptico hacia el núcleo supraquiasmático, ganglio cervical superior llegando a la glándula pineal, liberando melatonina durante la oscuridad.

La melatonina interviene en diversas acciones dentro de los organismos y a partir del punto de vista reproductivo; la finalidad de la melatonina es el control de la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), cambiando la susceptibilidad del hipotálamo a los estrógenos (Galina y Valencia, 2008).

El patrón regulador del ciclo estral difiere en el vínculo entre órganos endocrinos como la glándula pineal, hipotálamo, glándula pituitaria, ovarios y endometrio al producir hormonas destinadas a la reproducción (Figura 1).

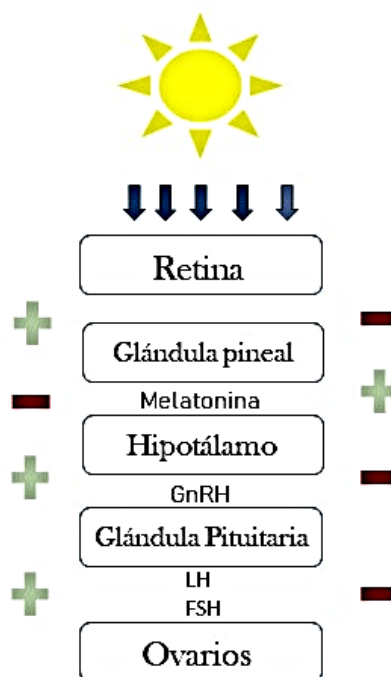


Figura 1 Versión simple de la regulación hormonal del ciclo estral de la yegua. Modificada de Brinsko *et al.*, 2011.

Las células neurosecretoras en el hipotálamo se encargan de la producción de la hormona GnRH. Ésta estimula el anabolismo y liberación de hormonas como la foliculo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) provenientes de la glándula pituitaria anterior (Brinsko *et al.*, 2011).

En las hembras sexualmente maduras, los procesos de ovulación y producción de hormonas por los folículos ováricos están regulados por la liberación de FSH y LH. Además, los esteroides gonadales modulan la secreción de GnRH a través de mecanismos de retroalimentación tanto positiva como negativa (Figura 2) (Galina y Valencia, 2008).

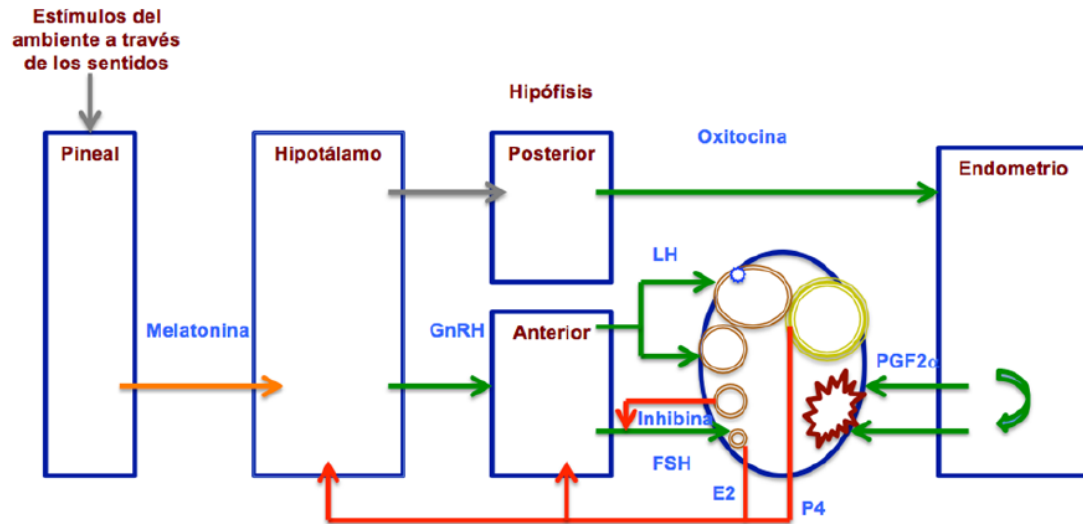


Figura 2 Neuroendocrinología del ciclo estral de la yegua. Tomada de Cortés et al., 2018.

2.2.2 Ciclo estral

El equino tiene un ciclo reproductivo segmentado en dos temporadas bastante marcadas, una temporada anovulatoria y otra ovulatoria (Rodríguez *et al.*, 2013) Durante su vida reproductiva, en las distintas especies, las hembras domesticas presentan ciclos estrales. El ciclo estral comienza en el momento donde la hembra presenta receptibilidad sexual o estro (Galina y Valencia, 2008), y el aparato genital se encuentra en condiciones de recibir y transportar espermatozoides (Cortés *et al.*, 2018) y concluye con el siguiente estro.

Las yeguas entran en celo cada 21 (18-24) días en promedio. La secreción de hormonas como la FSH y LH es dirigida propiamente por aumento en niveles de la GnRH. Durante el ciclo estral de la yegua, la acumulación de hormona FSH aumenta al doble. Desde el día 8 al día 14 del ciclo se presenta el primer incremento, y a partir del día 15 hasta el día 2 del ciclo siguiente se manifiesta el segundo (Figura 3).

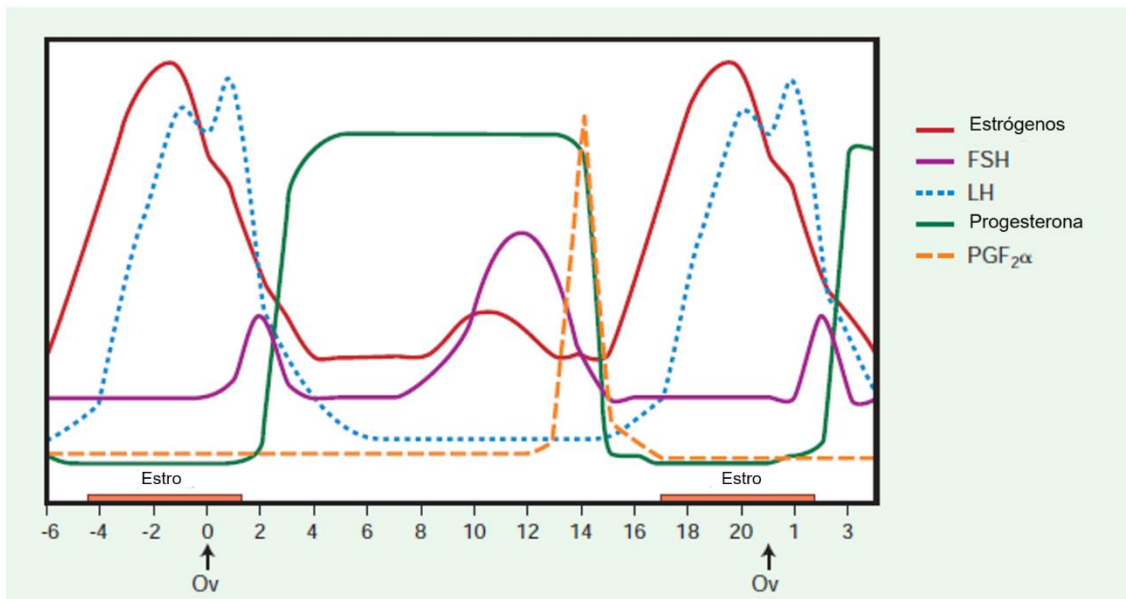


Figura 3. Actividad hormonal durante el ciclo estral de la yegua. Tomada y modificada de Sadurní, 2020.

De acuerdo a la época del año, la ciclicidad en las yeguas puede verse interrumpida de acuerdo a la temporada del año. De igual manera, se pueden incluir procesos patológicos como infecciones reproductivas, cuerpo lúteo persistente, déficit nutricional y factores de estrés, los cuales pueden causar inhibición del ciclo estral (Galina y Valencia, 2008).

2.3 Importancia del uso de Biotecnologías reproductivas.

El hombre utiliza herramientas al igual que procesos tecnológicos que pueden ser aplicados directa o indirectamente sobre la reproducción animal, estas se conocen comúnmente a nivel mundial como biotecnologías de la reproducción (Mesa, 2015). El incremento en la eficiencia reproductiva es un gran reto en la reproducción equina. Una de las barreras es la estacionalidad de estas especies. Entonces, en este contexto, el uso de agentes para inducir la ovulación tiene numerosos beneficios (Gomes *et al.*, 2014).

La reproducción es considerada una de las etapas más significativas a lo largo de la vida de las hembras, principalmente en aquellas destinadas al fin zootécnico de la reproducción (Chávez *et al.*, 2020).

Las biotecnologías reproductivas permiten acrecentar la eficacia reproductiva de las especies mediante la disposición de sus rasgos genéticos de alto valor, en la

búsqueda de un aumento en la rentabilidad y producción. Para la especie equina se ha implementado biotecnologías, a pesar de ello, las tasas de adquisición de algunas, se han visto limitadas por de tipo técnico, o bien por barreras de tipo fisiológico (Restrepo y Restrepo, 2011).

2.3. Técnicas de reproducción asistida

Las técnicas de reproducción asistida (TRA) ofrecen diversas ventajas, agilizando la mejora genética con mayor difusión del alto valor de los sementales, descarta la necesidad de movilizar a las hembras y con ello los problemas que pueda conllevar, eliminar la posibilidad de transmitir enfermedades venéreas. Las técnicas implicadas causan una contaminación disminuida durante el proceso de reproducción (Sadurní, 2020). Las TRA se han perfeccionado de manera acelerada durante los últimos años en la producción equina (Ángel y Bran, 2010).

2.3.1 Inseminación artificial

La inseminación artificial (IA) es la técnica reproductiva más aplicada en la especie equina ya que no solamente se emplea como técnica independiente sino que además forma parte de protocolos empleados en otras técnicas reproductivas (Sadurní, 2020); tiene como finalidad mejorar la eficiencia del semental, así como el aumento en los porcentajes de gestación. Esta técnica se utiliza sobre yeguas en las cuales los signos de estro son limitados o nulos, o bien, cuando la monta natural del semental se dificulta, en esa misma línea, consideramos partidarias a yeguas susceptibles a patologías como la endometritis, donde se reduce la contaminación uterina y el riesgo de enfermedades venéreas (Galina, 2019).

Al emplear de forma adecuada la técnica de IA, se han empatado los índices de preñez arrojados a partir de la monta natural además es una alternativa que puede ser utilizada en yeguas problema (Irazábal, 2020). Estas pueden ser inseminadas ya sea con semen fresco, semen refrigerado o semen congelado (Sadurní, 2020). El método primordial se emplea cuando el semental y la yegua se encuentran cercanos, de tal modo que el tiempo de recolección hasta la IA deberá ser menor a una hora. En segunda estancia el uso de semen refrigerado se considera adecuado para la IA con un intervalo 24-48 horas entre recolección

y la aplicación del semen, ésta suele dar lugar a porcentajes de concepción similares a los conseguidos con semen fresco (Compendio de reproducción, 2007).

2.3.1.1 Inseminación artificial con semen fresco o refrigerado

Al momento de la colección del semen, se filtra para separar la fracción inconsistente. El análisis de la muestra se realiza considerando el volumen, la concentración y motilidad (total y progresiva) para calcular dosis seminales con un número igual o mayor de 500 millones de espermatozoides progresivamente motiles (PMS, por sus siglas en inglés) hablando del semen fresco y de 1 billón de PMS para el semen refrigerado (Sadurní, 2020).

El momento de la inseminación se establece cuando el folículo dominante alcanzan cierto tamaño y también la presencia de edema uterino visibles durante la ecografía cuando cumplen con las condiciones adecuadas. Algunas razas como los cuarto de milla o los árabes, las yeguas se inseminan cuando los folículos presentan como diámetro los 35 mm, mientras que en otras razas se esperan tamaños iguales o mayores a los 40 mm (Sadurní, 2020). La IA utilizando semen refrigerado se realiza comúnmente mediante la exploración rectal ecográfica del aparato reproductor para la identificación de un ovario donde se localice la presencia de un folículo preovulatorio (FP), de modo que, si está en celo o tiene un FP se insemina por primera vez, y posterior a ello, se realiza una segunda inseminación posterior a las 24 horas hasta la culminación del celo o se observe una ovocitación (Rodríguez, 2010).

De manera común se administra medicación que permite la inducción para la ovulación en el momento de la inseminación o incluso el día para obtener una ovulación de manera programada. Los fármacos opcionales disponibles incluyen el AD y la hCG. La finalidad es realizar la inseminación en la yegua hasta 48 horas antes de presentarse la ovulación en el caso de la utilización de semen fresco y de 24-48h en el caso del uso de semen refrigerado para así garantizar la viabilidad seminal durante la ovulación (Figura 4) (Sadurní, 2020).

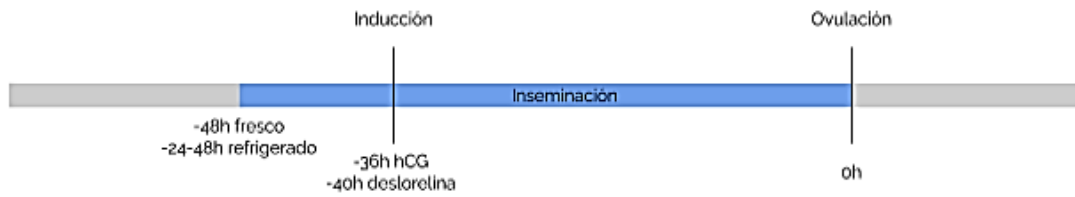


Figura 4 Momento indicado para realizar la IA con semen fresco. Tomada de Sadurní, 2020.

2.3.1.2 Inseminación artificial con semen congelado

La IA utilizando semen congelado ha aumentado popularidad con los propietarios y colegas veterinarios que trabajan con la especie equina (Cazales *et al.*, 2020). Esta técnica requiere un momento determinado para la inseminación puesto que la viabilidad del semen es limitada, por lo cual la inseminación deberá llevarse a cabo con un intervalo de 12 horas antes a la ovulación y con un límite de 6 a 8 horas después posteriores a la ovulación (Figura 5).

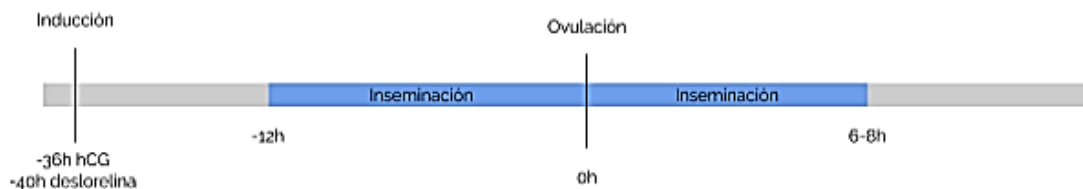


Figura 5. Momento indicado para llevar a cabo la IA con semen refrigerado o congelado. Tomada de Sadurní, 2020.

El semen congelado es almacenado en pajuelas plásticas de 1 ml. Para inseminar a la hembra con semen congelado, las pajuelas deberán descongelarse en baño maría a 37°C durante 30s y ésta se inseminará mediante el uso de un catéter de fecundación, un estilete de metal para deslizar el tapón de algodón, el cual se encuentra en el extremo de la pajilla y así expulsar el semen dentro del útero (Sadurní, 2020), de otra manera, parece que el uso de la inseminación profunda dentro del cuerno uterino o cerca de la unión uterotubárica optimiza la viabilidad espermática y aumenta el número de espermatozoides localizados en el oviducto, lo que refiere en el aumento de los

porcentajes de gestación en yeguas inseminadas con la técnica ya mencionada (Compendio de reproducción, 2007).

Las yeguas inseminadas con semen congelado estiman porcentajes de preñez promedio por ciclo van desde el 30 al 40%. Algunos sementales pueden tener porcentajes de preñez por ciclo del 50 al 70%, en contraste con el semen congelado de otros garañones no se logra obtener la preñez (García, 2018)

De manera fortuita la inseminación ha logrado obtener avances con el uso de semen congelado, los cuales permiten resarcir algunas situaciones con pronósticos no favorables. Dentro de estos se encuentra el uso de análogos de GnRH los cuales permiten la inducción de la ovulación, mejoras en métodos de selectivos, concentración espermática y criopreservación, entre otros (Cazales *et al.*, 2020).

2.3.2 Transferencia de embriones

La técnica de transferencia de embriones (TE) se define como un procedimiento a través del cual se lleva a cabo la recaudación de embriones terminados mediante el lavado uterino, esto aplicado en yeguas que se encuentran entre los seis y los diez días posteriores a la ovulación, y que, fue inseminada o en quien se ha empleado la monta natural; el o los embriones recuperado son transferidos en la cavidad uterina de una yegua receptora; cabe mencionar que esta técnica reproductiva requiere de la sincronización previa entre las yeguas involucradas (donante y receptora) (Carreño, 2020). Además de la colección del semen y la IA, la TE una de las técnicas usadas en caballos más reconocidas (Brinsko *et al.*, 2011).

La TE permite la obtención de más de un producto de manera anual. En esta técnica se elige principalmente a yeguas mayores que son incapaces de mantener la gestación o yeguas que están dentro de competencia, tales como aquellas que compiten en carreras, polo u otras actividades ecuestres (Compendio de reproducción, 2007). De igual manera, ésta se puede utilizar para recuperar embriones de aquellas hembras que son capaces de engendrar un producto, no obstante, sufren de muerte embrionaria temprana de forma recurrente.

Para llevar a cabo la TE, el protocolo consta de la monitorización de un folículo pre-ovulatorio en la yegua donante a través de ecografía rectal (Sadurní, 2020). La obtención del embrión se realiza gracias a un medio de cultivo específico donde se incluye proteínas y algunos antibióticos, esto con el fin de asegurar un porcentaje elevado de supervivencia de los embriones y así mismo eliminar cualquier posible contaminación de origen bacteriano (Ángel y Bran, 2010).

Posterior a ello, el embrión que se ha recuperado es introducido en una pajuela que le permitirá su deposición en la hembra receptora, quien de manera ideal se pretende que ovule entre 1-3 días posteriores a la ovulación de la donante (Sadurní, 2020). El embrión es transferido (de manera quirúrgica o no quirúrgica) al útero de la yegua receptora la cual ha sido sincronizada con la donante previamente (Ángel y Bran, 2010).

El éxito de estas técnicas depende de la perfección con la que cada una de ellas se realice (Acosta, 2019).

2.4 Manipulación del ciclo reproductivo

El incrementar la eficiencia reproductiva, es lo más relevante para tener mayor beneficio e intensificación de la mejora genética en los animales. Debido al fotoperiodo, los episodios de ovulación varían durante el año, debido a ello se limita el ciclo estral de la yegua; por lo cual intervenir con el uso de la hormonoterapia ejerce una función primordial

La inducción a la ovulación es ahora un método utilizado de manera rutinaria en la reproducción de la especie equina, puesto que la IA y TE requiere una predicción precisa del momento de la ovulación, lo cual certifica el uso de fármacos (Chávez *et al.*, 2020), esto ha sido facilitado por el uso de la hCG para la inducción a la ovulación para lograr ciclos estrales continuos (Rodríguez *et al.*, 2013)

2.4.1 Uso del fotoperiodo artificial

Hay varias herramientas usadas para provocar el inicio de la temporada de nacimientos o alterar el ciclo estral. El método más confiable usado para inducir la ovulación es el uso de luces artificiales para alterar la percepción de día largo.

El manejo del programa es el uso de luz al final del día para extender la percepción del día largo a 16 horas (Giedt y Hiney, 2019).

El fotoperiodo se encuentra marcado debido a la foto-inducción, la cual está programada de manera genética con el fin de responder a alteraciones en la el aumento o la disminución de las horas luz al día. No obstante otro proceso imprescindible para dar respuesta o no a la señal luminosa existente; es la refractariedad. Este evento apunta al periodo en que la yegua es capaz de dejar de responder al fotoperiodo existente (corto o largo), esto se debe a que los genes reloj cuentan con una programación que les permite detener su activación posterior a un determinado tiempo bajo el defecto del fotoperiodo (Boeta *et al.*, 2017)

Los animales mamíferos usan sus ojos como foto-receptores para calcular la extensión del día, aunque la ruta por la cual se lleva a cabo es diferente a la captación y proyección de imágenes. Las peculiaridades de una población caballar específica, en conjunto con los intereses económicos asociados con los protocolos de reproducción que se llevan a cabo para incrementar el uso de genética y para favorecer los nacimientos tan cerca de los principios de enero como sea posible, han provocado el desarrollo de programas de reproducción enfocados a acelerar el inicio de la etapa reproductiva. Con este fin se han implementado diversos tratamientos hormonales que incluyen fármacos como GnRH y sus agonistas, además de progesterona, existen otras sustancias tales como agonistas de dopamina D2 entre otras, así como algunos programas que recurren a luz artificial (López *et al.*, 2010).

2.4.2 Uso de productos hormonales

La manipulación y control del ciclo estral en la yegua se realiza a través de diferentes tipos de medicamentos, tales como los análogos de hormonas como prostaglandina $F2\alpha$ y de la GnRH, estrógenos; estos fármacos se utilizan con la finalidad de adquirir una mayor manipulación del ciclo estral con la finalidad de promover la ovulación (Solano, 2021).

La terapia hormonal tiene diversos beneficios incluidos la extensión de la temporada de ovulación (TO) que proporciona una mejor eficiencia reproductiva.

Esto incluye una reducción en el número de montas o IA por ciclo y altos rangos de preñez (Gomes *et al.*, 2014).

Diversos tratamientos hormonales han sido usados para la inducción y/o sincronización a la ovulación, esto con el fin de facilitar la administración reproductiva del equino, reduce el manejo animal e incrementa la aplicación exitosa de biotecnologías reproductivas (Bahía *et al.*, 2020).

Los protocolos utilizados para el manejo reproductivo de las yeguas, estimulan la ovulación y a partir de estos proporcionar la presencia programada de un ovocito viable, para un manejo efectivo de su reproducción. Se han obtenido diversos estudios con respecto a la eficiencia de prostaglandina, GnRH y sus análogos; y hCG para inducir el estro (Chávez *et al.*, 2020).

Los agentes hormonales comúnmente usados para la inducir a la ovulación en la especie equina son la hCG y la GnRH. La GnRH es usualmente administrada en forma de un análogo sintético; AD (cuadro 1.). La selección del agente inductor puede ser basado en costo, eficacia, edad de la yegua, tamaño del folículo, uso previo o éxito o personal de preferencia, y la temporada del año (Gomes *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Hormonoterapia aplicando la combinación de gonadotropina coriónica humana y acetato de deslorelina

Tratamiento	Diámetro folicular (mm)	Ovulación (horas)	Ovulación (%)	Temporada	Fuente
hCG+AD (2500UI+63µg /IM)	≥35	<24	83.3	Oct-Nov	Kwon y Klein, 2019
AD+HCG (1.5mg+1667 UI/IV)	30-35	<48	73.3	Jul-Sep/Oct-Feb	Gomes <i>et al.</i> , 2014
hCG+AD (2500UI+2mg)	≥35	45.36±7.44			Chopin y Brookes, 2020
hCG+AD (1500UI+1mg)	≥35	48	83	Oct-Nov	Segabinazi <i>et al.</i> , 2021
hCG+AD (63µg+2500UI)	≥35	48	83	Mar-Jul	Kwon y Klein, 2019

2.4.2.1 Acetato de deslorelina

El acetato de deslorelina (AD), es un fármaco creado como análogo de la GnRH (Chávez *et al.*, 2020). Esta hormona es un ácido acético y está aprobada para inducir la ovulación en yeguas según la FDA (Lara, 2021). Ésta tiene por ventaja el hecho de que su uso continuo no disminuye su eficiencia farmacológica (Chávez *et al.*, 2020), además de reducir el tiempo de ovulación y aumenta la fertilidad (Lara, 2021). Cuando la deslorelina inyectable es administrada en yeguas con folículos mayores a 30mm, la ovulación ocurre en un 88% de las yeguas 48 horas después de su administración (cuadro 2).

Cuando es administrada, la deslorelina induce la secreción de gonadotropinas de la glándula pituitaria (Gomes *et al.*, 2014). Los protocolos farmacológicos del manejo reproductivo con GnRH en yeguas con el fin de inducir el estro y estimular la ciclicidad, facilitan evidencia de que se pueden presentar ovulaciones múltiples en algunas hembras con tal régimen de manejo farmacológico. De acuerdo a ello, se ha encontrado que al suministrar acetato de deslorelina con al menos dos folículos presentes con entre 20 a 24 mm de diámetro, se puede ocasionar una doble ovulación (Chávez *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Hormonoterapia con acetato de deslorelina

Tratamiento	Diámetro folicular (mm)	Ovulación (horas)	Ovulación (%)	Temporada	Fuente
AD (1mg/IM/UD)	≥35	46.75±0.48	100	Ene-Jun	Chávez <i>et al.</i> , 2020
AD (1.5mg/IM)	30-35	<48	78.6	Jul-Sep/Oct-Feb	Gomes <i>et al.</i> , 2014
AD (2.5mg)	≥35	56.64±36	N/A	N/A	Chopin y Brookes, 2020
AD (1.8mg/IM)	≥35	41.4±9.4	89.9	Temp de rep	Ferris <i>et al.</i> , 2012
AD (1.25mg)	≥30	48	93.75	Ene-Feb	Finan <i>et al.</i> , 2016
AD (100 µg)	33-35	48	100	N/A	Azevedo <i>et al.</i> , 2015
AD (1mg)	≥35	42.5±2.9	83	Ene-Mar	Segabinazzi <i>et al.</i> , 2021

2.4.2.2 Gonadotropina Coriónica humana (hCG).

La hCG es una hormona glicoproteica usada principalmente para inducir la ovulación en yeguas, esta promueve la regulación del eje hipotálamo-pituitaria-ovario (Gomes *et al.*, 2014); esta ha sido la primera hormona implicada sobre la ovulación en yeguas y es la más suministrada en esta especie; sin embargo, su uso recurrente produce la formación de anticuerpos anti-hCG, con un subsiguiente desgaste de su aptitud farmacológica (Chávez *et al.*, 2020).

Esta hormona se une a receptores de LH, induciendo a la maduración y ovulación del folículo dominante de yeguas en estro (Beal *et al.*, 2011). Chávez *et al.* (2020), aseguran que el momento adecuado para la administración de hCG, es a partir de observar la presencia un folículo dominante ≥ 35 mm de diámetro en la yegua. La ovulación se presenta después de 24 a 48 horas de la aplicación, por otro lado, según Chopin (2020), la administración de hCG induce a la ovulación en una media de 36 horas en un 82-89% de yeguas (cuadro 3).

La dosis de hCG usada para inducir la ovulación en yeguas varía desde 1500 a 4000 UI, administradas en inyección IV o IM. Contrario a estos resultados, un reporte por Grimmer y Perkins (2001), indican que la administración de altas dosis mediante aplicación IV de hCG (4500 o 6000 UI), resultan en un decremento en la preñez comparado con las yeguas que reciben de 1500-3000 UI hCG. El efecto de la hCG en la respuesta ovárica es evaluada considerando edad, época y diámetro folicular con tratamiento en diferentes dosis (Beal *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Hormonoterapia con gonadotropina coriónica humana.

Tratamiento	Diámetro folicular (mm)	Ovulación (horas)	Ovulación (%)	Temporada	Fuente
hCG (1500UI)	≥35	<72	96.4	Sep-Nov	Grimmett y Perkins, 2001
hCG (3000UI)	≥35	<72	96.3	Sep-Nov	Grimmett y Perkins, 2001
hCG (6000UI)	≥35	<72	87	Sep-Nov	Grimmett y Perkins, 2001
hCG (1000 UI/IV)	32.6±0.34	<48	92.3	Sep-Ene	Beal <i>et al.</i> , 2011
hCG (1500 UI/IV)	32.9±0.31	<48	85.3	Sep-Ene	Beal <i>et al.</i> , 2011
hCG (2000 UI/IV)	33.4±0.26	<48	86	Sep-Ene	Beal <i>et al.</i> , 2011
hCG (2000 UI/IM/UD)	31.47.1	50.413.6	100	Sep-Oct	Rodríguez <i>et al.</i> , 2013
hCG (1667UI/IV)	30-35	<48	50	Jul-Sep/Oct-Feb	Gomes <i>et al.</i> , 2014
hCG (2500 UI/IV)	≥35	53.04±11.76			Chopin y Brookes, 2020
hCG (1750 UI)	≥35	34.8±6.6	100	Sep-Ene	Bahía <i>et al.</i> , 2020

La dosis de hCG usada para inducir la ovulación en yeguas varía desde 1500 a 4000 UI, administradas en inyección IV o IM. Contrario a estos resultados, un reporte por Grimmett y Perkins (2001), indican que la administración de altas dosis mediante aplicación IV de hCG (4500 o 6000 UI), resultan en un decremento en la preñez comparado con las yeguas que reciben de 1500-3000 UI hCG. El efecto de la hCG en la respuesta ovárica es evaluada considerando edad, época y diámetro folicular con tratamiento en diferentes dosis (Beal *et al.*, 2011).

III. CONCLUSIONES

De acuerdo a la información obtenida podemos concluir lo siguiente:

Al sustituir la hCG por acetato de deslorelina, se permite disminución del riesgo de producción de anticuerpos anti-hCG, lo cual mejora porcentaje de ovulación satisfactorio, además, su uso continuo no disminuye la actividad farmacológica. Sin embargo, cuando se combinan AD más hCG nos permite obtener resultados favorables que van desde un 80.65%, mientras que el AD induce un 90.87% de ovulaciones y la hCG un 88.14%; siendo valores similares.

De acuerdo a la información anterior el uso de AD y hCG en los protocolos utilizados en la reproducción equina, pueden variar entre la combinación y el uso independiente de estos fármacos.

LITERATURA CITADA

1. Acosta, Javier. 2019. Trabajo de grado. Actualizaciones en las diferentes técnicas de transferencia de embriones existentes en la producción equina. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio ambiente. Eusagasugá, Colombia.
2. Ángel y Bran. 2010. Reproducción asistida en equinos: aportes desde la teoría. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, Vol. 5, núm. 1
3. Azevedo, Souza, Ferreira-Silva, Batista, Moura, Oliveira, Alvarenga y Lima. 2015. Induction of multiple ovulations in mares using low doses of GnRG agonist Deslorelin Acetate at 48 hours after luteolysis. *Pferdeheilkunde*. Núm. 31
4. Baca, C. y Mirayaga, M. 2015. Biotecnologías reproductivas en equinos. *Spermova*. Num 5 (2). <http://dx.doi.org/10.18548/aspe/0002.38>
5. Barros, Javier. 2019. El caballo y la equitación en México; Historia, ciencia y tecnología. Coloquio. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Equinos A.C.
6. Bahia, A, Ribeiro, G, Nivia, J, Wilke, J, Rocha, R, Monteiro, G, Oliveira, F, Zoccolaro, L. 2020. Effects of Equine Chorionic Gonadotropin on ovulatory and luteal characteristics of mares submitted to an P4-Based protocol of ovulation Induction with hCG. *Journal of Equine Veterinary Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103233>
7. Beal, J, Rubin, M, Corte, F, Oliveira, L, Silva, J, Silva, C. 2011. Ovulation induction with human chorionic gonadotropin in criollo mares. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. Vol 48 (4).
8. Boeta, M., Díaz, M., Hayen, S. 2017. Manual de la práctica de profundización en Reproducción equina. Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
9. Brisko, Blanchard, Varner, Schumacher. Love, Hinrichs y Hartman. 2011 Manual of Equine Reproduction. Thrid edition. Elsevier, Missouri.
10. Bustos, E. y Torres, L. 2012. Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*. Núm. 30(4).
11. Carreño, A. 2020. Monografía. Antología de la transferencia de embriones en equinos. Universidad Antonio Nariño. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá D.C. Colombia.
12. Cazales, Estrada y Costa. 2020. Inseminación artificial con semen congelado de equino: reacción inflamatoria, transporte espermático y técnica de inseminación. *Veterinaria (Montevideo)* Vol 56. DOI:10.29155/VET.56.214.2
13. Chávez, E., Gutierrez, D., Lechuga, A., Avila, F., Cadena, S., Hernandez, A. 2020. Acetato de Deslorelina y Gonadotropina Coriónica Humana y su respuesta ovulatoria en yeguas postparto. *Abanico Veterinario*. Vol (10). <http://dx.org/10.21929/abavet2020.17>
14. Chávez, E., Baltodano, J. y Caballero, C. 2018. Efecto del uso de acetato de deslorelina en la inducción de ovulación de yeguas Caballo Peruano de Paso. *Rev Inv Vett Perú*; Vol 29 (2). <http://dx.doi.org/1015381/rivep.v29i2.14487>
15. Chopin, J., Brookes V., Rodger J., Gunn A. 2020. Comparison of human chorionic gonadotropin (hCG), deslorelin, deslorelin combined with hCG, and histrelin to induce ovulation in the mare. *Journal of Equine Veterinary Science*. Num (89). <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103095>
16. Cortés, Z., Aréchiga, C., Rincón, M., Rochín, F., López, M., Flores, G. 2018. Revison: El ciclo reproductivo de la yegua. *Abanico Veterinario*. Vol 8 (3). <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.1>
17. Ferris, Hatzel, Lindholm, Scofield y McCue. 2012. Efficacy of Deslorelin Acetate (SucroMate) on induction of ovulation in American Quater Horse Mares. *Journal of Equine Veterinary Science*. Núm. 32
18. Finan, Lamkin y McKinnon. 2016. Comparative efficacy of BioRelease Deslorelin® injection for induction of ovulation in oestrus mares: a field study. *Australian Veterinary Journal*. Núm. 94 (9). <http://doi.org/10.1111/avj.12478>
19. Galina, C. y Valencia, J. 2008. Reproducción de los animales domésticos. Tercera edición. México: LIMUSA.

20. Galina, Carlos. 2019. Reproducción de los animales domésticos. Reproducción aplicada a las especies de compañía. Capítulo 17. Recuperado de [17.6 Reproducción asistida en la yegua | Reproducción de los animales domésticos \(unam.mx\)](#)
21. García, María. 2018. Tesis de doctorado. Transporte espermático en yeguas 2, 4 y 12 horas después de la inseminación artificial con semen congelado. Universidad de la República. Facultad de Medicina Veterinaria. Montevideo, Uruguay. [FV-33771.pdf \(fvvet.edu.uy\)](#)
22. Giedt y Hiney. 2019. Reproductive management of the mare. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma University. [Reproductive Management of the Mare | Oklahoma State University \(okstate.edu\)](#)
23. Gomes, R., Oliveira, R., Castro, C., Rigo, T. y Seneda, M. 2014. Effect of deslorelin and/or Human Chorionic Gonadotropin on inducing ovulation in mares during the transition period versus ovulatory season. Journal of Equine Veterinary Science. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.015>
24. Grimmett, JB y Perkins, NR (2001) Human chorionic gonadotropin (hCG): the effect of dose on ovulation and pregnancy rate in Thoroughbred mares experiencing their first ovulation of the breeding season, New Zealand Veterinary Journal, 49:3, 88-93. DOI:10.1080/00480169.2001.36209
25. Irrazábal, Nicolás. 2020. Tesis de grado. Efecto del sitio, dosis y tiempo de inseminación con semen congelado sobre la respuesta inflamatoria endometrial de la yegua. Universidad de la República. Facultad de Medicina Veterinaria. Montevideo, Uruguay. <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy:8080/xmlui/handle/123456789/2736>
26. Kwong, G. y Klein, C. 2019. Deslorelin and norgestrel stimulate follicular development in mares during autumn transition and early anestrus. Canadian Veterinary Journal. Vol 60
27. Lara, J.B. Tesis de maestría. 2021. Respuesta reproductiva en yeguas criollas del estado de Michoacán tratadas con acetato de deslorelina. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
28. López, L., Zarco, L. y Boeta, A. 2010. Inducción de la actividad ovárica en yeguas criollas con un programa de fotoperiodo artificial en la latitud 19°9'. Revista Veterinaria México. Núm 41 (2)
29. Mesa, Pedro. 2015. Beneficios y ventajas de la inseminación artificial utilizando semen congelado en programas de reproducción en equinos. Recuperado de <http://ciencia.lasalle.edu.co/medicina-veterinaria/89>
30. Murray, G., Munstermann, S. y Lam, K. 2013. Beneficios y retos que implica la expansión mundial de los eventos ecuestres: Nuevas normas para la población de caballos en competición y zonas libres de enfermedades equinas en los países. 81ª Sesión General, Organización mundial de sanidad animal. Asamblea Mundial OIE, París.
31. Parra, R. (25 de abril 2018). Mexico entre los modelos oriental y occidental de medicina veterinaria para equinos. UNAM-CHINA. Centro de Estudios Mexicanos. <https://china.unam.mx/2018/04/25/mexico-entre-los-modelos-oriental-y-occidental-de-medicina-veterinaria-para-equinos/>
32. Restrepo G, Restrepo S. 2011. Consideraciones importantes acerca de la producción in vitro de embriones equinos. Rev CES Med Vet Zootec. Vol 6 (1): 32-44
33. Rodríguez G., Alejandro; Bazán G., Augusto; Rodríguez G., José; Espinoza B., Juan; Vásquez C., María; Lucas L., Juan; Huanca L., Wilfredo. 2013. Evaluación del folículo ovárico de yeguas criollas postadministración de hCG. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP, vol. 24, núm.
34. Rodríguez, Inmaculada. 2010. Inseminación artificial o monta dirigida en la yegua. Portal Veterinaria. Recuperado de <http://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/19585/inseminacion-artificial-o-monta-dirigida-en-la-yegua.html>
35. Sadurní, Carolina. 2020. Revisión Bibliográfica. Nuevos avances en tecnologías reproductivas en equinos. Universidad de Lleida.

36. Segabinazzi, Oba y Alvarenga. 2021. The combination of hCG and GnRH analog to Hansten ovulation in mares does not change luteal fuction and pregnancy outcome in embryo recipient mares. *Journal of Equine Veterinary Science*. Núm. 105
37. Solano, Nicolás. 2021. Tesis de licenciatura. Evaluacion de un protocolo de transferencia de embriones en yeguas de raza Criollo Colombiano en el oriente de Antioquia. Unilasallista corporación universitaria (Antioquia, Colombia). Facultad de Ciencias Agropecuarias. <http://hdl.handle.net/10567/3133>