

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**USO DEL FOTOPERIODO ARTIFICIAL Y ALTRENOGEST
DURANTE LOS MESES INVERNALES PARA ACORTAR EL
PERIODO DE TRANSICIÓN EN YEGUAS LOCALIZADAS EN LA
LATITUD 19°09' N**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

JOSE DANIEL GARCIA SILVA

Asesor:
MVZ M.en C. Dra. Ana Myriam Boeta Acosta

México D.F. Octubre 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Daniel García García y Graciela Silva de García

Por darme la vida y apoyarme en toda mi carrera, así como darme la fuerza necesaria para cumplir todas mis metas, les estaré eternamente agradecido por la educación y dedicación que me otorgaron durante toda mi vida.

"Gracias Papas Los Amo"

A mis Hermanas:

Ana Lilia García Silva y María del Socorro García Silva:

Por apoyarme incondicionalmente en todo momento, empujándome para conseguir este triunfo realmente les agradezco todo lo que han hecho por mí y por eso les dedico esta tesis.

"Gracias Mis Hermanas"

A mis sobrinos:

Aaron Michell Aguilar García, Mariana Aguilar García y Ana Karen Padua García

Por darme su tiempo y apoyo, esperando el próximo término de una carrera para cada uno de ustedes y obteniendo mi apoyo y dedicación cuando ustedes lo necesiten.

"Gracias Mis Niños"

A mis cuñados:

Héctor Padua Ibáñez y Francisco Aguilar Ibáñez

Por todo su apoyo que me ofrecieron cuando lo necesitaba.

"Gracias Mis Hermanos"

A los Profesores del Departamento de Reproducción:

Dra. Ana Myriam Boeta y Dr. Luis A. Zarco Quintero

A mis amigos del área de equinos del departamento de Reproducción:

Adriana Meneses, Claudia Velazquillo, Ericka Fuentes, Heli Guerra, Fernando Calderón, Gilberto Flores, Elías Vázquez, Circe Costilla, Alain Martínez, Luis Bravo, Erick Flores, Ramón, Mariana y Jimena.

A mis Amigos de la Universidad

Lizbeth Xicoténcatl, Elizabeth Chávez, Quique Olloqui, José Luis, Miguel Jasso, Silvia Hurtado, Ángel, Alexis Arias, Gustavo, Alejandra Ramírez, Guillermo, Raúl, Aldebarán, Ulises, Miguel "Acapulco", Noemí, Daniela, Karla, Nidia y Citlalli.

A mis amigos de la Prepa:

Alejandro, Rubén, Lázaro, Francisco, Mario y Rafael.

"Vivan Los Necros"

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** (UNAM) por otorgarme la oportunidad de estudiar en esta fabulosa carrera.

A los miembros de mi jurado **Dra. Ana Myriam Boeta Acosta, Dr. Luis A. Zarco Quintero, Dra. María Masri Daba, Dr. Romero Rojo** y la **Dra. Gabriela López** por su tiempo y dedicación para la revisión de esta tesis.

A la **Dra. Clara** por el apoyo en las determinaciones hormonales de este proyecto.

Al **Dr. Luis A. Zarco Quintero** por su apoyo, dedicación y tiempo en la realización de esta tesis.

Y muy especialmente a la **Dra. Ana Myriam Boeta Acosta**, gracias doctora por su apoyo y paciencia en la realización de este trabajo de tesis y por sobre todas las cosas por su amistad brindada y sus sabios consejos durante el servicio social y la tesis nunca los olvidare muchas gracias.

CONTENIDO

	Pagina
TÍTULO.	I
DEDICATORIAS.	II
AGRADECIMIENTOS.	III
CONTENIDO.	IV
1. RESUMEN.	VI
2. INTRODUCCIÓN.1
3. HIPÓTESIS.	4
4. OBJETIVOS.	4
5. REVISIÓN DE LITERATURA.	5
5.1 Estacionalidad Reproductiva.	5
5.2 Neuroendocrinología.	6
5.3 Época anovulatoria.	11
5.4 Época de transición invernal o primaveral.12
5.5 Época ovulatoria.	13
5.6 Época de transición otoñal.	15
5.7 Estacionalidad Reproductiva de la Yegua en México.	16
5.8 Efectos del Fotoperíodo artificial.	17
5.9 Utilización de progestágenos para el control de la estacionalidad reproductiva.	18
6. MATERIAL Y MÉTODOS.	22
6.1 localización.22
6.2 Animales y Grupos Experimentales.	22

6.3 Seguimiento ultrasonográfico y hormonal.	24
6.4 Análisis Estadístico.	24
7. RESULTADOS.	25
8. DISCUSIÓN.	33
9. CONCLUSIÓN.	37
10. LITERATURA CITADA.	38
11. FIGURAS	44

1. RESUMEN

GARCIA SILVA JOSE DANIEL. Uso de fotoperiodo artificial y Altrenogest durante los meses invernales para acortar el periodo de transición en yeguas localizadas en la latitud 19°09'N (bajo la dirección de: MVZ Dra. Ana Myriam Boeta Acosta)

Se evaluó el efecto de añadir el tratamiento con un progestágeno oral (Altrenogest, Regumate® Lab. Intervet) a la exposición a un fotoperiodo artificial como método para reducir la duración del periodo de transición en yeguas criollas localizadas en la latitud 19°09'N. Se utilizaron 26 yeguas criollas sanas divididas en dos grupos: Las yeguas del grupo testigo (n=14) fueron expuestas a un fotoperíodo de 10 h luz natural suplementado con 6 horas de luz artificial y 8 h oscuridad del primero de diciembre al primero de febrero. Las yeguas del grupo experimental (n=12) fueron expuestas al mismo fotoperíodo artificial desde el 15 de noviembre al 15 de enero, y se les aplicó Altrenogest a una dosis de 0.44 mg/Kg durante nueve días a partir del 15 de enero. A partir del primero de febrero se realizaron observaciones ultrasonográficas de cada yegua dos veces por semana para determinar la actividad folicular hasta llegar a la primera ovulación. Todas las yeguas fueron receladas diariamente con un garañón y se obtuvieron muestras de sangre dos veces por semana para la determinación de progesterona en suero por medio de radioinmunoanálisis de fase sólida. En el grupo testigo el comportamiento estral se inició a los 68.5 ± 5.18 días y en el grupo experimental a los 49.9 ± 5.41 días, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p < 0.05$). El intervalo desde el inicio del tratamiento luminoso a la primera ovulación del año para el grupo testigo fue de 72.7 ± 4.67 días y para el grupo experimental fue de 73.1 ± 4.86 días, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($P > 0.05$). Las concentraciones de progesterona fueron mayores en las yeguas del grupo experimental que en las testigo desde la semana 8 hasta la semana 13, encontrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$). Se concluye que la adición de un tratamiento Altrenogest al fotoperíodo artificial no reduce el tiempo que transcurre entre el inicio del tratamiento con fotoperíodo y la primera ovulación en yeguas criollas que se encuentran en una latitud de 19° 09' norte.

2. INTRODUCCIÓN

La estacionalidad reproductiva en los mamíferos domésticos es regulada principalmente por el fotoperíodo. En las yeguas el efecto de este factor ambiental permite el nacimiento de los potros en la época del año con mayor disponibilidad de alimento para que haya mayores probabilidades de supervivencia de los neonatos. (Malinowsky *et al*, 1985; Fitzgerald y Mcmannus., 2000).

La yegua es una especie poliéstrica estacional, que en el hemisferio norte presenta su época ovulatoria durante los meses de abril a septiembre y la época de inactividad ovulatoria de octubre a marzo. Al término de cada época existen periodos de transición por los que deben pasar los animales para reiniciar (transición primaveral) o finalizar (transición otoñal) su actividad reproductiva. Los efectos del fotoperíodo sobre la estacionalidad reproductiva son mediados principalmente por la melatonina de origen pineal, aunque también intervienen otras hormonas y neurotransmisores como la dopamina, noradrenalina, opioides, cortisol y leptina (Malinowsky *et al*, 1985; Fitzgerald y Mcmannus, 2000; Diekman *et al*, 2002).

Durante la época de transición primaveral hay una reactivación gradual de la actividad ovulatoria. El aumento gradual en la duración del fotoperíodo natural ocasiona una disminución en la secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, lo que provoca un incremento en la

frecuencia de secreción pulsátil de GnRH y LH. Esto a su vez permite la maduración progresiva de los folículos ováricos, de forma que se llegan a desarrollar hasta 3.6 folículos cada 10 días, para que al final uno de estos llegue a la primera ovulación del año. (Freedman *et al*, 1979; Nagy *et al*, 2000; Donadeu y Watson, 2007).

Es posible acortar la transición primaveral mediante el uso de fotoperíodo artificial. La aplicación de luz artificial hasta completar 15 a 16 horas diarias de exposición a la luz durante 60 a 90 días a partir de los meses de noviembre o diciembre ha demostrado ser efectiva para acortar la época de transición y adelantar la época ovulatoria. (Oxender *et al*, 1977; Freedman *et al*, 1979; Malinowsky *et al*, 1985; Neely *et al*, 1993; Donadeu y Watson, 2007).

La manipulación artificial del fotoperíodo se puede combinar con un tratamiento con progestágenos, el cual puede iniciarse después de un periodo previo de exposición al fotoperíodo artificial. La administración de Altrenogest durante nueve días en yeguas que se encuentran en la época reproductiva o en el periodo de transición primaveral generalmente resulta en una ovulación durante los primeros 15 días después de suprimir el tratamiento. El progestágeno inhibe la secreción de LH a través de una retroalimentación negativa sobre la liberación de GnRH, por lo que se produce

un efecto de rebote al retirarlo. (Nagy *et al*, 2000; McCue *et al*, 2001; Donadeu y Watson 2007).

No existe ningún estudio para evaluar los efectos de la exposición a fotoperíodo artificial combinado con la administración de un progestágeno en yeguas localizadas en latitudes cercanas al ecuador, por lo que en el presente trabajo se compararán los efectos del tratamiento combinado y el tratamiento exclusivamente con fotoperíodo sobre el reinicio de la actividad ovárica y la presentación de las ovulaciones en yeguas criollas localizadas en una latitud LN 19°09'.

3. HIPÓTESIS

La administración de Altrenogest al final de un periodo de exposición a fotoperiodo artificial en yeguas criollas localizadas en la latitud 19° 09' N acortará más el periodo de transición hacia la época reproductiva que el tratamiento con fotoperiodo artificial exclusivamente.

4. OBJETIVOS

- Comparar los efectos del fotoperiodo artificial combinado o no con Altrenogest sobre la presentación de estros y ovulaciones de yeguas criollas mantenidas en la latitud 19° 09' N.
- Monitorear la actividad ovárica a través de la ultrasonografía así como la medición de progesterona en sangre antes, durante y después del tratamiento con fotoperiodo artificial y la aplicación del progestágeno.
- Evaluar el porcentaje de ovulaciones presentado en cada grupo de yeguas, registrando las primeras ovulaciones que ocurran en hembras tratadas con fotoperiodo artificial y Altrenogest, así como en las tratadas solo con fotoperiodo artificial.

5.Revisión de literatura

5.1 Estacionalidad Reproductiva

En la mayoría de las especies de mamíferos la estacionalidad reproductiva es regulada por el fotoperíodo natural. Este factor ambiental asegura el nacimiento de las crías en el momento más oportuno del año para garantizar su supervivencia en especies tan variadas como la oveja, el caballo, el hámster, el hurón, el ciervo, el visón, el zorrillo o el walaby (Fitzgerald y McMannus, 2000; Diekman *et al*, 2002). Los cambios en la duración del día (fotoperíodo) son el indicador más confiable de la época del año, por lo que los animales utilizan esta información para saber en qué época se encuentran. La duración máxima y mínima del fotoperíodo varía de acuerdo a la latitud. Así, muy cerca de la línea ecuatorial la diferencia entre el día más largo y el día más corto del año es mínima, mientras que en latitudes altas dicha diferencia puede ser de muchas horas (Sharp, 1988; Nagy *et al*, 2000). Sin embargo, el factor común es la fecha en la que se invierte la dirección del cambio en la duración del fotoperíodo. En el hemisferio norte, a cualquier latitud, la duración del fotoperíodo comienza a aumentar a partir del 22 de diciembre, llegando a su máxima duración el 21 de junio, para después reducirse. Los cambios en la duración del día en el hemisferio sur, a cualquier latitud, ocurren a partir de

las mismas fechas, pero la duración del día aumenta a partir de junio y se acorta a partir de diciembre.

La yegua es una especie poliéstrica estacional que normalmente ovula durante los meses de primavera y verano (días largos), mientras que en los meses de otoño e invierno (días cortos) se presenta un periodo de inactividad ovárica. (Malinowsky *et al*, 1985). En el hemisferio norte, del 75% al 80% de las yeguas muestran un patrón reproductivo de tipo poliéstrico estacional, mientras que el resto tiene un patrón poliéstrico continuo durante todo el año. (Neely *et al*, 1993; Fitzgerald y Mcmannus, 2000).

El patrón reproductivo estacional es el resultado del ritmo circadiano endógeno de cada animal, el cual es sincronizado por factores medio ambientales, de los cuales el fotoperiodo es el más importante. La información luminosa es transformada en señales endocrinas por la glándula pineal a través de su secreción de melatonina. (Neely *et al*, 1993; Nagy *et al*, 2000; Fitzgerald y Mcmannus, 2000).

5.2 Neuroendocrinología

Después de que el estímulo luminoso entra en contacto con la retina del ojo, la información es transportada a través del tracto nervioso retino-hipotalámico hacia el núcleo supraquiasmático del hipotálamo, de donde la señal

es transferida al ganglio cervical superior, bloqueando su liberación de noradrenalina en las sinapsis con la glándula pineal. Cuando no está inhibido por los estímulos luminosos, las terminaciones nerviosas del ganglio cervical superior liberan norepinefrina, la cual promueve en los pinealocitos la síntesis y activación de la enzima serotonina-N-acetiltransferasa, que estimula la conversión de serotonina a N-acetil serotonina, la que posteriormente se transforma en melatonina por medio de la enzima hidroxil-indol-O-metil transferasa (HIOMT) (Lincoln, 1992; Neely *et al*, 1993; Simonneaux y Ribelaygas, 2003).

Además del efecto directo de la luz u oscuridad sobre la secreción de melatonina, las concentraciones de la hormona están sujetas a un ritmo circadiano, por lo que la actividad de las enzimas involucradas en su síntesis varía a lo largo del día. Además, y en respuesta a las diferencias en la duración del fotoperiodo, la duración de la elevación nocturna de melatonina varía a lo largo del año, siendo mayor durante el invierno que durante el verano (Diekman *et al*, 2002). En la yegua, la disminución del fotoperiodo durante el otoño e invierno resulta en un alargamiento del periodo diario de secreción de melatonina, lo que suprime la secreción de GnRH (Donadeu y Watson, 2007).

Durante la época anovulatoria las elevadas concentraciones y larga duración de la secreción diaria de

melatonina provocan una inhibición de la secreción hipotalámica de GnRH, aunque dicha secreción también puede ser modulada por opioides, cortisol, dopamina y noradrenalina. El hipotálamo analiza toda esta información, así como el estado metabólico de la yegua, y con base en esto decide la frecuencia de la secreción de pulsos de GnRH. La baja frecuencia de secreción de GnRH resulta en una reducción en la secreción de hormona luteinizante (LH), ya que la hipófisis secreta un pulso de LH por cada pulso de GnRH que le llega por la circulación portal hipotálamo-hipofisiaria. Durante la época anovulatoria la síntesis y secreción de LH hipofisiaria casi se detienen, por lo que durante el invierno los folículos ováricos no pueden madurar y la yegua deja de ovular. (Donadeu y Watson, 2007). En cambio las concentraciones de hormona folículo estimulante (FSH) no sufren variaciones significativas durante el año ni son afectadas por los cambios en la secreción de melatonina, por lo que aún en la época anovulatoria algunos folículos llegan a crecer hasta un tamaño mediano antes de sufrir atresia por falta de apoyo de la LH.

Al acercarse la época reproductiva comienzan a descender tanto las concentraciones de melatonina como la duración de la elevación nocturna de esta hormona, lo que permite que la frecuencia de secreción de GnRH aumente gradualmente. Al aumentar la secreción de GnRH la hipófisis

responde con un incremento en la frecuencia de secreción de LH. Inicialmente, los bajos niveles en la expresión folicular de receptores para LH durante la transición primaveral son suficientes para la estimulación del crecimiento folicular, pero no para provocar una ovulación natural o aún una estimulada por la administración de gonadotropinas exógenas. (Donadeu y Watson, 2007). Sin embargo, gradualmente se lleva a cabo la recuperación de la funcionalidad total del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, por lo que eventualmente se completa la maduración final del folículo y la primera ovulación del año. (Freedman et al, 1979; Nagy et al, 2000; Donadeu y Watson, 2007).

La secreción de estrógenos es afectada por la estacionalidad, ya que la reducción en la actividad folicular resulta en niveles mínimos de estradiol y de otras hormonas esteroides. Esto se debe principalmente al limitado soporte de LH durante la época anovulatoria, mientras que en la transición primaveral ocurre un aumento en la circulación periférica de estradiol asociado a la activación del desarrollo folicular. Los estrógenos, además de estimular la liberación del pico preovulatorio de LH, juegan un papel esencial en la proliferación de células de la granulosa y su diferenciación durante la maduración del folículo, incluyendo la regulación de los receptores a LH, por lo que su deficiencia relativa durante la época de transición puede estar relacionada con la incapacidad para

que los folículos que se desarrollen en dicha época alcancen la ovulación.

Conforme avanza la época de transición primaveral, las sucesivas oleadas de secreción de gonadotropinas estimulan cada vez mejor la esteroidogénesis y la maduración folicular, hasta que eventualmente un folículo maduro produce suficiente estradiol para provocar la oleada ovulatoria de LH en cantidad suficiente para ocasionar la ovulación (Donadeu y Watson , 2007).

Otra hormona involucrada en la estacionalidad es la dopamina. Las concentraciones en el fluido cerebroespinal de la yegua se incrementan durante la época anovulatoria, y se ha comprobado que la administración de antagonistas de la dopamina aumenta la actividad folicular durante la transición primaveral, pero no durante el anestro profundo. En contraste la administración de agonistas de la dopamina tiene un efecto inhibitorio en la foliculogénesis (Donadeu y Watson, 2007).

En respuesta a los cambios neuroendócrinos que se producen a lo largo del año, el patrón reproductivo de la yegua se divide de la siguiente manera:

Época Anovulatoria.

Época de Transición Invernal o primaveral.

Época Ovulatoria.

Época de Transición Otoñal.

5.3 Época anovulatoria

Al acortarse el fotoperíodo natural en el otoño, el hipotálamo se vuelve más sensible a la retroalimentación negativa de los estrógenos, por lo que disminuye la frecuencia de secreción de pulsos de GnRH y LH, lo que resulta en la supresión del desarrollo de folículos preovulatorios. Aunque se sigue secretando FSH en forma normal, los estrógenos producidos por los folículos que se reclutan durante cada oleada folicular provocan rápidamente una inhibición de la secreción de LH, por lo que los folículos no pueden pasar a etapas avanzadas de desarrollo y terminan sufriendo atresia (Watson *et al*, 2004).

Durante la etapa anovulatoria las concentraciones de FSH son normales mientras que la LH se secreta en cantidades muy pequeñas y en forma poco frecuente, por lo que es imposible la maduración del folículo dominante, y mucho menos la ovulación. (Watson *et al*, 2004). Durante esta época las yeguas tienen ovarios pequeños y lisos, con folículos menores a 20 mm de diámetro, y sus concentraciones de progesterona se mantienen por debajo de 1 ng/ ml. La mayoría de las yeguas no presentan signos de estro, aunque algunas pueden presentar estros anovulatorios debidos aparentemente a la ausencia prolongada de progesterona, y no a la presencia de estrógenos (Freedman *et al*, 1979; Nagy *et al*, 2000; Donadeu y Watson, 2007).

5.4 Época de transición primaveral

El término "transición" primaveral se usa frecuentemente para referirse a los cambios fisiológicos graduales que permiten durante la primavera el paso desde un estado anovulatorio hasta otro de actividad ovulatoria cíclica. Esta etapa de transición primaveral o resurgencia tiene una duración de entre 30 hasta 90 días, y se caracteriza por un aumento tanto en el número de folículos en desarrollo como en el diámetro máximo que llegan a alcanzar. Sin embargo, en esta etapa los folículos no llegan a ovular aunque alcancen diámetros típicos de folículos ovulatorios (>30 mm de diámetro), por lo que sufren atresia después de periodos variables (10 a 14 días en promedio) de permanencia en los ovarios, dando paso a una nueva oleada folicular en la que puede repetirse el desarrollo de folículos anovulatorios. El desarrollo de estos folículos persistentes anovulatorios está asociado con una insuficiente producción folicular de estrógenos debida a la baja concentración de receptores para LH en las células de la teca y la granulosa. A pesar de ello, sí se producen suficientes estrógenos para inducir conducta estral, por lo que en esta etapa las yeguas presentan estros frecuentes, prolongados y a intervalos irregulares (Sharp, 1988; Hines *et al*, 1991; Ginther *et al*, 2004; Donadeu y Watson, 2007).

Después de 3 o cuatro oleadas de desarrollo folicular anovulatorio se produce una siguiente oleada en la que sí

se producen suficientes estrógenos, por lo que se genera una elevación preovulatoria de LH y se produce la ovulación, con lo que se inicia la época ovulatoria (Sharp, 1988; Hines *et al*, 1991; Ginther *et al*, 2004; Donadeu y Watson, 2007).

5.5 Época ovulatoria

La época ovulatoria se define como el intervalo entre la primera y la última ovulación del año. En la yegua promedio esta época se extiende desde abril hasta septiembre, existiendo diferencias entre razas e individuos, e incluso entre años para una misma yegua (Sharp, 1988).

En la yegua la FSH provoca la aparición de oleadas foliculares en cualquier época del año, e incluso durante la gestación. Sin embargo los folículos solamente llegan a ovular cuando su grado de desarrollo y competencia funcional les permite producir una concentración de estrógenos lo suficientemente elevada para provocar una elevación preovulatoria de LH. Una vez que la yegua ha ovulado y formado un cuerpo lúteo se establece un patrón de ciclicidad ovárica rítmica (ciclo estral) que se mantendrá durante la época ovulatoria a menos que exista alguna patología o se presente una gestación. (Sharp, 1988)

La FSH tiene una secreción bifásica durante el ciclo estral, la cual es responsable del desarrollo de oleadas

foliculares en los ovarios. En la mayoría de las yeguas en cada ciclo estral se encuentran dos picos de FSH separados entre si por un intervalo de 10 a 12 días. La primera oleada folicular no culmina con la ovulación, ya que la presencia de concentraciones elevadas de progesterona producidas por el cuerpo lúteo formado después de la ovulación anterior no permite la secreción de una oleada preovulatoria de LH. En cambio, la destrucción del cuerpo lúteo y la consecuente reducción en las concentraciones de progesterona coincide con la segunda oleada folicular, lo que permite la generación del pico de LH y la ovulación del folículo dominante (Miller *et al*, 1981).

Las concentraciones sanguíneas de estradiol se incrementan durante los primeros 3 a 4 días del estro, presentando sus máximos niveles 1 a 2 días antes de la ovulación para después disminuir rápidamente. Algo similar ocurre con las concentraciones de LH, las que se incrementan gradualmente durante el estro hasta el momento de la ovulación, disminuyendo gradualmente durante los siguientes 7 o 8 días durante el diestro. (Oxender *et al*, 1977). De esta manera, la elevación preovulatoria de LH en la yegua es distinta al pico preovulario de otras especies, que se caracteriza por una gran elevación de LH durante un periodo muy corto de tiempo, usualmente de menos de 12 horas de duración.

Después de la ovulación las concentraciones séricas de progesterona se incrementan gradualmente, impidiendo la expresión de signos de estro. Las concentraciones elevadas de progesterona durante la fase lútea inhiben la secreción de LH, lo que en la mayoría de los casos provoca la atresia de los folículos de la primera oleada folicular, aunque hasta el 10% de las yeguas puede llegar a ovular durante la fase lútea. Al final del diestro ocurre la destrucción del cuerpo lúteo debido a la secreción endometrial de $Pgf2\alpha$, provocando una rápida caída en las concentraciones de progesterona (Oxender *et al*, 1977; Donadeu y Watson, 2007).

5.6 Época de transición otoñal

Durante esta etapa empieza a disminuir la cantidad de horas luz, por lo que la duración de las elevaciones nocturnas de melatonina comienza a aumentar, lo que provoca una reducción en la frecuencia de secreción de GnRH y LH. Como resultado, después de la última ovulación del año se produce una oleada folicular en la que el folículo dominante crece poco (menos de 25 mm de diámetro), produce pocos estrógenos y no llega a ovular debido a que las concentraciones de estradiol son insuficientes para provocar el pico preovulatorio de LH (Sharp, 1988; Ginther *et al*, 2004; Nunes *et al*, 2005; Donadeu y Watson, 2007).

Otra situación característica de esta época es que se mantiene el cuerpo lúteo de la última ovulación del año y

perdura hasta por varias semanas, lo que probablemente se debe también a las bajas concentraciones de estrógenos, ya que el estradiol es necesario para inducir la síntesis de receptores para oxitocina requeridos para el establecimiento de un patrón luteolítico de secreción de PgF 2α . (Nunes *et al*, 2005).

5.7 Estacionalidad reproductiva de la yegua en México

En México, González y Valencia (1977) estudiaron la distribución anual de estros en yeguas localizadas en la Ciudad de México (19° 27' N), encontrando una muy baja incidencia de estros durante enero (2.1%) y febrero (1.4%). Saltiel *et al* (1982), trabajando con material de rastro, encontraron también una marcada estacionalidad de la actividad ovárica en yeguas provenientes de diversas regiones de México. Sin embargo, Boeta *et al* (2006), encontraron que en la latitud de la Ciudad de México (19° 25' N) un 62% de las yeguas continuaban ovulando durante los meses de invierno (Noviembre-Febrero).

5.8 Efectos del Fotoperiodo Artificial

La actividad ovárica de la yegua se activa gradualmente durante la época de transición primaveral debido al incremento en la cantidad de horas luz. Por este motivo la suplementación del fotoperiodo natural con luz artificial aplicada por 60 a 90 días durante los meses de invierno (15 a 16 horas de luz total/día), provoca un significativo aumento de la actividad folicular, que se percibe a partir de las 2 semanas de iniciado el tratamiento con fotoperíodo artificial. La actividad folicular continúa activándose durante el periodo de exposición a fotoperiodo artificial, lo que finalmente resulta en un acortamiento del periodo de transición y el consiguiente adelanto del inicio de la época ovulatoria (Oxender *et al*, 1977; Freedman *et al*, 1979; Malinowsky *et al*, 1985; Neely. *et al*, 1993; Donadeu y Watson, 2007)

Con el objeto de mejorar la inducción de actividad ovárica en respuesta al fotoperiodo artificial, se ha estudiado su combinación con diversos tratamientos hormonales. Así, Nequin *et al* (1989) encontraron que al utilizar fotoperíodo artificial en combinación con GnRH se logró estimular la actividad ovárica más rápidamente (a las 6 semanas postratamiento) que cuando solamente se utilizó el fotoperíodo artificial (12 semanas postratamiento).

Los tratamientos a base de luz artificial se pueden aplicar en forma grupal o de manera individual. La fuente

luminosa debe estar a una altura mínima de de 2.1 a 2.5 m para producir el estímulo luminoso adecuado. En una caballeriza individual se puede usar una lámpara de 200 watts, que proporciona 21 lux de intensidad para provocar la estimulación ovárica. Sin embargo, Nagy *et al* (2000) utilizaron 100 lux y Nequin *et al* (1989) 75 lux, teniendo éxito ambos tratamientos. El incremento en la duración de luz artificial puede llevarse a cabo gradualmente, 30 minutos por semana, o iniciarla en forma abrupta para completar 16 horas diarias de exposición a luz natural/artificial (Neely *et al*, 1993).

Pérez (2008), informó que en la latitud de la Ciudad de México la utilización de fotoperíodo artificial permite adelantar el inicio de la época ovulatoria de yeguas criollas.

5.9 Utilización de progestágenos para el control de la estacionalidad reproductiva.

Al igual que la progesterona natural, los progestágenos sintéticos tienen varios efectos en la yegua, como la inhibición de la secreción de LH, la supresión del estro, el incremento del tono uterino, el desarrollo de las glándulas endometriales y el desarrollo de la glándula mamaria. Uno de los progestágenos orales disponibles es el Altrenogest, que está indicado para acortar la época de transición, suprimir el estro, sincronizar la ovulación y

mantener la gestación en yeguas con problemas del cuerpo lúteo (Blanchard *et al*, 2006).

En diversos estudios realizados en latitudes entre los 30 y los 60 grados se ha demostrado que los progestágenos pueden ayudar a acortar el periodo de transición. La administración diaria de un progestágeno oral por nueve días resulta en una ovulación dentro de los quince días siguientes a la suspensión del tratamiento (Nagy *et al*, 2000; McCue *et al*, 2001; Donadeu y Watson, 2007).

El tratamiento con Altrenogest tiene un efecto inhibitorio sobre la actividad folicular, ya que disminuye significativamente el tamaño y número de folículos mayores o iguales a 40 mm, por lo que el comportamiento estral se suprime debido a la poca aportación de estrógenos por parte de los folículos. El progestágeno provoca una inhibición en la liberación de LH, por lo que los folículos no pueden crecer, madurar y ovular. La receptividad sexual se suprime de 2 a 3 días después de haber iniciado el tratamiento (Wiepzig *et al*, 1988).

Cuando se retira el tratamiento con Altrenogest hay una elevación inmediata de LH en suero, lo que ocasiona el desarrollo y crecimiento final del folículo dominante hasta llegar a la ovulación. Este folículo se vuelve esteroidogénicamente competente y produce cantidades significativas de estrógenos; por lo que la yegua presenta signos de estro a los 6.7 días, con ovulación entre 5 y 15

días postratamiento (Wiepzig *et al*, 1988). Este efecto se presenta aún cuando la yegua se encuentre en un estado anovulatorio estacional, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones.

Así, cuando se administra un tratamiento con Altrenogest durante la época de transición primaveral, o en yeguas que a pesar de estar en época anovulatoria tienen folículos de más de 25 mm de diámetro, se produce un efecto de rebote al suspender el tratamiento, lo que ocasiona secreción de LH, desarrollo y maduración folicular y ovulación. Sin embargo los patrones de ovulación son diferentes para cada yegua. Wiepzig *et al* (1988), encontraron que solo el 50% de las yeguas ovuló dentro de un periodo de 13 días, y el resto hasta 39 días después de finalizar el tratamiento. Allen *et al* (1980) informaron que el 88% de las yeguas mostraron comportamiento estral antes de los 8 días post tratamiento y el 84% ovularon dentro de los 18 días de la última dosis de progesterona.

Sin embargo, el tratamiento no es efectivo si se administra en plena época anovulatoria o en yeguas con folículos menores a 25 mm, a menos que las yeguas sean expuestas a fotoperíodo desde varias semanas antes de la aplicación de la hormona. (Smith, 2007). Por esta razón el tratamiento con Altrenogest funciona mejor combinado con un fotoperíodo artificial, ya que acorta el periodo de

transición y adelanta la primera ovulación del año (Squires *et al*, 1979; McCue *et al*, 2001).

El presente trabajo se realizó porque no existe información sobre la efectividad de los tratamientos combinados de fotoperíodo artificial con progestágenos en la latitud de la Ciudad de México.

6 Material y métodos

6.1 Localización

El estudio se realizó en el Rancho "San Francisco", ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera Chalco-Mixquic, en Chalco, Estado de México, a una latitud 19° 09' N, con 2,550 m. sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio anual de 15.6 °C.

6.2 Animales y Grupos Experimentales.

Se utilizaron 26 yeguas clínicamente sanas de raza criolla, con una edad que fluctuaba entre 5 y 10 años, con un peso promedio de 270 Kg. La condición corporal de las yeguas era entre 2.5 y 3.5 en una escala de 0 a 5 (Martín-Rosset, 1993). Se mantuvieron con una alimentación a base de heno de avena, concentrado y alfalfa henificada para cubrir sus requerimientos nutricionales y agua *ad limitum*. Las yeguas fueron desparasitadas con ivermectina vía oral para posteriormente pesarlas y elaborar las reseñas con fotografía para su identificación.

Todas las yeguas fueron expuestas diariamente a 16 horas de luz, para lo que se suplemento el fotoperiodo natural con 6 horas de un fotoperiodo artificial comenzando a las 17:00 hrs. y finalizando a las 23:00 hrs. (Freedman *et al*, 1979; Malinowsky *et al*, 1985). El fotoperiodo artificial se aplicó durante 60 días, comenzando en el

grupo control el 1ro de diciembre, mientras que en el grupo experimental se inicio desde el 15 de noviembre.

Dicho fotoperiodo se logró colocando 14 reflectores de 200 watts a una altura de 2.50 m, con lo que se cubrió un área de 568.8 m², distribuidos como se muestra la figura 1. Los reflectores estuvieron conectados a un sistema de encendido automático que se activaba desde las 17:00 hrs. y terminando a las 23:00 PM. (López, 2008).

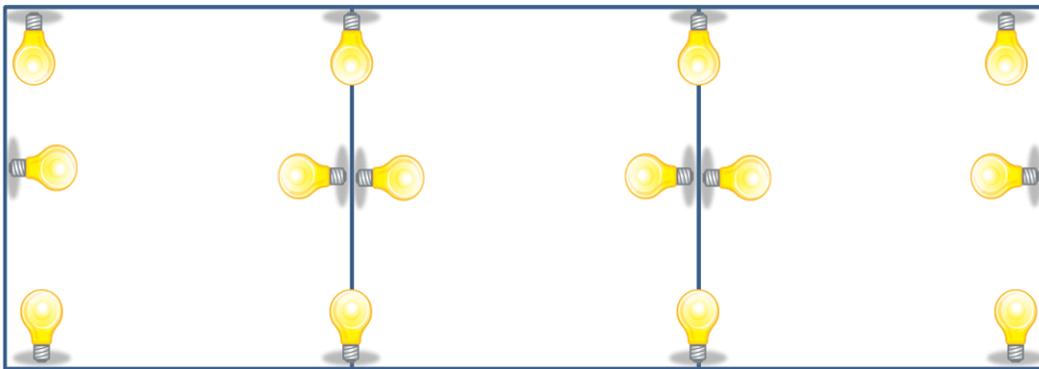


Figura 1. Esquema de la distribución de reflectores en los corrales

A partir del 15 de enero al grupo experimental, conformado por 12 yeguas, se les administró el tratamiento de Altrenogest durante 9 días, a una dosis de 0.044 mg. por kilogramo de peso vivo, por vía oral (Squires *et al*, 1979).

6.3 Seguimiento ultrasonográfico y hormonal

Todas las yeguas fueron receladas con un garañón intacto para verificar la presencia de conducta sexual y revisadas con ultrasonido una vez por semana durante el tratamiento con fotoperíodo artificial. A partir del 15 de enero se recelaron diariamente y se revisaron ultrasonográficamente dos veces por semana hasta verificarse la primera ovulación del año. Dichas revisiones se llevaron a cabo vía transrectal con un transductor lineal de 5 MHz con un equipo Aloka 210.

Se obtuvieron muestras sanguíneas dos veces por semana por punción de la vena yugular en tubos vacutainer al vacío sin anticoagulante. Las muestras se centrifugaron a 2,500 rpm durante 5 minutos y se conservaron a -18°C para luego determinar los niveles de progesterona con la técnica de radioinmunoanálisis de fase sólida.

6.4 Análisis Estadístico

Se utilizó la prueba de t de Student para comparar el intervalo de tiempo desde el inicio del tratamiento con fotoperíodo artificial hasta la primera ovulación y hasta el inicio de los signos de estro en cada grupo. Se utilizó un análisis de varianza para mediciones repetidas para comparar las concentraciones de progesterona y el diámetro del folículo mayor en cada grupo en diferentes momentos en relación al inicio de los tratamientos.

7. RESULTADOS

En las Figuras 7.1 y 7.2, se muestra la duración de la época ovulatoria y anovulatoria del grupo control y del grupo experimental de acuerdo a los perfiles de progesterona. Las barras amarillas indican periodos de inactividad ovárica con ausencia de cuerpos lúteos funcionales (concentraciones de progesterona ≤ 1 ng/ml). Las barras de tono azul indican los periodos durante los cuales las yeguas tuvieron actividad ovulatoria regular, caracterizada por la presencia de concentraciones ≥ 1 ng/ml de progesterona características de la presencia de un cuerpo lúteo funcional. En la figura 2 los cuadros rayados muestran el periodo de aplicación del tratamiento del Altrenogest en el grupo experimental.

Como se puede observar en la Figura 1, en el grupo testigo, tratado únicamente con fotoperiodo artificial, una yegua ("Guanábana") mostró actividad ovulatoria cíclica durante todo el periodo de estudio y otra yegua ("Angustias") nunca ovuló. El resto de las yeguas se encontraban en estado anovulatorio al iniciar los muestreos en la primera semana de diciembre, y, con excepción de la yegua "Willa", comenzaron a ciclar entre la quinta semana de enero y la segunda semana de febrero, es decir entre 60 y 75 días después de iniciada la exposición al fotoperiodo artificial. La yegua "Willa" requirió un mes adicional para comenzar a ciclar.



Fig. 7.1 Periodos de actividad e inactividad ovulatoria en yeguas expuestas a fotoperiodo de 16 horas a partir del primero de diciembre al primero de febrero. Las barras amarillas indican el periodo anovulatorio y las barras azules representan el periodo durante el cual se mantuvo actividad ovulatoria cíclica. Los números debajo del nombre de los meses representan la semana del mes.

En la figura 2 se observa que en el grupo experimental, tratado con fotoperiodo artificial y Altrenogest, todas las yeguas presentaron un periodo de actividad anovulatoria. En este grupo la mayoría de las yeguas ovularon por primera vez entre la tercera semana de enero (durante el tratamiento con Altrenogest) y la primera semana de febrero, es decir entre 70 y 90 días después de comenzar la exposición a fotoperiodo artificial. Las yeguas "Magnolia" y "Willa" tardaron aún más tiempo en responder, mientras que la yegua "Vaca" tuvo su primera ovulación en la última semana de diciembre.

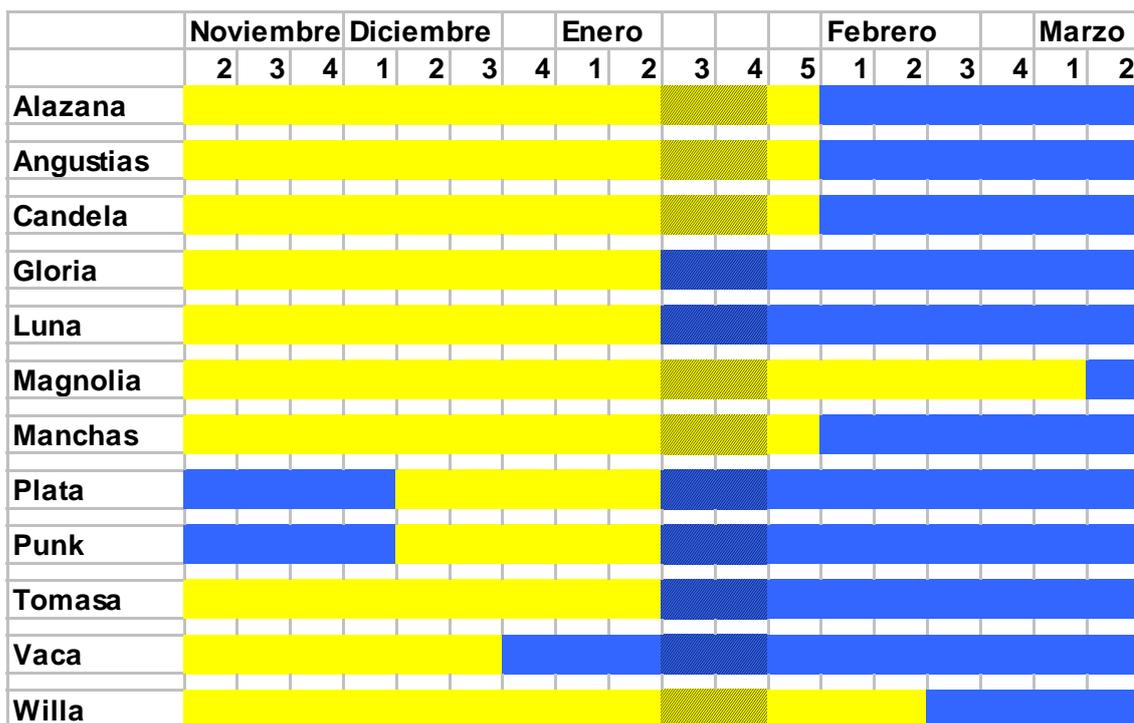


Fig. 7.2 Periodos de actividad e inactividad ovulatoria en yeguas expuestas a fotoperiodo de 16 horas a partir del 15 de noviembre al 15 de febrero y tratadas con altrenogest. Las barras amarillas indican el periodo anovulatorio y las barras azules representan el periodo durante el cual se mantuvo actividad ovulatoria cíclica. El área sombreada indica el periodo de administración de altrenogest. Los números debajo del nombre de los meses representan la semana del mes.

En la figura 7.3 se muestra el porcentaje acumulado de yeguas que alcanzaron el estado ovulatorio en cada una de las semanas del año, tomando a la primera semana de enero como la semana 1. Como puede observarse, el 50 % de las yeguas del grupo experimental ya habían tenido su primera ovulación al llegar la tercera semana del año, más del 80 % hacia la sexta semana y el 100 % alcanzó el estado ovulatorio en la semana 11 del año. Las yeguas del grupo testigo comenzaron a ovular en forma más tardía y más gradual, por lo que en la semana 3 del año menos del 10% estaban ciclando y en la semana 6 lo hacían el 35 %. Sin

embargo, hacia la semana 7 la actividad ovulatoria de las yeguas de ambos grupos se emparejó.

A pesar de las aparentes diferencias entre los grupos, debe destacarse que más del 40 % de las yeguas del grupo experimental tuvieron su primera ovulación durante la primera semana de administración del altrenogest.

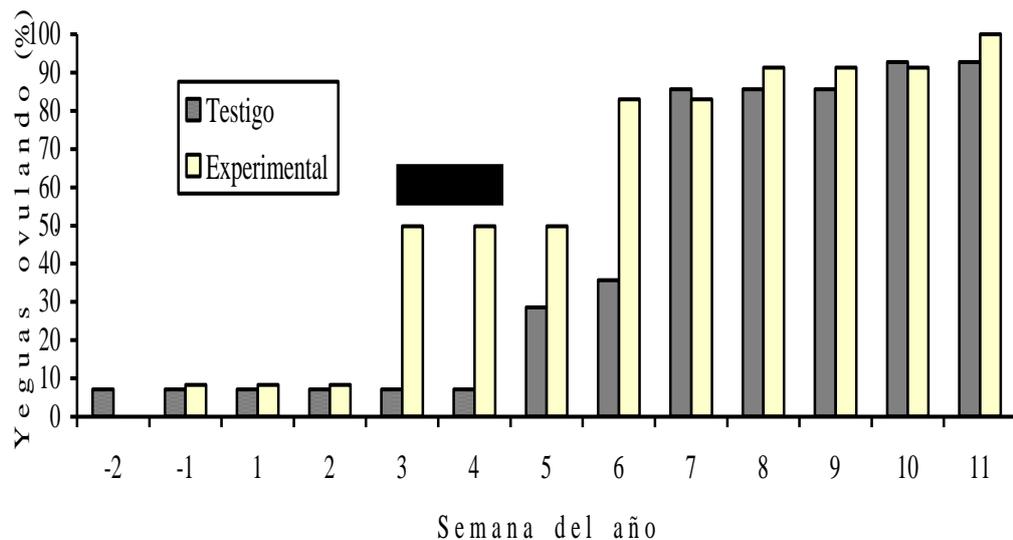


Figura 7.3 Porcentaje acumulado de yeguas que alcanzaron el estado ovulatorio en diferentes semanas del año. La semana 1 corresponde a la primera semana de enero. Las dos últimas semanas de diciembre del año anterior se indican con dígitos negativos. El periodo de administración de altrenogest en el grupo experimental se indica con una barra negra horizontal.

En las figuras 7.4 y 7.5 se muestra la presentación de estros y ovulaciones en el grupo testigo (fotoperiodo) y experimental (fotoperiodo-Altrenogest). Las barras verdes representan periodos de conducta estral y las flechas indican el momento en que se presentaban las ovulaciones. En el grupo tratado se representa con barras transversales el periodo en que se dio el tratamiento hormonal. El 91.6 %

(11/12) de las yeguas del grupo testigo presentaron signos de estro dentro de los primeros 21 días después de suspenderse el tratamiento con progestágenos (Figura 7.5).

En promedio el primer estro que se presentó después de iniciado el tratamiento con fotoperiodo artificial fue significativamente antes ($p < 0.05$) en el grupo experimental (día 49.9 ± 5.41) que en el grupo testigo (día 68.5 ± 5.18).

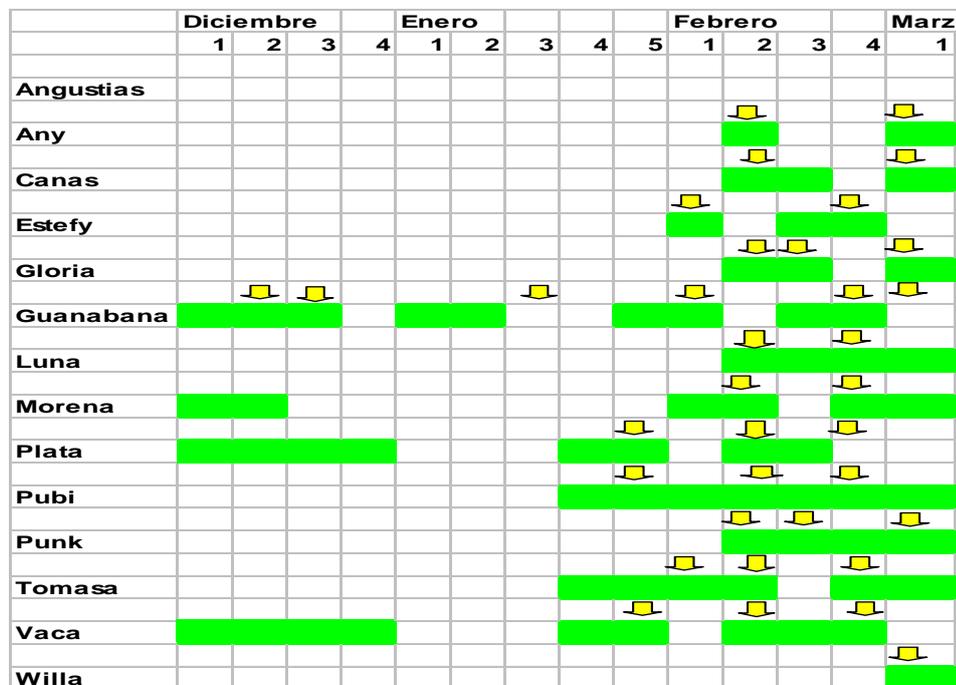


Figura 7.4 Presentación de conducta estral (barras verdes) y ocurrencia de ovulaciones (flechas) en las yeguas del grupo testigo.

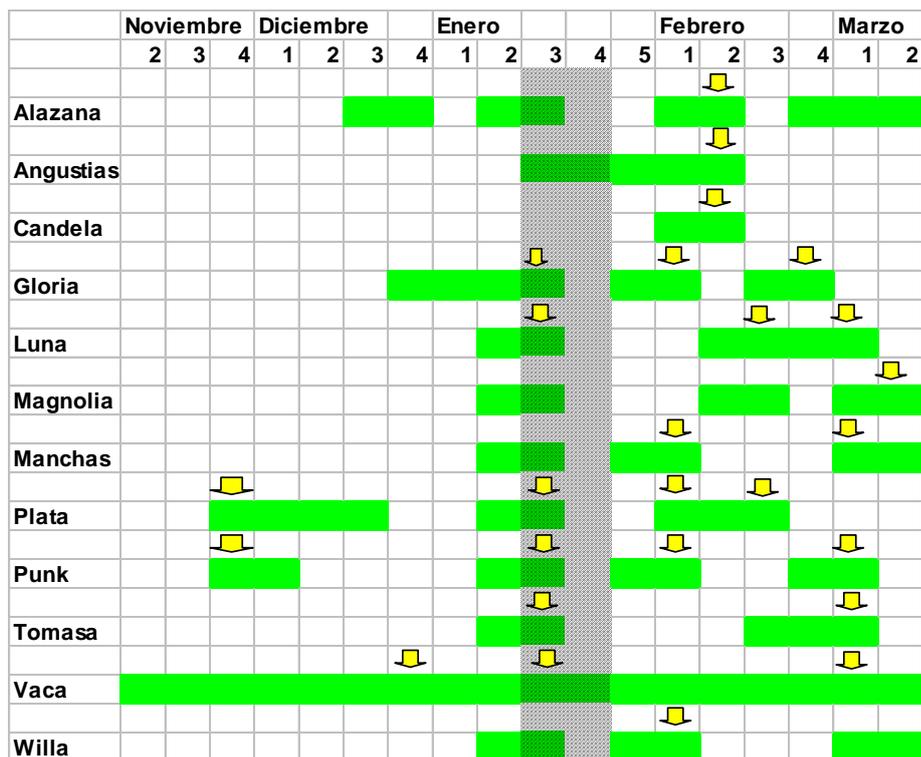


Figura 7.5 Presentación de conducta estral (barras verdes) y ocurrencia de ovulaciones (flechas) en las yeguas del grupo experimental. El área sombreada representa el periodo de administración del altrenogest.

El intervalo promedio entre el inicio del tratamiento y la primera ovulación no fue estadísticamente diferente ($P > 0.05$) entre las yeguas del grupo testigo (72.7 ± 4.7 días) y las del grupo experimental (73.1 ± 4.9 días).

En la figura 7.6 se observa que las concentraciones promedio de progesterona fueron significativamente mayores ($p < 0.01$) en las yeguas del grupo experimental que en las del grupo tratado en las semanas 8, 9, 10, 12 y 13.

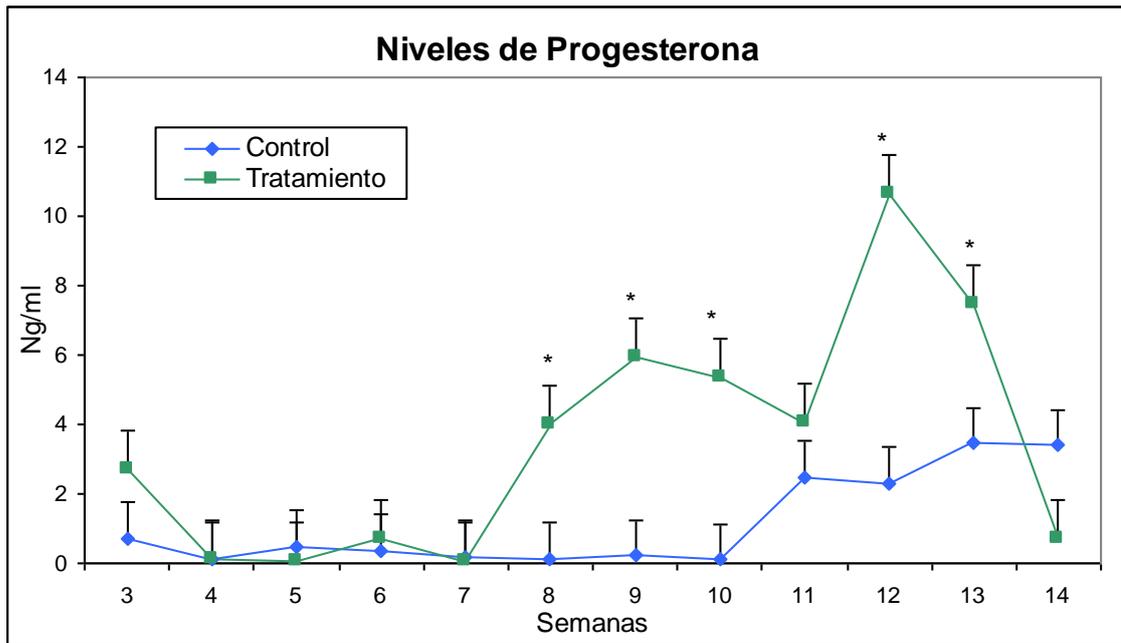


Figura 7.6 Concentraciones promedio de Progesterona de yeguas del grupo testigo y del grupo experimental. Las barras representan el error estándar y los asteriscos indican las muestras en las que las concentraciones de P4 fueron diferentes entre grupos ($P < 0.01$).

En la figura 7.7 Se muestran los promedios del tamaño folicular del grupo experimental. En el mes de noviembre se presentó la media más pequeña de 16.18 mm mientras que en febrero alcanzó una media de 27.92 mm. Sin embargo no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tamaño folicular durante el tratamiento.

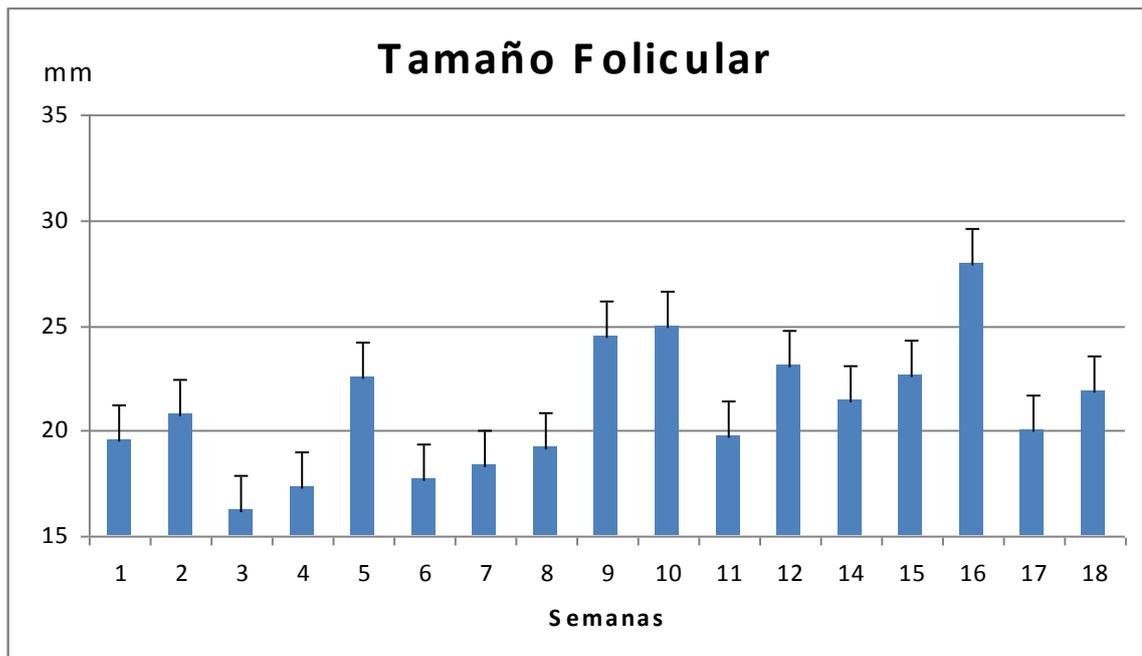


Fig. 7.7. Tamaño folicular promedio del grupo experimental desde el 15 de noviembre del 2007 (muestra 1) hasta el 10 de marzo del 2008 (muestra 17). Las barras representan el error estándar. Las diferencias entre semanas no son significativas ($P > 0.05$).

8. DISCUSIÓN

8.1 Ovulaciones postratamiento

El 78.57% (12/14) de las yeguas tratadas con luz artificial (grupo testigo) tuvo su primera ovulación entre la 9^a y 11^a semana post tratamiento, coincidiendo con el rango de 6 a 12 semanas reportado por diversos autores que han utilizado fotoperiodo artificial Freedman *et al* (1979), Nagy *et al* (2000) y Blanchard *et al* (2006).

Se presentaron dos excepciones al patrón anterior. Una yegua continuó ciclando durante los meses invernales, situación que ya había sido informada por Boeta *et al* (2006), quienes en esta misma latitud encontraron que el 62% de las yeguas criollas continúan ciclando durante los meses invernales. El otro caso fue el de una hembra que prolongó su actividad anovulatoria durante todo el periodo de estudio. Ella nunca tuvo folículos mayores a 30 mm de diámetro ni manifestación de estros. La falta de actividad ovárica probablemente se debió a su pobre condición corporal, lo que puede ocasionar falta de respuesta al tratamiento luminoso (Nagy *et al*, 2000).

En las yeguas del grupo experimental, tratadas con fotoperiodo artificial y altrenogest, el 83.3% (10/12) de los animales ovuló dentro de las 7 a 13 semanas después de iniciado el tratamiento con fotoperíodo. Estos resultados

concuerdan con lo informado por Freedman *et al* (1979), Nagy *et al* (2000) y Blanchard *et al* (2006).

Dentro del mismo grupo se encontró que el 41.6% (5/10) de las yeguas que al iniciarse el tratamiento con altrenogest presentaban un desarrollo folicular avanzado (mayor a 20 mm de diámetro), ovularon durante los primeros días del periodo de administración del Altrenogest, lo que indica que eran animales en los cuales la exposición al fotoperiodo artificial ya les había provocado el reinicio de la actividad ovárica y muy probablemente habrían ovulado en las mismas fechas si no hubiesen recibido altrenogest. Esto indicaría que en el presente trabajo el tratamiento con altrenogest inició demasiado tarde, y que sería más conveniente administrar el progestágeno después de un periodo más corto de exposición al fotoperiodo artificial.

El 41.6% (5/10) restante de las yeguas del grupo experimental no tenía folículos grandes al iniciarse el tratamiento con altrenogest, y en ellas la actividad ovulatoria se mantuvo ausente hasta 18 días después de suspender el tratamiento hormonal, coincidiendo con lo reportado por Squires *et al* (1989).

Los resultados del presente trabajo indican que al momento en que se inició el tratamiento con progestágenos muchas de las yeguas estaban listas para tener su primera ovulación, y que en algunas de ellas el progestágeno no tuvo efecto sobre el momento de la primera ovulación,

mientras que a otras probablemente les provocó un retraso. Como resultado, el intervalo promedio a la primera ovulación no fue distinto entre el grupo experimental y el grupo testigo.

8.2 Comportamiento estral

Las yeguas del grupo experimental presentaron conducta estral significativamente más temprano que las yeguas tratadas solo con fotoperiodo (49.9 y 68.5 días después de iniciado el tratamiento con fotoperiodo respectivamente). Sin embargo, en la gran mayoría de las yeguas del grupo experimental la manifestación de la conducta estral inició antes de comenzar la administración del progestágeno, por lo que la diferencia entre grupos no puede deberse al tratamiento con el progestágeno. Por esta razón, los resultados del presente trabajo no son comparables con el efecto de adelantamiento que ha sido observado por otros autores (Malinowsky *et al*, 1985; Freedman *et al*, 1979), quienes han realizado sus trabajos en latitudes superiores a los 35°, a diferencia de la latitud más ecuatorial en la que se realizó el presente trabajo.

El patrón de conducta estral observado en el presente trabajo refuerza la sugerencia de que el tratamiento con altrenogest se inició demasiado tarde, y que en una latitud relativamente baja (19°) el tratamiento con progestágenos no es necesario o debe iniciarse después de un periodo más

corto de exposición al fotoperiodo artificial para que sea de utilidad.

Al momento de iniciar la aplicación del tratamiento con Altrenogest, 11 de las 12 yeguas presentaban signos de estro, inhibiéndose dicha conducta en 9 de las 11 yeguas después de 3 días de estar recibiendo el tratamiento. Estos resultados demuestran que la dosis de altrenogest utilizada fue adecuada y coinciden con lo reportado por Squires *et al*, (1979) y por Webel y Squires (1982). En el 91.6 % de las yeguas (11/12) se presentaron estros durante los primeros 21 días después de suprimida la administración del progestágeno. Estos resultados no coinciden con lo informado por Allen *et al* (1980), quien informó que las yeguas tratadas con altrenogest presentaban signos de estro a los 8 días después de suspendido el tratamiento. Sin embargo Squires *et al* (1979), Webel y Squires (1982) y Squires *et al* (1983) encontraron rangos de 12 a 24 días entre la suspensión de la administración del progestágeno y el inicio del primer estro. Las diferencias entre autores indican que la actividad ovárica en respuesta al tratamiento con altrenogest puede ser modulada por factores como la época del año en que se aplique el tratamiento, raza de los animales, o latitud en la que se lleva a cabo el trabajo.

9. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo indican que en yeguas criollas situadas a una latitud de 19° 09' norte el tratamiento con fotoperiodo artificial es suficiente para adelantar el inicio de la actividad ovulatoria, y que no es necesario reforzar el tratamiento de fotoperíodo con la administración de un progestágeno. En todo caso, sería recomendable evaluar los efectos de administrar el altrenogest después de un periodo más corto de exposición al fotoperiodo artificial.

10. LITERATURA CITADA

Allen WR, Urwin V, Simpson DJ, Greenwood RES, Crowhurst RC, Ellis DR, Ricketts SW, Hunt MDN, Wingfield NJ. Preliminary studies on the use of an oral progestogen to induce oestrus and ovulation in seasonally anoestrus thoroughbred mares. *Equine Vet J* 1980; 12(2): 141-145.

Blanchard T.L., Varner D.D., Shumacher J., Love C.C., Brinsko S.P., Rigby S.L. *Manual of Equine Reproduction*. 2006; Second edition. Mosby: 9-16.

Boeta AM. Efecto de la época del año sobre la funcionalidad de las copas endometriales y la secreción de eCG en yeguas utilizadas para la producción de mulas. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Producción y Salud Animal. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.

Boeta AM, Porras A, Zarco LA, Aguirre-Hernandez R. Ovarian activity of the mare during winter and spring at a latitude of 19° 21' north. *J Equine Vet Sci* 2006; 26(2): 55-58.

Daels PF, McCue PM, DeMoraes MJ, Hughes JP. Persistence of the luteal phase following ovulation during altrenogest treatment in mares. *Theriogenology* 1996; 46: 799-811.

Diekman MA, Braun W, Peter D, Cook D. Seasonal serum concentrations of melatonin in cycling and noncycling mares. *J Anim Sci* 2002; 80:2949-2952.

Donadeu FX, Watson ED. Seasonal change in ovarian activity: Lessons learnt from the horse. *Anim Reprod Sci* 2007; 100: 225-242.

Fitzgerald BP, McManus CJ. Photoperiodic versus metabolic signals as determinants of seasonal anestrus in the mare. *Biol Reprod* 2000; 63: 335-340.

Freedman LJ, Garcia MC, Ginther OJ. Influence of photoperiod and ovaries on seasonal reproductive activity in mares. *Biol Reprod* 1979; 20: 567-574.

Ginther OJ. Occurrence of anestrus, estrus, diestrus and ovulation over a 12-month period in mares. *Amer J Vet Res* 1974; 35(9): 1173-1179.

Ginther OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. Seasonal influence on equine follicle dynamics. *Anim. Reprod.* 2004; 1(1):31-44.

González AF, Valencia JJ. Estudio del comportamiento reproductivo de la yegua en México. *Vet Mex* 1977; 8:19-21.

Hines KK, Affleck KJ, Barrows SP, Murdoch WL, Fitzgerald BP, Loy RG. Follicle-stimulating hormone pulse amplitude decreases with the onset of the breeding season in the mare. *Biol Reprod* 1991; 44: 516-521.

Kooistra LH, Ginther OJ. Effect of photoperiod on reproductive activity and hair in mares. *Am J Vet Res* 1975; 36(10): 1413-1419.

Lincoln GA. Photoperiod-pineal-hypothalamic relay in sheep". *Anim Reprod Sci* 1992; 28:203-217.

López PLM. Inducción de la actividad ovárica en yeguas criollas anéstricas con un programa de fotoperiodo artificial en la latitud 19° 9' N. Memorias del Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. 2008 octubre 12-16, Guadalajara, Jalisco. Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias. 2008: 1833-1848.

Malinowsky K, Johnson AL, Scanes GC. Effects of interrupted photoperiods on the induction of ovulation in anestrous mares; J. Anim. Sci. 1985; 61:951-955.

Martín-Rosset W. La Alimentación de los Caballos; España, Edit. Aedos; 1993.

McCue PM, Nickerson KC, Squires EL, Farquhar VJ, Nett TM. Effect of altrenogest on luteinizing hormone concentrations in mares during the transition period; AAEP Proceedings 2001; 47: 249-251.

Miller KF, Berg SL, Sharp DC, Ginther OJ. Concentrations of circulating gonadotropins during various reproductive states in mares. Biol Reprod 1981; 22: 744-750.

Nagy P, Guillaume D, Daels P. Seasonality in mares. Anim Reprod Science 2000; 60-61: 245-262.

Nunes MM, Gastal EL, Gastal MO, Rocha Filho AN, Mellagi AP, Ginther OJ. Follicle and gonadotropin relationships during the beginning of the anovulatory season in mares. Anim. Reprod. 2005; 2(1): 41-49.

Neely DP, Liu IKM, Hillman RB. Equine Reproduction. Uruguay Edit: Hemisferio Sur, 1993.

Nequin LG, King SS, Matt KS, Jurak RC. The influence of photoperiod on gonadotrophin-releasing hormone stimulated luteinising hormone release in the anoestrus mare. *Equine Vet J* 1989; 22(5): 356-358.

Oxender D, Noden PA, Hafs HD. Estrus, ovulation, and serum progesterone, estradiol, and LH concentrations in mares after an increased photoperiod during winter. *Am. J. Vet. Res.* 1977; 38:203-207.

Palmer E, Driancourt MA, Ortavant R. Photoperiodic stimulation of the mare during winter anoestrus. *J Reprod Fert Suppl* 1983; 32:275-282.

Saltiel A, Calderon A, García N, Hurley DP. Ovarian activity in the mare between latitude 15 degrees and 22 degrees N. *J Reprod Fert Suppl.* 1982; 32:261-267.

Sharp DC. Transition into the breeding season: clues to the mechanism of seasonality. *Eq Vet J* 1988; 20(3):159-161.

Sharp DC and Ginther OJ. Stimulation of follicular activity and estrous behavior in anestrous mares with light and temperature. *J Anim Sci.* 1975; 41(5):1368-1372.

Simonneaux V and Ribelaygas CH. Generation of the melatonin endocrine message in mammals: a review of the complex regulation of melatonin synthesis by norepinefrin, peptides, and other pineal transmitters. *Pharmacol Rev* 2003; 55: 325-395.

Smith JD. Drugs in equine reproduction: what you need to know and more?. The North American Veterinary Conference 2007; pp. 199-201; USA.

Squires EL, Stevens WB, McGlothlin DE, Pickett BW. Effect of an oral progestin on the estrous cycle and fertility of mares. Jour Anim Sci 1979; 49(3): 729-7351.

Squires EL, Heesemann CP, Webel SK, Shideler RK, Voss JL. Relationship of Altrenogest to ovarian activity, hormone concentrations and fertility of mares. Jour Anim Sci 1983; 56(4): 901-910.

Watson ED, Bae S, Steele M, Thomassen R, Pedersen HG, Bramley T, Hogg CO, Armstrong DG. Expression of messenger ribonucleic acid encoding for steroidogenic acute regulatory protein and enzymes, and luteinizing hormone receptor during the spring transitional season in equine follicles. Dom Anim Endocrinol 2004; 26: 215-230.

Webel SK and Squires EL. Control of the oestrus cycle in mares with altrenogest. Jour Reprod Fert Suppl 1982; 32: 193-198.

Wiepz GJ, Squires EL, Chapman PL. Effects of norgestomet, altrenogest, and/or estradiol on follicular and hormonal characteristics of late transitional mares. Theriogenology 1988; 30(1):181-193.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de la distribución de reflectores en los corrales	Pag. 23
Figura 7.1	Periodos de actividad e inactividad ovulatoria en yeguas expuestas a fotoperiodo de 16 horas a partir del primero de diciembre al primero de Febrero. Las barras amarillas indican el periodo anovulatorio y las barras azules representan el periodo durante el cual se mantuvo actividad ovulatoria cíclica. Los números debajo del nombre de los meses representan la semana del mes.	26
Figura 7.2	Periodos de actividad e inactividad ovulatoria en yeguas expuestas a fotoperiodo de 16 horas a partir del 15 de noviembre al 15 de febrero y tratadas con Altrenogest. Las barras amarillas indican el periodo anovulatorio y las barras azules representan el periodo durante el cual se mantuvo actividad ovulatoria cíclica. El área sombreada indica el periodo de administración de Altrenogest. Los números debajo del nombre de los meses representan la semana del mes.	27
Figura 7.3	Porcentaje acumulado de yeguas que alcanzaron el estado ovulatorio en diferentes semanas del año. La semana 1 corresponde a la primera semana de enero. Las dos últimas semanas de diciembre del año anterior se indican con dígitos negativos. El periodo de administración de Altrenogest en el grupo experimental se indica con una barra negra horizontal.	28

- Figura 7.4 Presentación de conducta estral (barras verdes) y ocurrencia de ovulaciones (flechas) en las yeguas del grupo testigo. 29
- Figura 7.5 Presentación de conducta estral (barras verdes) y ocurrencia de ovulaciones (flechas) en las yeguas del grupo experimental. El área sombreada representa el periodo de administración del Altrenogest. 30
- Figura 7.6 Concentraciones promedio de Progesterona de yeguas del grupo testigo y del grupo experimental. Las barras representan el error estándar y los asteriscos indican las muestras en las que las concentraciones de P4 fueron diferentes entre grupos ($P < 0.01$). 31
- Figura 7.7 Tamaño folicular promedio del grupo experimental desde el 15 de noviembre del 2007 (muestra 1) hasta el 10 de marzo del 2008 (muestra 17). Las barras representan el error estándar. Las diferencias entre semanas no son significativas ($P > 0.05$). 32