

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



USO DE PROGESTERONA PARA SINCRONIZAR E INDUCIR EL ESTRO Y
SUPLEMENTACIÓN POST INSEMINACIÓN EN CABRAS

TESIS

QUE PRESENTA:

MVZ. EDUARDO ELIZONDO TAMEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

GRAL. ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

JUNIO 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



USO DE PROGESTERONA PARA SINCRONIZAR E INDUCIR EL ESTRO Y
SUPLEMENTACIÓN POST INSEMINACIÓN EN CABRAS

Aprobación de Tesis de Maestría en Ciencia Animal
por el comité particular de:

MVZ. Eduardo Elizondo Tamez

Dr. Rogelio Alejandro Ledezma Torres

Director

Dr. Fernando Sanchez Dávila
Co-Director

Dr. Jorge Alejandro Lozano Rendón
Co-Director

Dr. José Luis Lazcano Villarreal

Dr. Gustavo Moreno Degollado

GRAL. ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

JUNIO 2021

DEDICATORIA

A Dios por permitirme lograr todas las metas que me he dispuesto tanto profesional como personalmente, solo restándome el pedirle iluminación y entendimiento para trazar nuevas metas en mi vida profesional, sin descuidar la espiritual.

Realizo una dedicatoria especial a mis padres que sin duda han sido más que un apoyo durante mi vida, presentando ante mí, herramientas invaluable a través del ejemplo que día a día observe con detenimiento, aunque me considero una persona de carácter taciturno y poco expresivo, esto nunca fue un impedimento para observar el gran amor y dedicación que mis padres pusieron a nuestro camino, permitiéndome hablar tanto de mis hermanos como de mí.

A la familia que he formado durante el proceso de elaboración de esta tesis, mi esposa y mis dos hijos, que han sido una inspiración a cosas buenas y ver que vale la pena aprender algo nuevo cada día y transmitirlo.

Dedicado a mis seres queridos que ya no están presentes físicamente:

Elisa Ortega Reyna, Alejandra Orozco Luna, Federico Elizondo de la Cruz, Mauro Tamez Tovar y a la Sra. María de Lourdes Reyes Mendez.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a mis padres Sergio Elizondo Ortega y María del Carmen Tamez Orozco y hermanos Melissa, Sergio, María del Carmen y Montserrat por brindarme un hogar, una familia alegre y con valores, lo cual ha influido en gran parte de mi carrera profesional.

A la familia que decidimos formar mi esposa Priscila Gómez Estrada y yo, junto a mis hijos Reyna y Gabriel Elizondo Gómez.

Al Dr. Rogelio Alejandro Ledezma Torres por guiarme en este proceso del cual desconocía en gran parte y asesorarme en cuestiones puntuales, de tal manera que tomara una mayor responsabilidad sobre la investigación, gracias por la oportunidad y la paciencia brindada.

Al Dr. Fernando Sánchez Dávila por el asesoramiento y enseñanza que tuvo la amabilidad de compartir de una manera humilde a pesar de sus múltiples ocupaciones, creo es una cualidad de admirarse, al no quedarse con los conocimientos, sino transmitirlos de una manera amable y sencilla.

Al Dr. Gustavo Moreno Degollado un profesional el cual me trato como a un amigo y me motivo a estudiar un posgrado en los años de carrera universitaria.

A la MC Gabriela Montes Quiroz amiga y compañera de clases la cual no escatimo en tiempo para guiarme en momentos de poca lucidez, a través del retorno a la investigación y consejos que sin duda alguna fueron muy importantes para su conclusión.

A todo el personal de la Unidad académica de Marín de la Facultad de

Agronomía y Rancho Mary al brindarme el apoyo y comodidad dentro de sus instalaciones de llevar a fin el presente trabajo, así como a todos aquellos estudiantes ávidos de aprender de la FMVZ de la UANL que asistieron al campo con la esperanza de ayudar y aprender en todas las etapas de este proceso de investigación.

ABREVIATURAS

ANAVA	Análisis
CC	Condición Corporal
CIDR	Controlled Internal Drug Release o Dispositivo Interno de Liberación de Droga Controlada
CL	Cuerpo Lúteo
eCG	Gonadotropina coriónica equina
FGA	Acetato de Fluorogestona
FSH	Hormona Folículo Estimulante
g	Gramos
GnRH	Hormona Liberadora de las Gonadotropinas
IA	Inseminación Artificial
IATF	Inseminación Artificial a Tiempo Fijo
IEIA	Intervalo Estro-Inseminación Artificial
IFNτ	Interferón Tau
IRE	Intervalo Retiro-Estro
IRIA	Intervalo Retiro-Inseminación Artificial
Kg	Kilogramos
Km	Kilometro
LH	Hormona Luteinizante
MHz	Megahertz
ml	Mililitros
n	Número
P₄	Progesterona
PGF₂α	Prostaglandina F₂ alfa
Tx	Tratamiento
UI	Unidades internacionales

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. ÍNDICE DE TABLAS	ix
2. ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
3. RESUMEN.....	xii
4. ABSTRACT	xiii
5. INTRODUCCIÓN.....	1
5.1. Objetivos.....	3
5.2. Hipótesis.....	3
6. REVISION DE LITERATURA.....	4
6.1. Importancia de la caprinocultura.....	4
6.1.1. Situación de la caprinocultura a nivel mundial.....	4
6.1.2. Situación de la caprinocultura a nivel nacional.....	5
6.2. Ciclo estral de la cabra	6
6.2.1. Fases del ciclo estral.....	6
6.2.1.1. Proestro	7
6.2.1.2. Estro.....	8
6.2.1.3. Metaestro	8
6.2.1.4. Diestro.....	9
6.3. Estacionalidad Reproductiva.....	9
6.4. Protocolos de sincronización del estro en cabras.....	10
6.5. Inducción al estro.....	12
6.6. Fertilización	12
6.7. Reconocimiento materno de la gestación	14
6.8. Suplementación de progesterona.....	14
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
7.1. Lugar de Estudio	16
7.2. Animales experimentales, mantenimiento y alimentación	16
7.3. Sincronización de estros.....	17
7.4. Detección de estros	17
7.5. Lavado y desinfección de los dispositivos CIDR	18
7.6. Inseminación artificial a tiempo fijo.....	18
7.7. Aplicación del dispositivo CIDR post inseminación artificial	19
7.8. Diagnóstico de gestación.....	19
7.9. Diseño y Análisis Estadístico	20

8. RESULTADOS	21
8.1. Sincronización de Estros	211
8.2. Porcentajes de Gestación	25
9. DISCUSIÓN	28
10. CONCLUSIÓN	33
11. LITERATURA CITADA	34

1. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Higueras, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).....	23
2. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Higueras, en cada raza (P>0.05).....	23
3. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 1, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).....	24
4. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 1, en cada raza (P>0.05).....	24
5. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 2, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).....	25
6. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de	

cabras en Marín 2, en cada raza ($P>0.05$).....	25
7. Efecto de la Re-inserción del CIDR, 4 días post-inseminación, manteniéndolo durante 0 días (T1) y 14 días (T2) post IA, sobre los porcentajes de gestación en Higueras y Marín 1 y 2 ($P>0.05$).....	28

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Porcentaje de estros en cabras sincronizadas con 5 días de CIDR en tres lugares del estado de Nuevo León, Higueras (% n=32), Marín 1 (% n=41) y Marín 2 (%n= 32).....	22
2. Porcentajes de gestación en cabras inseminadas 54 h posteriores al retiro del CIDR, a las cuales se les re-inserto el CIDR 4 días post IA, y se mantuvo durante 0 y 14 días respectivamente, en Higueras y Marin1 y 2, N.L.....	27

3. RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron determinar la presentación de estro dentro y fuera de temporada reproductiva utilizando un protocolo corto (5 d) y determinar la tasa de preñez reinsertando un CIDR usado 4 Días post inseminación artificial a tiempo fijo (AIFT), mantenido 14 días intravaginalmente. Se utilizaron 105 cabras distribuidas de acuerdo al peso, raza y condición corporal, y fueron sometidas a sincronización de estro de acuerdo al tratamiento dentro (colocación intravaginal de un CIDR y la administración al mismo tiempo de 5mg de PGF2 α en el día 0 y en el día 5 se retiró el CIDR se administró 200 UI de eCG) o fuera de estación reproductiva (fue similar al anterior, las diferencias fueron que no se usó PGF2 α y 2 días antes del retiro del CIDR se administró 300 UI). Los animales fueron distribuidos en dos tratamientos al azar, T1: No reinsertación de CIDR y T2: Reinsertación de CIDR usado, 4 días post inseminación por 14 días. No hubo diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos en la presentación de estros, (90.6%, 95/105), ni para los intervalos retiro-estro (IRE) dentro de estación reproductiva ($31.5 \pm 2.9h$), como fuera de esta ($19.13 \pm 0.8h$), retiro-inseminación artificial (IRIA) dentro de estación reproductiva (52.33 ± 0.15) y fuera de estación (52.24 ± 0.24), y estro-inseminación artificial (IEIA) en estación (20.70 ± 4.17) y fuera de estación reproductiva (33.01 ± 0.93), así mismo para la tasa de porcentaje de gestación (53.4%, 55/105) donde no se observó diferencia ($P > 0.05$). En conclusión, no hubo diferencias significativas para cada una de las variables estudiadas, por lo que se requieren más estudios como la colocación del CIDR usado o nuevo a tiempos más tempranos.

4. ABSTRACT

The objectives of this study were to measure the estrus rate in-season or out-of-season using a short protocol (5 d) to determinate the pregnancy rate after reinserting a used CIDR 4 days post artificial insemination at a fixed time (AIFT) while maintaining 14 intravaginal days. For this study, were used 105 goats distributed by weight, breed and corporal condition, these animals were synchronized according to the in-season treatment (intravaginal placement of a CIDR and at the same time the administration of 5mg PGF₂alfa on day 0 and on day 5 the CIDR was withdrawn and 200 IU of eCG was administrated) or the out-of-season treatment (similar to the previous one, the differences were that PGF₂ was not used and two days before the withdrawal of CIDR 300 IU eCG was administrated). The animals were randomly distributed in two groups: T1, No CIDR reinsertion and T2, reinsertion of CIDR used 4 days post insemination for 14 days. There were no differences between treatments ($P>0.05$) the manifestation of estrus (90.6%, 95/105), non for the retreat-estrus intervals (REI) in-season (31.5 ± 2.9 h), as out-of-season (19.13 ± 0.8 h), removal-artificial insemination (IRAI) in-season (52.33 ± 0.15) and out-of-season (52.24 ± 0.24) and estrus-artificial insemination (EAI), in-season (20.70 ± 4.17) and out-of-season (33.01 ± 0.93). Likewise, for the gestation percentage rate (53.4%, 55/105), where no difference was observed ($P>0.05$).

In conclusion, no significant differences were founded for each of the variables studied. Nevertheless, more studies are required, such as the placement of used or new CIDR in an earlier stage.

5. INTRODUCCIÓN

El ganado caprino se encuentra en su mayor número en países de medianos y bajos ingresos, y constituye una fuente de alimento importante gracias a las altas tasas de desarrollo, conversión alimenticia, producción de leche, carne, piel, entre otras. Un problema para la industria caprina es sin duda la ineficiencia reproductiva. A través de la disminución de días abiertos y periodo entre partos se mejora la productividad de cualquier explotación y se ayuda a la rentabilidad de la misma. Algunos de los métodos más utilizados para disminuir estos parámetros son el uso de la sincronización de estros y la inseminación artificial (IA), ya que con esto se aumenta la posibilidad de concentrar partos en épocas preestablecidas de aprovechamiento por la demanda caprina. Uno de los protocolos de sincronización de estros más utilizados es el basado en el uso de dispositivos intravaginales de liberación de progestágenos por periodos prolongados (>12 días) (Vilariño *et al.*, 2011). Sin embargo, se ha observado en estos protocolos de más de 12 días (Rubianes *et al.*, 1998) que los niveles plasmáticos de P4 disminuían (alrededor de 1 ng/ml) hacía el final del tratamiento, fluctuando en niveles bajos, mermando la liberación de gonadotropinas y así mismo el desarrollo folicular, ovulación y por ende la fertilidad (Menchaca y Rubianes, 2002).

Por lo tanto, la utilización de protocolos cortos en base a dispositivos intravaginales de P4 (CIDR: Dispositivo Interno de liberación de Droga Controlada), mantendrá niveles de progesterona plasmática elevados durante la fase lútea temprana, ocasionando la reducción del tiempo entre ondas foliculares y rápido desarrollo folicular (Rubianes *et al.*, 1998), que se traducirá

en una mayor tasa de presentación de celo (hasta 100%) los cuales se presentaran más rápidamente post retiro de dispositivos, alrededor 2º al 4º día en bovinos (Alnimer y Lubbadah, 2008). El uso de estos protocolos cortos de sincronización de estros, aunado a esquemas de inseminación artificial a tiempo fijo, han demostrado ser una herramienta muy útil, al tener un impacto en materia de costo-beneficio, al no ser necesario la detección de estros se disminuirá el tiempo de labor durante la reproducción de los caprinos (Menchaca y Rubianes, 2004). Así mismo, la utilización de hormonas asociadas a protocolos de sincronización de estros en base a P4 aumenta la tasa de demostración de estros en periodos más cortos, así como de gestación (Menchaca *et al.*, 2007).

Así mismo la utilización de PGF2 α en la inserción o retiro del dispositivo CIDR o esponja, para causar la regresión del cuerpo lúteo maduro, es una práctica ampliamente usada, así como la utilización de dosis desde 200 a 600 UI de la gonadotropina coriónica equina (eCG), la cual, permite que la presentación del estro se produzca más tempranamente post-dispositivo dentro y fuera de la época reproductiva (Regueiro *et al.*, 1999).

Sin embargo, uno de los problemas que se observan frecuentemente en animales que fueron sincronizados e inseminados son la alta frecuencia en pérdidas embrionarias, así como mencionan investigaciones en ganado lechero, donde demostraron que vacas previamente inseminadas sufrían pérdida embrionaria tardía, en mayor medida sobre los días 28 a 45 post Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF; 17.5 ± 2.9) y se observó que reinsertando un CIDR durante los días 14 a 21, este porcentaje disminuía (11.9 ± 3.9). Con lo que se cree que el uso del dispositivo CIDR post IATF ayudaría a la implantación y desarrollo embrionario, así como a la reducción de muertes embrionarias y

fetales y consecuentemente el aumento en la tasa de preñez en vacas lecheras (Alnimer y Lubbadah, 2008).

Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fue evaluar el efecto de un protocolo de sincronización de estros corto utilizando CIDR dentro y fuera de la época reproductiva, y posterior evaluación del efecto de la reinsertión intravaginal del CIDR usado 4 días después de la IATF sobre las tasas de gestación en cabras.

5.1. Objetivos

5.1.1. Determinar la tasa de presentación de estros utilizando un CIDR intravaginal por 5 días en temporada reproductiva más 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ 200 UI de eCG y fuera de temporada reproductiva (300 UI de eCG, sin $\text{PGF}_{2\alpha}$).

5.1.2. Determinar la tasa de preñez reinsertando CIDR 4 días post inseminación artificial a tiempo fijo, mantenido por 14 días en cabras dentro y fuera de temporada reproductiva.

5.2. Hipótesis

La utilización de protocolos cortos (5 días) de sincronización de estros tiene efectos y resultados similares a los protocolos tradicionales (12 días o más) y que la reutilización del CIDR post IA aumentara el porcentaje de preñez debido al aumento de la concentración sanguínea de progesterona para tratar de favorecer la implantación y el mantenimiento de la función del cuerpo lúteo.

6. REVISION DE LITERATURA

6.1. Importancia de la caprinocultura

La cabra probablemente fue uno de los primeros rumiantes en ser domesticado (Gordon, 1997), hace más de 10,000 años en Mesopotamia. Así mismo este pequeño rumiante ha sido una especie muy útil para el hombre, sobre todo por su buena producción de leche. Se considera que es el segundo animal más ampliamente distribuido en el mundo. En siglos pasados la cabra ha representado un animal muy importante, mencionándolo inclusive en la biblia como un símbolo de riqueza y sacrificio, su importancia como una especie con un gran potencial productivo y reproductivo ha sido menos atractiva en relación a otras especies como el bovino. Se enumeran una serie de ventajas de explotar cabras, dentro de las cuales están las altas tasa de eficiencia en cuanto a: desarrollo, conversión alimenticia, utilización de forrajes toscos, producción de leche, carne, piel y pelo, abono, excelente controlador de malezas, y así mismo alta demanda de platillos de origen caprino (Aréchiga *et al.*, 2008).

6.1.1. Situación de la caprinocultura a nivel mundial

En el mundo existen alrededor de 1,034,406,504 cabezas de ganado caprino, siendo el continente asiático el que ocupa del primer lugar con el 53.3 % del total según datos de la FAO hasta el 2017. Curiosamente en los países con bajos ingresos es donde se observa más número de cabezas, pudiendo indicar esto, un aprovechamiento en la rusticidad y fácil adaptación a terrenos toscos.

6.1.2. Situación de la caprinocultura a nivel nacional

El inicio de la caprinocultura en México se remonta a la época colonial en la cual se introdujeron las principales especies domésticas, entre ellas la cabra. A partir de los años 30 se realizó una intensificación en los programas de difusión de pie de cría, con el objetivo de importar animales de raza pura con registro certificado (Saanen, Alpina francesa, Toggenburg, Anglo-nubia y Murciano-Grandina) (Soto *et al.*, 1983). Actualmente representa una fuente de ingreso familiar, además de haber demostrado con la producción y transformación de leche, capacidad empresarial de la especie en diferentes regiones del país (Mayen y Mena, 1989). La producción de carne de ganado caprino a nivel nacional hasta el mes de Julio 2019 es de 22,470 toneladas, presentando el estado de Nuevo León una producción de 825 toneladas hasta Julio del 2019 y una producción de leche caprina nacional de 93,617 toneladas, según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Considerando estos aspectos, México cuenta con un campo de trabajo muy amplio para profesionales, con el fin de proponer estrategias alternativas de manejo que permitan explotar al máximo las capacidades productivas y reproductivas de la cabra, de tal modo que permita aprovechar los recursos naturales del entorno para mejorar la producción caprina y posterior comercialización, utilizando tanto estrategias tecnológicas (sincronización del estro, IA, transferencia de embriones, etc.) como naturales (efecto macho) para elevar la genética y producción (Aréchiga *et al.*, 2008).

6.2. Ciclo estral de la cabra

El ciclo estral se refiere a todos esos cambios morfológicos, endocrinológicos y fisiológicos tanto en los ovarios como en el tracto genital que conducirán a la expresión del estro, ovulación y la preparación del tracto genital para la cópula, la fertilización y la implantación del embrión (Fatet *et al.*, 2011), reportando una duración de 20.7 ± 0.7 días en caprinos, con alta incidencia de ciclos cortos (<13 días) y largos (> 25 días). El ciclo estral se divide en dos grandes fases, dependiendo de qué estructura se encuentre presente en cada etapa: la fase folicular y la fase lútea. La fase folicular inicia con la regresión del cuerpo lúteo y concluye una vez que ocurre la ovulación. Esta etapa comprende el desarrollo folicular y por eso mismo el esteroide predominante de esta fase es el estradiol que se produce en las células de la granulosa del folículo dominante. La fase lútea hace alusión a la formación del cuerpo lúteo y cuando este alcanza su mayor funcionalidad, durante esta etapa la hormona primordial es la progesterona que en dado caso que ocurra la ovulación favorecerá la implantación, favoreciendo la aparición del histotrofo o leche uterina, cuya leche está conformada de glicoproteínas que ayudaran a la nutrición del embrión. Así mismo la progesterona creara una retroalimentación negativa con el hipotálamo evitando la síntesis de GnRH y con la hipófisis bloqueando la síntesis de receptores para GnRH (Gordon, 1997).

6.2.1. Fases del ciclo estral

Así mismo la fase folicular y la fase lútea pueden dividirse de acuerdo a los patrones endocrinos y de conducta que presentan los animales en: fase

folicular que incluye proestro y estro y fase lútea la cual incluye el metaestro y diestro.

6.2.1.1. Proestro

Esta etapa del ciclo estral da inicio una vez que ocurre la regresión del cuerpo lúteo, y las concentraciones de progesterona comienzan a bajar, y termina con el comienzo del estro o celo, su duración es de aproximadamente 2 o 3 días. La lisis del cuerpo lúteo ocurre gracias a la prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$), sintetizada a partir de ácido araquidónico en los receptores de oxitocina del tejido endometrial influenciada por la oxitocina ovárica y transportada al ovario vía sanguínea (Rippe, 2009). El efecto de retroalimentación negativa de la progesterona sobre el hipotálamo desaparece y se empiezan a liberar las gonadotropinas (FSH y LH), en forma pulsátil, que estimulara el desarrollo folicular. Durante el proestro ya existen folículos dominantes que en esta etapa será influenciado por la hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH) para la producción de estrógenos principalmente 17β estradiol en las células de la teca y granulosa conjuntamente, así como la estimulación del crecimiento de los folículos de diámetro superior a 1,0 mm, donde solo 2 a 3 folículos alcanzarán un diámetro de 4 mm, el tiempo de duración de reclutamiento determinara el número de folículos reclutados (Leyvaocariz *et al.*, 1995), y entraran a la fase de dominancia. El nivel plasmático del 17β estradiol producido por las células foliculares se eleva de 10 a 30 pg/ml durante los días del proestro. Durante esta etapa, bajo la influencia de LH, alcanzan la fase pre ovulatoria de 6-9 mm de diámetro, y

los folículos subordinados se degeneran (Baril *et al.*, 1993). Cuando predomina la acción estrogénica las áreas carunculares se presentan como zonas a-glandulares de estroma denso rico en fibroblastos con vasos prominentes en hembras pluríparas y vasos menos prominentes en hembras pre-púberes (Vasconcellos *et al.*, 2008).

6.2.1.2. Estro

Alrededor del día 16-17 del ciclo estral o el día 0 del estro, inmediatamente después de la disminución de la progesterona, este cambio provoca un fuerte incremento en la liberación de LH en forma pulsátil y su amplitud (Mori y Kano, 1984), la concentración sérica de LH durante el período de estro oscila entre 3,8 y 53,2 ng/ml según datos reportados por Greyling (2000). El incremento de los niveles de estrógenos llega a los centros nerviosos del hipotálamo que controlara las manifestaciones externas de celo (Chemineau y Delgadillo, 1993). Es durante esta etapa que se encuentran mayores niveles de estrógenos, lo que propicia la queratinización celular en el endometrio (Ferrando *et al.*, 1987), 20 a 26 horas después del pico máximo de LH se produce la ovulación, al término de la fase (Fatet *et al.*, 2011).

6.2.1.3. Metaestro

Se dice que inicia una vez que se origina la ovulación y comienza el proceso de luteinización de las células foliculares. Las hormonas trópicas, como la hormona luteinizante de la adenohipófisis, activan la expresión y la función

de genes de enzimas que regulan la esteroidogénesis, que controlan la generación de P4 a partir del colesterol (Bates y Bowling, 2013), haciendo que las concentraciones de progesterona aumenten y se mantengan en un nivel alto ($>1\text{ng/ml}$) durante 16 días. Durante la fase lútea el crecimiento folicular dependiente de gonadotropina continua, solo que la progesterona secretada por el cuerpo lúteo, inhibe la ovulación (Fatet *et al.*, 2011).

6.2.1.4. Diestro

La etapa del diestro comienza alrededor del día 5, las concentraciones periféricas de progesterona son altas hasta el inicio de la luteólisis alrededor del día 16-18 (Jiang *et al.*, 2016), este es el hecho de que la prostaglandina F₂ α secretada por el útero ingrávido causa la lisis del cuerpo lúteo formado durante el metaestro, y esto dará inicio nuevamente al ciclo estral (Fatet *et al.*, 2011).

6.3. Estacionalidad Reproductiva

La estacionalidad reproductiva sigue siendo manifiesta en la mayoría de las razas ovinas, caprinas y equinas originarias de latitudes $>35^\circ$ (Malpaux *et al.* 1996; Chemineau, 1993), el fotoperiodo es el principal factor ambiental responsable de las variaciones en la reproducción, aunque no el único. El principal mecanismo por el cual se regula la temporada de cría, es la retroalimentación negativa del estradiol sobre la secreción de gonadotropina la cual varía drásticamente de una temporada a otra (Karsch *et al.*, 2013). La glándula pineal a través de su actividad endocrina, se encarga de regular el cambio en la función reproductiva, influenciada por el ciclo de luz y oscuridad. La información es percibida por los ojos y transmitida por vía multi-sináptica

hacia la glándula pineal, donde la luz y oscuridad se traducen en un ciclo secretorio de melatonina, la cual alcanza altos niveles de secreción durante la noche y bajos niveles durante el día (Arent, 1998). Considerando en este caso que las cabras son animales poliéstricos estacionales influenciados por factores ambientales y fisiológicos, en los cuales la estación reproductiva está marcada por un fotoperiodo decreciente o cuando las horas luz empiezan a ser menos durante el día como es en otoño e invierno (Fatet *et al.*, 2011). Es posible que la domesticación haya mejorado la eficiencia reproductiva de los animales, en algunos casos reduciendo la edad a la pubertad, en otros incrementando el tamaño de la camada, y en otros reduciendo la estacionalidad reproductiva (García *et al.*, 2017). Por todo esto, actualmente, se busca implementar estrategias hormonales y no hormonales para mantener una producción sostenida de carne y leche durante todo el año.

6.4. Protocolos de sincronización del estro en cabras

La sincronización de estros es la manipulación (programación) del ciclo estral para que la mayoría de los estros o celos se presenten en un tiempo corto (generalmente de 24 a 48 horas). La reproducción de los pequeños rumiantes puede ser controlada por varios métodos, algunos de éstos implican la administración de hormonas exógenas que modifican los eventos fisiológicos implicados en el ciclo sexual y otros por "métodos naturales", como el control de la luz o por la presencia de un macho. Se ha estudiado que es particularmente difícil superar la estacionalidad intrínseca del estro en la producción lechera, sin embargo, se han logrado avances importantes, aumentando la comprensión de los procesos subyacentes de la fisiología reproductiva, y a la estacionalidad de la misma, logrando con ello un

desarrollo gradual en la reproducción (Luo *et al.*, 2019). Los protocolos tradicionales se diseñaron con el objetivo de controlar la función lútea mediante la administración exógena de progesterona (P4) / progestágenos durante 10 a 14 días (protocolos a largo plazo). Martemucci y D'Alessandro, en 2010, observaron que el tratamiento para la sincronización del estro por 11 días con FGA-PGF₂α-eCG (Acetato de Fluorogestona-Prostaglandina F₂alfa-Gonadotropina coriónica equina) resultó un método eficiente con respecto a la sincronía del estro y ovulación, pero se acompañó de una alta incidencia de respuesta ovárica anormal (cuerpos lúteos).

Nuevos protocolos de 5-6 días se han implementado recientemente, ya que, evitan las concentraciones bajas de progesterona durante lapsos prolongados. Los protocolos de corta duración consisten en la exposición a progesterona exógena, mediante un dispositivo intravaginal de liberación controlada (CIDR) durante 5-7 días, asociado a una dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG) y prostaglandina F₂α (PGF₂α), al momento del retiro del dispositivo (Menchaca *et al.*, 2007). Así mismo, una sola administración de PGF₂ puede inducir luteólisis (Nutti *et al.*, 1992), y dos inyecciones de PGF₂ a intervalos de 10-12 días se han utilizado para sincronizar el estro (Romano, 1998; Khanum *et al.*, 2006). La desventaja evidente, este tratamiento solo se puede utilizar en cabras ciclando, y se ha observado una reducción de la fertilidad en tratamiento con PGF₂α en comparación con el tratamiento con las esponjas de progestágenos (Kusina *et al.*, 2000).

6.5. Inducción al estro

Desde varias décadas atrás uno de los principales motivos de la investigación en la reproducción caprina ha estado enfocada en encontrar una manera de inducir el estro fuera de temporada reproductiva, con altos índices de efectividad. La eCG (gonadotropina coriónica equina) es la hormona más utilizada para la inducción del estro en caprinos, con dosis que varían entre las 200 y 600 UI hacia el final de un tratamiento de progesterona intravaginal y con o sin la administración de prostaglandina (PGF₂α) (Coortel *et al.*, 1988), mostrando un 100% en presentación de estros (Rubianes., et al 1998) investigaciones sugieren que la utilización de eCG hacia el final del tratamiento, acorta el tiempo de crecimiento folicular, pudiéndose deber al efecto similar a LH (Menchaca *et al.*, 2007) lo que tiene como consecuencia intervalos retiro- estro más cortos, alrededor de 30h (Vilariño *et al.*, 2011), asociado a mayores tasas de fertilidad en IATF realizada 54 horas después del protocolo corto (5 días) (Rubianes *et al.*, 2001; Menchaca *et al.*, 2007).

6.6. Fertilización

Se puede definir como el proceso de unión de dos células germinales, espermatozoide y óvulo, mediante la cual se restablece el número de cromosomas somáticos y se inicia el desarrollo de un nuevo y único individuo, exhibiendo características propias de la misma especie (Wassarman, 1999). Pero antes de todo, los espermatozoides necesitan obtener esta habilidad de fertilización, en otras palabras, deben activarse o prepararse en primer lugar antes de que puedan interactuar con el o los óvulos para asegurar el éxito de la fertilización (Rahman *et al.*, 2008).

En mamíferos, el proceso de activación se refiere a varios cambios fisiológicos y estructurales tras la exposición al ambiente del tracto reproductor de la hembra. Durante la capacitación, las glicoproteínas en la superficie del espermatozoide son removidas, exponiendo así, sitios receptores que pueden responder a las señales de los óvulos y provocar una reacción acrosómica (Rahman *et al.*, 2008). Durante la capacitación, la motilidad de los espermatozoides aparentemente está regulada por cambios en la concentración intracelular de iones de calcio a través de un canal de calcio que solo se expresa en la cola del espermatozoide maduro (Ren *et al.*, 2001).

El acrosoma es un organelo con forma de capucha, ubicado en la región apical del espermatozoide, sobre el segmento anterior del núcleo, cuyo contenido incluye una mezcla única de enzimas, tales como acrosina y otras enzimas presentes en el lisosoma, peroxisoma e incluso en el citoplasma. La fusión de la membrana plasmática del espermatozoide con la membrana acrosómica externa, se le conoce como reacción acrosómica (del Río *et al.*, 2007), la cual lleva a la exposición acrosómica interna al exterior, al fusionarse la membrana acrosómica externa con la membrana plasmática suprayacente permitiendo que se libere el contenido acrosómico (Wassarman *et al.*, 2001). Las enzimas acrosómicas reaccionan con la matriz extracelular de los óvulos y digieren la ZP en el punto de contacto con los espermatozoides. Después de infiltrarse en la capa (oolema) de la zona pelúcida del óvulo, la membrana espermática se fusiona con la del óvulo. Después de la fusión, la membrana plasmática de los espermatozoides

permanece en el citoplasma, lo que indica el punto de fusión (Rahman *et al.*, 2008).

6.7. Reconocimiento materno de la gestación

Durante el establecimiento de la gestación, las células endometriales producen prostaglandinas (PG), incluidas la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) y la prostaglandina E_2 (PGE_2) (Yang *et al.*, 2018). Durante el embarazo, $PGF_{2\alpha}$ es responsable de la luteólisis, mientras que PGE_2 favorece el establecimiento del embarazo por su acción luteoprotectora (Spencer *et al.*, 1995). El reconocimiento materno de la gestación en rumiantes (ovejas, vacas, cabras) requiere que el embrión se alargue de una forma esférica a una tubular y luego filamentosa para producir IFN_T , el cual actúa de forma paracrina en el endometrio para inhibir el desarrollo del mecanismo luteolítico endometrial requerido para la liberación pulsátil de $PGF_{2\alpha}$, asegurando así la producción continua de P_4 por el CL ovárico (Spencer *et al.*, 1996; Roberts *et al.*, 1999; Spencer y Bazer, 2002; Spencer *et al.*, 2007; Dorniak *et al.*, 2013), y por lo tanto, un ambiente uterino que respalde los eventos críticos para el desarrollo exitoso del embrión a término (Spencer y Bazer, 2004).

6.8. Suplementación de progesterona

La hormona esteroidea progesterona juega un papel central en los eventos reproductivos asociados con el establecimiento y mantenimiento de la gestación (Conneely *et al.*, 2002). Las principales acciones fisiológicas de la progesterona en el útero y el ovario son: inducción de la ovulación, facilitación de la implantación y mantenimiento del embarazo temprano (Al-Asmakh, 2007). La progesterona previene la contractilidad miométrica durante la

preñez, disminuyendo la absorción de calcio extracelular que se necesita para la contracción del miometrio, regulando negativamente la expresión de genes que codifican subunidades de canales de calcio dependientes de voltaje. La progesterona también previene las contracciones uterinas al bloquear la capacidad del estradiol para inducir receptores α -adrenérgicos, cuya activación provoca contracciones (Graham y Clarke, 1997; Niswender *et al.*, 2000).

Por lo tanto, el aumento de la P₄ endógena después de la ovulación mejora el desarrollo y la producción de interferón tau del embrión, lo cual se asocia tanto al momento del aumento, como con la concentración a la que finalmente llega la progesterona (Mann y Lamming, 2001). En un estudio realizado en vacas lecheras observaron que la suplementación de progesterona al inicio de la fase lútea, durante el período de aumento post ovulatorio de la progesterona (día 5-9), puede mejorar el desarrollo embrionario y la secreción de interferones anti luteolíticos, y no se encontró así en la suplementación después del día 12 (12-16) (Mann *et al.*, 2006).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Lugar de Estudio

El experimento 1 (Higueras) se llevó a cabo durante la estación reproductiva, octubre a noviembre, en el Rancho Mary, ubicado en carretera Marín- Higueras Km 5, Higueras, Nuevo León, y los experimentos 2 y 3 (Marín 1 y Marín 2) se llevaron a cabo en mayo- junio y en noviembre, respectivamente en la Facultad de Agronomía, Campus Marín N.L.

7.2. Animales experimentales, mantenimiento y alimentación

Para el experimento 1, se utilizaron 32 cabras, Alpina (n=8), Boer (n=7), Nubia (n=14) y Saanen (n=3) de un peso promedio de 38.5 ± 6.49 y una condición corporal (CC) de 2 ± 0.36 . Las cabras pastorearon en un agostadero con plantas y arbustivas nativas de la región (vegetación xerófila), además de ser suplementadas con una dieta a base de maíz, sorgo y avena mezclado en el mismo rancho. Se les ofreció sales minerales y agua *ad libitum* y 20 días antes del inicio del experimento todos los animales fueron desparasitados y vitaminados. Al inicio del protocolo se realizó pesaje de la leche, así como de los mismos animales y se tomó su condición corporal (escala 1 a 5), además se realizó ultrasonografía transrectal (Falco-ESAOTE, Modelo 410477 Pie Medical, con un transductor rectal, de 7.5 MHz) para retirar las cabras gestantes.

Para el caso de Marín 1 se utilizaron 41 cabras, Alpina (n=5), Boer (n=5), Nubia (n=24) y Saanen (n=7) con un peso promedio de 41.97 ± 6.33 kg y una condición corporal de 2.68 ± 0.33 . Las cabras se mantuvieron estabuladas durante todo el experimento, alimentadas con paca de sorgo y alimento producido en la misma

majada en base a sorgo, con acceso a sales minerales y agua *ad libitum*. Antes de iniciar el protocolo de sincronización (20 días), las cabras fueron desparasitadas y vitaminadas. Al inicio se realizó el pesaje y evaluación de CC de todos los animales, además se realizó ultrasonografía transrectal con el objetivo de retirar cabras gestantes, igual que en el experimento 1.

Y para el experimento 3 (Marín 2) se utilizaron 32 cabras, Alpina (n=17), Nubia (n=6) y Saanen (n=9), con un peso promedio de 46.37 ± 9.3 kg y una condición corporal de 2.84 ± 0.3 y se desarrolló el manejo igual que en el experimento 2.

7.3. Sincronización de estros

En los 3 experimentos desarrollados, todas las cabras fueron sometidas al mismo protocolo de sincronización de estros, utilizando CIDR (Dispositivo de liberación de droga controlada, CIDR®, Pfizer®) impregnado con 0.3 g de progesterona por 5 días. Al momento de retirar el CIDR, se aplicó 5 mg (1ml) de dinoprost trometamina (Lutalyze, Pfizer®) y 200 UI (1ml) o 300 UI (1.5ml) de gonadotropina coriónica equina (eCG) (Folligon®, Intervet®) dentro y fuera de la temporada reproductiva, respectivamente.

7.4. Detección de estros

La detección de estros se realizó desde el momento en que se retiró el dispositivo CIDR y hasta las 52 horas después, donde se observó a intervalos de 1 hora por 15 minutos, dejando dentro del corral un macho con mandil. Se registró el día y hora en el que cada cabra presento estro, así como la duración del mismo; las cabras que fueron presentando estro, se apartaban a otro corral para no intervenir con el trabajo del macho. Se utilizaron dos machos simultáneamente

para observar un efecto de competencia entre ellos por las hembras y se rotaron cada 2 horas para darles descanso, se utilizaron 4 machos en total.

7.5. Lavado y desinfección de los dispositivos CIDR

Una vez retirados los dispositivos, se lavaron individualmente con agua y jabón eliminando cualquier residuo de moco vaginal; una vez limpios, se desinfectaron con cloruro de benzalconio para y colocarlos sobre papel secante en un cuarto oscuro y almacenándolos en bolsas de papel hasta su posterior utilización.

7.6. Inseminación artificial a tiempo fijo

Todas las cabras de los dos experimentos, dentro de temporada y fuera de temporada se inseminaron alrededor de las 54 horas después del retiro del dispositivo CIDR por vía transcervical independientemente de la presentación del estro; aunque las cabras fueron inseminadas dependiendo de cómo fueron entrando en celo, iniciando con las primeras en entrar. Para las cabras de los experimento 1 y 3 (dentro de temporada reproductiva) se utilizó semen refrigerado, obtenido de sementales del mismo rancho, correspondientes a las razas, por medio de electroeyaculador, se procedió a evaluar según color, concentración, motilidad masal y rectilínea, una vez evaluado, el semen se diluyo mediante el diluyente comercial Tryladyl ®, bajando su temperatura hasta los 4°C y fue empajillado en pajillas de 0.25ml con una concentración de 100 millones de espermatozoides al momento de la inseminación transcervical.

En el experimento 2 en el municipio de Marín 1, N.L. se utilizó semen congelado a -195°C en pajillas de 0.25ml con una concentración de 100 millones de espermatozoides de machos del mismo rancho. Para la congelación se extrajo

el semen mediante electroeyaculación y se evaluó según concentración, color y motilidad masal y rectilínea, se diluyo y enfrió hasta los 4°C para el empajillado, una vez empajillado se procedió a congelar por medio de nitrógeno líquido y se almacenaron en tanques de nitrógeno hasta su utilización. En el momento de la inseminación cada pajilla dependiendo de la raza se descongelo en un baño maría portátil a 37°C por 30 segundos, una vez descongelada se secó muy bien y se rompió la parte sellada para después introducirla en el aplicador de semen o pistola inseminadora. En los dos experimentos se registró la hora exacta de inseminación de cada cabra.

7.7. Aplicación del dispositivo CIDR post inseminación artificial

Para el grupo re inserción CIDR y el grupo testigo, las cabras fueron bloqueadas según peso, raza y condición corporal, asignándose aleatoriamente a cada tratamiento. El tratamiento re inserción de CIDR usado, consistió en re insertar el dispositivo CIDR después del 4° día de la inseminación y dejarlo por 14 días. Una vez que permaneció 14 días, el día 18 post IA se retiró el CIDR.

7.8. Diagnóstico de gestación

El diagnostico de gestación se realizó a los 35 días después de la inseminación artificial mediante ultrasonografía transrectal (Falco-ESAOTE, Modelo 410477 Pie Medical, con un transductor rectal de 7.5 MHz).

7.9. Diseño y Análisis Estadístico

Las cabras fueron distribuidas de manera aleatoria en 2 grupos y bloqueadas en base al peso, raza y condición corporal. El tratamiento 1 (T1) fue la reinserción del CIDR usado 4 días después de la IA y el dispositivo permaneció 14 días en la vagina y el tratamiento testigo que no se le reinsertó dispositivo CIDR. Los datos fueron analizados a través del Software SPSS-17. Las variables que se evaluaron fueron: porcentaje de estros, intervalo retiro dispositivo-estro (IRE), intervalo estro-Inseminación Artificial (IEIA) y porcentaje de gestación. Se utilizó un modelo lineal para las variables IRE e IEIA, y para el porcentaje de estros y gestación por medio de Chi- Cuadrada (χ^2). Por medio de un análisis de varianza (ANAVA) se compararon los resultados obtenidos en las concentraciones de progesterona, además, se llevó a cabo una comparación de las medias, y las variables fueron correlacionadas por el método de Pearson.

8. RESULTADOS

8.1. Sincronización de Estros

El protocolo de sincronización de estro utilizado en el estudio, consistió en la colocación del dispositivo intravaginal CIDR durante 5 días y la administración intramuscular de 5mg de prostaglandina (PGF₂α) y 200 o 300UI de eCG (dentro o fuera de temporada reproductiva), al momento del retiro del dispositivo o 48h antes del retiro respectivamente.

Los porcentajes de presentación de celos resultaron similares ($P>0.05$) para los tres lugares experimentales Higueras (28/32, 87.5%), Marín 1 (41/41, 100%) Marín 2 (27/32 84.3%) (Fig. 1).

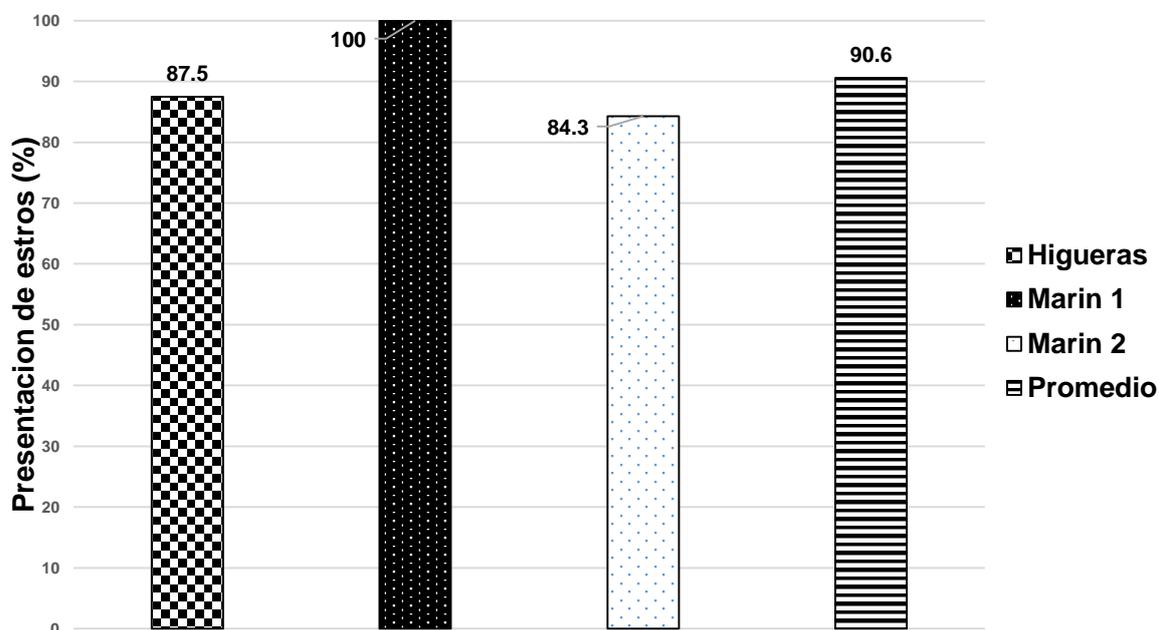


Figura 1. Porcentaje de estros en cabras sincronizadas con 5 días de CIDR en tres lugares del estado de Nuevo León, Higueras (% n=32), Marín 1(% n=41) y Marín 2 (% n= 32).

Por otra parte, en las siguientes tablas se presentan los resultados de los parámetros reproductivos evaluados de acuerdo al protocolo utilizado en los 3 diferentes lugares, por Tratamiento 1 (Testigo), Tratamiento 2 (CIDR 14 post IA) y por raza.

Tabla 1. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Higueras, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).

Tratamiento	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
1	11/15 (73.33)	34.41 ± 3.41	52.42 ± 0.14	17.71 ± 3.68
2	16/17 (94.11)	33.81 ± 3.65	52.25 ± 0.14	18.19 ± 3.62

Intervalo retiro-estro (IRE); intervalo retiro-inseminación artificial (IRIA); intervalo estro-inseminación artificial (IEIA)

Tabla 2. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Higueras, en cada raza (P>0.05).

Raza	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
Alpina	7/8 (87.5)	32.23 ± 4.81	52.06 ± 0.87	19.68 ± 4.77
Boer	6/7 (85.71)	33.31 ± 4.97	51.74 ± 0.19	18.12 ± 4.94
Nubia	12/14 (85.71)	28.50 ± 3.31	53.15 ± 0.12	24.41 ± 3.29
Saanen	3/3 (100)	42.40 ± 7.04	52.39 ± 0.27	9.59 ± 6.99

Tabla 3. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 1, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).

Tratamiento	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
1	20/20 (100)	19.73 ± 1.12	52.43 ± 0.24	32.6 ± 0.92
2	21/21 (100)	18.52 ± 1.14	52.05 ± 0.24	33.41 ± 0.93

Tabla 4. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 1, en cada raza (P>0.05).

Raza	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
Alpina	6/6 (100)	21.91 ± 1.73	53.27 ± 0.37	31.31 ± 1.42
Boer	5/5 (100)	19.00 ± 1.95	52.34 ± 0.42	33.08 ± 1.60
Nubia	23/23 (100)	15.57 ± 0.89	51.54 ± 0.19	35.84 ± 0.73
Saanen	7/7 (100)	20.08 ± 1.63	51.81 ± 0.35	31.72 ± 1.34

Tabla 5. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 2, en cada uno de los tratamientos (P>0.05).

Tratamiento	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
1	15/17 (88.23)	29.23 ± 6.13	52.54 ± 0.21	22.99 ± 6.1
2	12/15 (80)	28.34 ± 3.24	52.21 ± 0.11	23.69 ± 3.27

Tabla 6. Efecto del protocolo corto de sincronización del estro utilizando CIDR, sobre los parámetros reproductivos evaluados de cabras en Marín 2, en cada raza (P>0.05).

Raza	Estros (%)	IRE (h)	IRIA (h)	IEIA (h)
Alpina	15/17 (88.23)	32.23 ± 4.81	52.06 ± 0.87	19.68 ± 4.77
Nubia	5/6 (83.33)	28.50 ± 3.31	53.15 ± 0.12	24.41 ± 3.29
Saanen	9/9 (100)	42.40 ± 7.04	52.39 ± 0.27	9.59 ± 6.99

8.2. Porcentajes de Gestación

Las cabras, dentro y fuera de temporada se inseminaron alrededor de las 54 horas después del retiro del dispositivo CIDR por vía transcervical independientemente de la presentación del estro, y en orden de aparición del mismo. Para las cabras de Higueras y Marín 2 (dentro de temporada reproductiva) se utilizó semen refrigerado. En el caso de Marín 1 se utilizó semen congelado a -195°C en pajillas de 0.25ml con una concentración de 100 millones de espermatozoides de sementales del mismo rancho.

El diagnóstico de gestación se realizó a los 35 días después de la inseminación artificial mediante ultrasonografía transrectal, independientemente del tratamiento.

El porcentaje de gestación para Higueras fue de un 62.5 % (20/32 cabras), para Marín 1 fue del 41.5 % (17/41 cabras), y para el caso de Marín 2 se obtuvo un 56.25 % (18/32 cabras) (Figura 2).

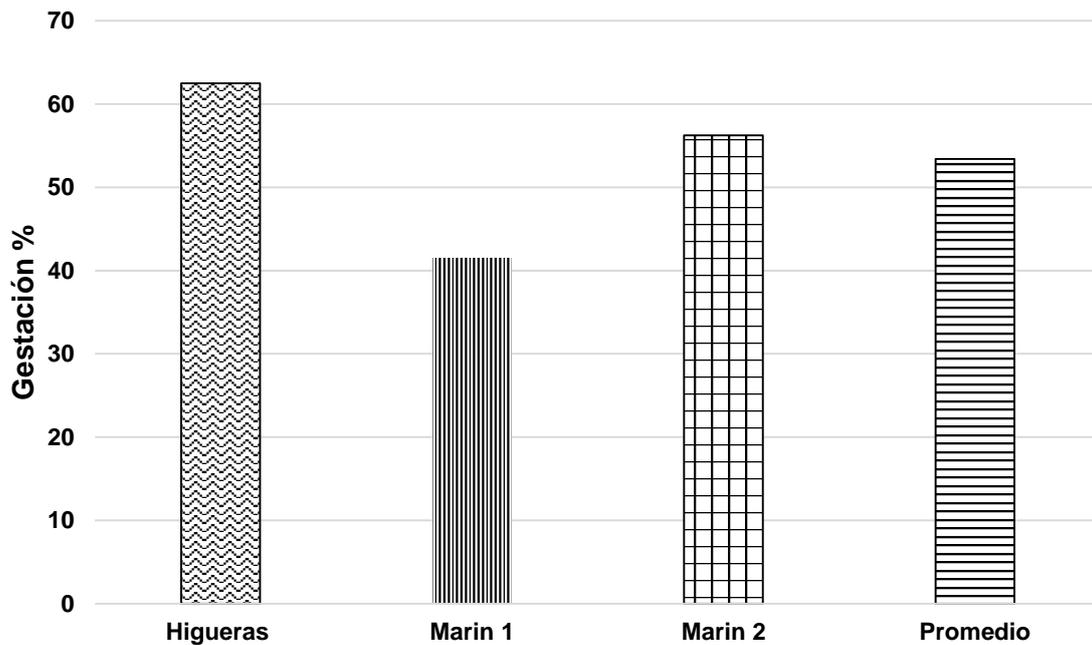


Figura 2. Porcentajes de gestación en cabras inseminadas 54 h posteriores al retiro del CIDR, a las cuales se les re-inserto el CIDR 4 días post IA y se mantuvo durante 0 y 14 días respectivamente, en Higueras y Marín 1 y 2, N.L

En la tabla 7, se puede observar el efecto de la reinsertión del dispositivo vaginal sobre la tasa de gestación en cabras comerciales de Higueras, Marín 1 y 2, donde se puede observar que para los grupos Tratamiento 2, donde se re-inserto el dispositivo vaginal, 4 días post IA, y se mantuvo durante 14 días, se obtuvo un 59.0 % para Higueras, 43.0 %, para Marín 1, y un 40.0 % para Marín 2. Así mismo se obtuvo un 67.0 %, 40.0 % y 71.0 %, para Higueras, Marín 1 y 2 respectivamente, para el Tratamiento 1 (sin reinsertión de CIDR usado).

Tabla 7. Efecto de la Re-inserción del CIDR, 4 días post-inseminación, manteniéndolo durante 0 días (T1) y 14 días (T2) post IA, sobre los porcentajes de gestación en Higueras y Marín 1 y 2 (P>0.05).

Tratamiento	Higueras	Marín 1	Marín 2
1	10/15 (67 %)	8/20 (40 %)	12/17 (71 %)
2	10/17 (59 %)	9/21 (43 %)	6/15 (40 %)

9. DISCUSIÓN

El porcentaje de presentación de estros en estación reproductiva (Higueras y Marín 2) fue de 86%, resultado que difiere a lo reportado por Montes *et al.* (2018) donde ellos obtuvieron un 94.7%, utilizando el mismo protocolo corto en base al uso de CIDR por 5 días. Pudiendo mencionar que el bajo porcentaje de presentación de estros en nuestro trabajo podría deberse a la inclusión de estos animales en protocolos donde se aplica continuamente la eCG, ya que esto según, a lo reportado por Baril *et al.* (1996), mencionan que hay una relación directa entre el uso de esta hormona y los tratamientos anteriores, dada la unión de esta hormona al plasma, ocasionando un retraso en la aparición del estro pudiendo afectar así, la fertilidad en protocolos de inseminación a tiempo fijo. Por otra parte, durante la época no reproductiva (Marín) se obtuvo un 100% de presentación de estros, mismo valor registrado por Vilariño *et al.* (2011), utilizando exactamente el mismo protocolo, por lo tanto, los resultados del presente estudio, demuestran que el dispositivo CIDR es eficaz para sincronizar el estro tanto en cabras y ovejas cíclicas y en anestro (Ungerfeld y Rubianes, 2002).

En el caso del intervalo retiro- estro (IRE), el promedio en estación reproductiva (Higueras y Marín 2) alcanzo las 31.5 ± 2.9 h, valores muy parecidos a los encontrados por Montes *et al.* (2018) utilizando el mismo protocolo donde ellos reportaron 32.8 ± 3.2 h, y por Martemucci y D'Alessandro (2011) pero utilizando esponjas impregnadas con acetato de Fluorogestona 32.7 ± 7.8 h por 5 días. Mostrando uniformidad en los tiempos de inicio del estro para protocolos de 5 días en base a progesterona o sus derivados, siendo una buena opción en

protocolos de inseminación artificial. El intervalo retiro-estro encontrado en Marín 1, fue de $19.13 \pm 0.8h$ el cual difiere a lo reportado por Vilariño *et al.* (2011) reportando un $27.6 \pm 5.1h$ utilizando 10mg de PGF 2α y 300UI de eCG. Observándose una marcada diferencia en los promedios, esto debido a que el presente trabajo se realizó con una buena cantidad de hembras nulíparas y de un solo parto, en general hembras jóvenes y sobre todo el hecho de nunca participar en algún protocolo de sincronización. Asemejándose con los resultados obtenidos por Drion *et al.* (2001), los cuales utilizaron en su mayoría hembras nulíparas o bien con pocos partos, destacando que dichos animales no recibieron tratamientos parecidos (hormonal) a lo largo de su vida, encontrando un promedio de $20.5 \pm 2.9h$ para el mismo parámetro, y demostrando a la inseminación (54h) tiempo adecuado en el surgimiento de la ovulación alrededor de las 36 h post inicio del estro (Greyling, 2000).

Uno de los dos objetivos del presente trabajo fue medir la tasa de preñez alcanzada dentro de estación reproductiva y fuera de esta, al utilizar un protocolo de corta duración (5 días) en base a progesterona, obteniendo resultados similares en temporada reproductiva 62.5% (20/32) y 56.3% (18/32) para Higuera y Marín 2 respectivamente, cabe mencionar que estos trabajos se realizaron durante los mismos meses, pero durante años diferentes, resultando un poco bajos a lo reportado por Vilariño *et al.* (2011) 75.3%, pero similares a lo reportado por Menchaca y Rubianes (2007) 63.7% y 61.0%, mostrando buenos resultados en porcentajes de preñez y ofreciendo opción de reutilización de dispositivos hasta en dos ocasiones más según lo verificado por Vilariño *et al.* (2011). Así mismo existe una relación directa entre el inicio temprano del estro, la ovulación y las tasas de preñez después de programas de IA, Baril *et al.* (1993)

y Romano (2004) informaron una relación en cabras que exhibían estro hasta en 30 h después del tratamiento con progestágenos, con la tasa de fertilidad del 65% después de la IA (Khanthusaeng *et al.*, 2012), existiendo otros factores como , la condición corporal, la edad de la pubertad, el tiempo y el método de inseminación, la ubicación de la inseminación (vagina, cuello uterino, transcervical o útero), la calidad y la cantidad de semen inseminado (número de espermatozoides vivos), manejo de semen para IA (fresco o congelado), (Baldassare y Karatzas, 2004; Whitley y Jackson, 2004). Encontrando un 41.5% en tasa de preñez para el protocolo fuera de temporada reproductiva pudiéndose deber a la cantidad de hembras nulíparas dentro del protocolo, ya que la utilización de estas en protocolos de inducción al estro se encuentra asociada a una mono ovulación temprana (Simões *et al.*, 2008), afectando así el tiempo de Inseminación, el cual, al igual que en temporada reproductiva se realizó a las 54 horas, como Mellado *et al.* (2006) mencionan, estas son tres veces menos propensas a gestarse comparadas con cabras multíparas. Otra cuestión, es que los animales utilizados se encontraban consumiendo forrajes toscos durante estos días debido a la deficiencia de alimento disponible pudiendo variar la aparición del pico de LH y ovulación en animales jóvenes (Viñoles *et al.*, 2012) (Walkden y Bocquier, 2000). Además, durante la etapa temprana de la gestación, se ha indicado que la desnutrición es una de las principales causas de muerte de embrionaria (Abecia *et al.*, 2006; Martin y Kadokawa, 2006). Esto muchas veces influenciado por el poco interés en adquirir alimentos comerciales (balanceados) para cabras por parte de los agricultores con limitaciones financieras, lo cual puede ser difícil ya que la mayoría de los mismos en países en desarrollo crían cabras con poca o ninguna intención de invertir en ellas

(Idamokoro *et al.*, 2017). Otra posible causa de bajos índices de gestación se encuentra relacionada con el estrés y las diversas maneras en que se presenta, como por ejemplo en el presente estudio, el uso de animales de diferentes majadas afectando así las relaciones establecidas anteriormente (dominancia) y generando estrés entre individuos (hembras) de diferente edad y condición, debido a lo encontrado en que cabras subordinadas, despliegan menor conducta sexual, ovulan con retraso y se gestan más tarde que sus compañeras dominantes (Alvarez *et al.*, 2003; Alvarez *et al.*, 2007), por lo tanto sugiriendo que las relaciones de dominancia-subordinación podrían desencadenar mecanismos fisiológicos que interfieren con la conducta reproductiva (Castellanos *et al.*, 1997; Orihuela, 2000). Otras formas de estrés reportadas en el caso del protocolo fuera de temporada fue que algunos animales fueron transportados de un lugar a otro, y todos los animales pasaron de una ganadería semi estabulada a una completamente estabulada, así como el aumento en el ruido, debido a la cercanía con la carretera. Todos estos detonantes al estrés son importantes dado que el glucocorticoide inhibe el desarrollo folicular y la presentación del pico preovulatorio de LH en ovejas (Macfarlane *et al.*, 2000), mientras que durante la fase lútea prolonga la duración del diestro en cabras (Alam *et al.*, 1989) y vacas (Maciel *et al.*, 2001).

El segundo objetivo del presente trabajo fue determinar la tasa de preñez reinsertando el dispositivo CIDR al cuarto día y manteniéndolo por 14 días, el cual no fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, e inclusive, aunque estadísticamente no hubo diferencia, se mostraron valores un poco más altos en el tratamiento testigo que en el tratamiento reinsertación. Contrastando con la hipótesis, que la suplementación de progesterona tendrá un efecto marcado en

la tasa de preñez en cabras, a través de una mayor secreción de histotrofo y subsecuente aumento en el tamaño del embrión y niveles de interferón-tau, tal como lo reportado por Mann *et al.* (2006) en vacas, un incremento hasta 6 veces los niveles normales de interferón-tau, encontrando una correlación directa entre los altos niveles plasmáticos de P4 materno y la producción de interferón- τ por el embrión (Kerbler *et al.*, 1997), principalmente durante la fase temprana de la preñez (Spencer y Bazer, 2002). Mostrando un incremento del 6.6% en la tasa de preñez, reinsertando 7 días después y manteniendo el CIDR por 14 días en vacas (Ledezma *et al.*, 2015). Y concordando con lo reportado por Montes y col. (2018) en donde no encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, en el que compara el tiempo de reinsertación/preñez, reinsertando por 14 (44.9%), 7 (44.4%) y 0 (44.8%) días, utilizando el mismo protocolo y tiempo de IA (54h), durante el inicio de la estación reproductiva. Aunque en este estudio no se realizó medición de progesterona en plasma, el uso del CIDR después de la inseminación incrementa los niveles plasmáticos, mostrando valores de 5.6 ± 1.7 ng/ml (Montes *et al.*, 2018), mostrando ser otros factores los que estén afectando la tasa de preñez, tales como la nutrición (Viñoles *et al.*, 2012) o inclusive la disponibilidad de minerales como cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobalto (Co) (Yatoo *et al.*, 2013).

10. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados, un protocolo corto de 5 días en base a la utilización de progesterona (CIDR), prostaglandina y eCG al final del tratamiento muestra niveles aceptables de presentación de estro alcanzando un 86% dentro de temporada reproductiva y hasta 100% fuera de esta. El intervalo retiro- estro fuera de temporada reproductiva fue corto, mostrando celos alrededor de las 19 horas post retiro CIDR. Los resultados de porcentaje de gestación entre tratamientos no demostraron estadísticamente diferencia, observando solo un aumento del 3% durante la estación no reproductiva.

11. LITERATURA CITADA

Abecia, J. A., Sosa, C., Forcada, F., Meikle, A., 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 367-378.

Alam, M. G. S., Ahmed, J. U., Jahan, S., 1989. Effect of dexamethasone on the estrous cycle length in Black Bengal goats (*Capra hircus*). *Theriogenology*, 31(4), 935-941.

Al-Asmakh, M., 2007. Reproductive functions of progesterone. *Middle East Fertility Society Journal*, 12(3), 147.

Alnimer MA, Lubbadah WF., 2008. Effect of progesterone (P4) intravaginal device (CIDR) to reduce embryonic loss and to synchronize return to oestrus of previously timed inseminated lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 2008; 107(1–2):36-47.

Álvarez, L., G.B. Martin, F. Galindo, Zarco, L.A., 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 84: 119-126.

Álvarez, L., L. Zarco, F. Galindo, D. Blache, Martin, G.B., 2007. Social rank and response to the male effect in the Australian Cashmere goat. *Anim. Reprod. Sci.*, 102: 258-266.

Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., and Meza-Herrera, C. A., 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.

Baldassarre, H., and Karatzas, C. N., 2004. Advanced assisted reproduction technologies (ART) in goats. *Animal Reproduction Science*, 82, 255-266.

Baril, G., Brebion, P., and Chesné, P., 1993. Manuel de formation pratique pour la transplantation embryonnaire chez la brebis et la chèvre (Vol. 115). Food & Agriculture Org.

Bates, G.W., Bowling, M., 2013. Physiology of the female reproductive axis. *Periodontology* 2000 (61), 89–102.

Castellanos, F., Galina, C. S., Orihuela, J. A., Navarro-Fierro, R., and Mondragón, R., 1997. Estrous expression in dairy cows and heifers (*Bos taurus*) following repeated PGF2 α injection and choice of selecting a mounting partner. *Applied Animal Behaviour Science*, 51(1-2), 29-37.

Chemineau, P., 1993. Medio ambiente y reproducción animal. *World Animal Review*, 77(1), 2-14.

Chemineau, P., and Delgadillo, J. A., 1993. Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Rev Cient*, 3, 113-121.

Conneely, O. M., Mulac-Jericevic, B., Demayo, F., Lydon, J. P., and O Malley, B. W., 2002. Reproductive functions of progesterone receptors. *Recent progress in hormone research*, 57, 339-356.

Corteel, J. M., Leboeuf, B., and Baril, G., 1988. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Ruminant Research*, 1(1), 19-35.

Del Río, M. J., Godoy, A., Toro, A., Orellana, R., Cortés, M. E., Moreno, R. D., and Vigil, P., 2007. La reacción acrosómica del espermatozoide: avances recientes. *Revista internacional de andrología*, 5(4), 368-373.

Dorniak, P., Bazer, F. W., and Spencer, T. E., 2013. Physiology and Endocrinology Symposium: biological role of interferon tau in endometrial function and conceptus elongation. *Journal of animal science*, 91(4), 1627-1638.

Drion, P. V., Furtoss, V., Baril, G., Manfredi, E., Bouvier, F., Pougard, J. L., ... and Sulon, J., 2001. Four years of induction/synchronization of estrus in dairy goats: effect on the evolution of eCG binding rate in relation with the parameters of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, 41(5), 401-412.

FAO 2017. Food and Agriculture Organization
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA/visualize>

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M. T., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*, 124(3-4), 211-219.

Ferrando, G., González, C., and Macho, B., 1987. Caracterización citológica vaginal del ciclo sexual en cabras criollas de lechería. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 2(1).

García, U., Pilar, A., and Fernández, J. L., 2017. Factores moduladores de la estacionalidad reproductiva en ungulados. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(3), 319-336.

Gordon, I. (1997). Reproduction in sheep and goats. *Controlled reproduction in farm animals series*, 2.

Graham, J. D., and Clarke, C. L., 1997. Physiological action of progesterone in target tissues. *Endocrine reviews*, 18(4), 502-519.

Greyling, J. P. 2000. Reproduction traits in the Boer goat doe. *Small Ruminant Research*, 36(2), 171–177. doi:10.1016/s0921-4488(99)00161-3.

Idamokoro, E. M., Muchenje, V., Masika, P. J., 2017. Peri-and post-parturient consequences of maternal undernutrition of free ranging does: A review. *Livestock Research and Rural Development*, 29, 1-18.

Jiang, Y.-F., Hsu, M.-C., Cheng, C.-H., Tsui, K.-H., and Chiu, C.-H. 2016. Ultrastructural changes of goat corpus luteum during the estrous cycle. *Animal Reproduction Science*, 170, 38–50. doi:10.1016/j.anireprosci.2016.04.001

Karsch, F. J., Bittman, E. L., Foster, D. L., Goodman, R. L., Legan, S. J., and Robinson, J. E., 2013. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent progress in hormone research*, 40, 185-32.

Kerbler, T. L., Buhr, M. M., Jordan, L. T., Leslie, K. E., Walton, J. S., 1997. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by the conceptus in cattle. *Theriogenology*, 47(3), 703-714.

Khanthusaeng, V., Navanukraw, C., Moonmanee, T., Thammasiri, J., & Boonkong, S., 2012. Effect of short-term and long-term synthetic progesterone on estrous synchronization and conception rate in Thai-native goat. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 11, 449-454.

Khanum, S. A., Hussain, M., and Kausar, R. 2006. Manipulation of estrous cycle in Dwarf goat (*Capra hircus*) using estrumate under different management conditions. *Animal reproduction science*, 92(1-2), 97-106.

Kusina, N. T., Tarwirei, F., Hamudikuwanda, H., Agumba, G., and Mukwena, J. 2000. A comparison of the effects of progesterone sponges and ear implants, PGF 2α , and their combination on efficacy of estrus synchronization and fertility of Mashona goat does. *Theriogenology*, 53(8), 1567-1580.

Ledezma Torres, R. A., Garza Hernández, D. M., Moreno Degollado, G., Manzanares Miranda, N., Picón Rubio, F. J., Ramírez Romero, R., Sánchez Dávila, F., 2015. Efecto del CIDR posinseminación sobre la tasa de preñez en vacas de carne. *Ciencia UANL*, 18(73), 62-68.

Leyvaocariz H, Munro C, Stabenfeldt GH., 1995. Serum LH, FSH, estradiol-17-Beta and progesterone profiles of native and crossbred goats in a tropical semiarid zone of Venezuela during the estrous-cycle. *Animal Reproduction Science*, 1995; 39:49-58.

Luo, J., Wang, W., and Sun, S. 2019. Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(8), 1284.

Macfarlane, M. S., Breen, K. M., Sakurai, H., Adams, B. M., Adams, T. E., 2000. Effect of duration of infusion of stress-like concentrations of cortisol on follicular development and the preovulatory surge of LH in sheep. *Animal reproduction science*, 63(3-4), 167-175.

Maciel, S. M., Chamberlain, C. S., Wettemann, R. P., Spicer, L. J., 2001. Dexamethasone influences endocrine and ovarian function in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 84(9), 1998-2009.

Mann, G. E., Fray, M. D., Lamming, G. E., 2006. Effects of time of progesterone supplementation on embryo development and interferon- τ production in the cow. *The Veterinary Journal*, 171, 500-503.

Mann, G.E., Lamming, G.E., 2001. Relationship between the maternal endocrine environment, early embryo development and the inhibition of the luteolytic mechanism in the cow. *Reproduction* 121, 175–180.

Martemucci, G., and D'Alessandro, A. G. (2011). Synchronization of oestrus and ovulation by short time combined FGA, PGF2 α , GnRH, eCG treatments for natural service or AI fixed-time. *Animal reproduction science*, 123(1-2), 32-39.

Martemucci, G., and D'Alessandro, A. G. (2011). Induction/synchronization of oestrus and ovulation in dairy goats with different short term treatments and fixed time intrauterine or exocervical insemination system. *Animal reproduction science*, 126(3-4), 187-194.

Martin, G. B., Kadokawa, H., 2006. "Clean, green and ethical" animal production. Case study: Reproductive efficiency in small ruminants. *Journal of Reproduction and Development*, 52(1), 145-152.

Mellado, M., Valdez, R., Garcia, J. E., Lopez, R., and Rodriguez, A., 2006. Factors affecting the reproductive performance of goats under intensive conditions in a hot arid environment. *Small Ruminant Research*, 63(1-2), 110-118.

Mena, J. M., 1989. *Explotación caprina*. Trillas.

Menchaca A, and Rubianes E., 2002. Relation between progesterone concentrations during the early luteal phase and follicular dynamics in goats. *Theriogenology* 2002; 57(5):1411-1419.

Menchaca, A., and Rubianes, E., 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 403-413.

Menchaca, A., Miller, V., Salveraglio, V., and Rubianes, E., 2007. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the short-term protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*, 102(1-2), 76-87.

Menchaca, A., Rubianes, E., 2007. Pregnancy rate obtained with short-term protocol for timed artificial insemination in goats. *Reproduction in domestic animals*, 42(6), 590-593.

Montes, G.L., Sánchez, F., Grizelj, J., Bernal, H., Vazquez, J.F., del Bosque, A.S., Luna, C., González, A., Ledezma-Torres, R.A., 2018. The reinsertion of controlled internal drug release devices in goats does not increase the pregnancy rate after short oestrus synchronization protocol at the beginning of the breeding season. *Journal of Applied Animal Research*, 46:1, 714-719.

- Mori, Y., and Kano, Y., 1984. Changes in plasma concentrations of LH, progesterone and oestradiol in relation to the occurrence of luteolysis, oestrus and time of ovulation in the Shiba goat (*Capra hircus*). *Journal of reproduction and fertility*, 72(1), 223-230.
- Niswender, G. D., Juengel, J. L., Silva, P. J., Rollyson, M. K., and McIntush, E. W., 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological reviews*, 80(1), 1-29.
- Nuti, L. C., Bretzlaff, K. N., Elmore, R. G., Meyers, S. A., Rugila, J. N., Brinsko, S. P., ... and Weston, P. G., 1992. Synchronization of estrus in dairy goats treated with prostaglandin F at various stages of the estrous cycle. *American journal of veterinary research*, 53(6), 935-937.
- Orihuela, A., 2000. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 70(1), 1-16.
- Rahman, A. N. M. A., Abdullah, R. B., and Wan-Khadajah, W. E. 2008. Gametogenesis, fertilization and early embryogenesis in mammals with special reference to goat: A review. *J. Biol. Sci*, 8(7), 1115-1128.
- Regueiro, M., Clariget, R. P., Ganzábal, A., Aba, M., and Forsberg, M., 1999. Effect of medroxyprogesterone acetate and eCG treatment on the reproductive performance of dairy goats. *Small Ruminant Research*, 33(3), 223-230.
- Ren, D., Navarro, B., Perez, G., Jackson, A. C., Hsu, S., Shi, Q. and Clapham, D. E., 2001. A sperm ion channel required for sperm motility and male fertility. *Nature*, 413(6856), 603.
- Rippe, C. A., 2009. El ciclo estral. In *Dairy Cattle Reproduction Conference* (pp. 111-116).
- Roberts, R.M., Ealy, A.D., Alexenko, A.P., Han, C.S., Ezashi, T., 1999. Trophoblast interferons. *Placenta* 20, 259–264.
- Romano, J. E., 1998. The effect of continuous presence of bucks on hastening the onset of estrus in synchronized does during the breeding season. *Small Ruminant Research*, 30(2), 99-103.
- Romano, J. E. 2004. Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 15-19.
- Rubianes, E., De Castro, T., and Kmaid, S., 1998. Estrous response after a short progesterone priming in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*, 1(49), 356.
- Rubianes, E., Ungerfeld, R., Menchaca, A., 2001. Avances en las técnicas de sincronización de celos en ovinos y caprinos (advances in oestrous synchronisation techniques in sheep and goats). In: *Proceeding of IV Simposio Internacional de Reproducción Animal*, Córdoba, Argentina, pp. 61–72.

Shahneh, Z., Sadeghipanah, A., Barfouroushi, H. J., and Emami-Mibody, M. A., 2008. Effects of equine chorionic gonadotropin (eCG) administration and flushing on reproductive performance in Nadooshan goats of Iran. *African Journal of Biotechnology*, 7(18).

SIAP 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecConcentrado.jsp

Simões, J., Baril, G., Almeida, J. C., Azevedo, J., Fontes, P., and Mascarenhas, R., 2008. Time of ovulation in nulliparous and multiparous goats. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 2(5), 761.

Soto, I.E., A. De Haro D., U. Frish G. y J. Ruiz B. 1983. Panorama de la ganadería mexicana (Aspectos estructurales). Centro Nacional de Investigaciones Agrarias, México D.F., 359 pp.

Spencer, T. E., and Bazer, F. W. 2004. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2(1), 49.

Spencer, T. E., and Bazer, F. W., 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. *Front Biosci*, 7(7), 1879-1898.

Spencer, T. E., Becker, W. C., George, P. H. I. L. I. P., Mirando, M. A., Ogle, T. F., and Bazer, F. W., 1995. Ovine interferon-tau inhibits estrogen receptor up-regulation and estrogen-induced luteolysis in cyclic ewes. *Endocrinology*, 136(11), 4932-4944.

Spencer, T. E., Johnson, G. A., Bazer, F. W., & Burghardt, R. C., 2007. Fetal-maternal interactions during the establishment of pregnancy in ruminants. *Society of Reproduction and Fertility supplement*, 64, 379-396.

Spencer, T.E., Bazer, F.W., 1996. Ovine interferon tau suppresses transcription of the estrogen receptor and oxytocin receptor genes in the ovine endometrium. *Endocrinology* 137, 1144–1147.

Spencer, T.E., Bazer, F.W., 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. *Front Biosci*. 7, d1879–d1898.

Ungerfeld, R., and Rubianes, E. (2002). Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrus ewes. *Small Ruminant Research*, 46(1), 63-66.

Vasconcellos, A., Carrasco, J., and Valdés, F., 2008. Estudio Histomorfológico Comparativo del Endometrio de Ovejas Prepúberes de Razas de Distinta Prolificidad. *International Journal of Morphology*, 26(1), 143-148.

Vilariño M, Rubianes E, Menchaca A., 2011. Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the Short-term Protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology*. 75(7):1195-1200.

Viñoles C., Glover K.M.M., Paganoni, B.L., Milton, J.T.B., Martin, G.B., 2012. Embryo losses in sheep during short-term nutritional supplementation. *Reprod Fertility Dev*. 24(8):1040–1047.

Walkden-Brown, S. W., Bocquier, F., 2000. Nutritional regulation of reproduction in goats. In *Proceedings of the 7th International Conference on Goats*,1, 389-395).

Wassarman, P. M., 1999. Fertilization in animals. *Developmental genetics*, 25(2), 83-86.

Wassarman, P. M., Jovine, L., and Litscher, E. S., 2001. A profile of fertilization in mammals. *Nature cell biology*, 3(2), E59.

Whitley, N. C., and Jackson, D. J., 2004. An update on estrus synchronization in goats: a minor species. *Journal of animal science*, 82(suppl_13), E270-E276.

Yang, D., Jiang, T., Liu, J., Hong, J., Lin, P., Chen, H., and Jin, Y., 2018. Interferon- τ regulates prostaglandin release in goat endometrial stromal cells via JAB1-unfolded protein response pathway. *Theriogenology*, 113, 237-246.

Yatoo, M. I., Saxena, A., Kumar, P., Gugjoo, M. B., Dimri, U., Sharma, M. C., Gugjoo, M. B., 2013. Evaluation of serum mineral status and hormone profile in goats and some of their inter-relations. *Vet World*, 6(6), 318-320.