



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
REPRODUCCIÓN

RESPUESTA ESTRAL Y TASA DE PREÑEZ EN CABRAS ANÉSTRICAS INDUCIDAS A LA CICLICIDAD  
CON PROGESTÁGENOS Y SOMATOTROPINA BOVINA

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

**PRESENTA**

LAURA GÓMEZ PAREDES

TUTOR PRINCIPAL: JOEL HERNÁNDEZ CERÓN, FMVZ-UNAM  
COMITÉ TUTORAL: JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ, COLEGIO DE POSTGRADUADOS  
CARLOS G. GUTIÉRREZ AGUILAR, FMVZ-UNAM

MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## **DECLARACIÓN**

La autora da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

Laura Gómez Paredes

## **DEDICATORIA**

A mis padres Laura y Bonifacio, por su apoyo incondicional, los amo.

A mi hermana Dulce María, cómplice de mi vida.

A mis sobrinas Sara Melina, Jimena Romina y Natalia que son la alegría de mi familia.

A mi gran amiga Fabiola Belmont que sin su invaluable amistad y ayuda no hubiera sido posible el trabajo en las granjas.

A mi novio Rafael que ha sido un gran apoyo en este proyecto, a mis amigos y compañeros Martha, Yolanda, Circe, Yazmín, Ariana, Daniel, Adriana, Cristian, Enrique, Carlos, Martín, José Luis, Bruno, Sheila y todos los que me falten, que gracias a su amistad y compañerismo se ha cumplido este objetivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al tutor principal el Dr. Joel Hernández y al comité tutorial Dr. Jaime Gallegos Sánchez y Dr. Carlos Gutiérrez Aguilar por haber compartido su tiempo y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del jurado: Dr. Javier Valencia Méndez, Dr. Héctor Jiménez Severiano, Dr. Lorenzo Álvarez Ramírez y al Ing. José Luis Pablos Hach por su revisión y acertadas aportaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de los estudios.

Al Dr. Hugo H. Montaldo Valdenegro y al Ing. José Luis Pablos Hach por paciencia y sus valiosas aportaciones en el análisis estadístico.

Al departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ, a la Dra. Clara Murcia por el apoyo en la medición de hormonas.

Al grupo de Caprinocultores Unidos de Guanajuato en especial al MVZ José Manuel Oliveros Ibarra que gracias a su apoyo fue posible el trabajo de campo. De igual manera al MVZ Enrique Medina Fernández por su ayuda y por todas las facilidades prestadas durante la realización de las actividades.

A todas las personas que de manera desinteresada aportaron sus conocimientos, tiempo, consejos y experiencia para la realización de este trabajo.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	<b>10</b>
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
4.1 ESTACIONALIDAD, NUTRICIÓN Y FOTOPERIODO.....	12
4.2 PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CABRAS LECHERAS.....	15
4.2.1 Porcentaje de presentación de estro .....	15
4.2.2 Porcentaje de concepción .....	15
4.2.3 Fertilidad (Tasa de preñez) .....	15
4.2.4 Prolificidad .....	16
4.3 MÉTODOS HORMONALES UTILIZADOS PARA INDUCCIÓN DE LA CICLICIDAD .....	16
4.3.1 La Somatotropina Bovina (bST).....	18
4.3.2 El Factor de Crecimiento Parecido a la Insulina tipo 1 (IGF-I) .....	19
4.3.3 La Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) .....	21
4.4 EFECTOS DE BIOESTIMULACIÓN .....	23
4.4.1 Efecto Macho .....	23
4.4.2 Efecto Hembra .....	25
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
5.1 Localización.....	27
5.2 Animales .....	27
5.3 Tratamientos.....	28
5.4 Muestreo Sanguíneo .....	29
5.5 Análisis estadístico .....	29
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>36</b>
<b>8. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>9. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>43</b>
<b>10. ANEXOS</b> .....	<b>56</b>

## RESUMEN

La hormona bovina del crecimiento (bST) y el factor de crecimiento parecido a la insulina tipo 1 (IGF-I) favorecen el crecimiento folicular y el desarrollo embrionario. En este estudio se probó si la inclusión de bST en un programa de inducción de la ciclicidad en cabras en anestro basado en progestágenos y gonadotropina coriónica equina (eCG) aumenta la tasa de preñez. El estudio se realizó con 503 cabras en la época no reproductiva. A todas las cabras se les insertó un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR), el cual permaneció *in situ* durante 9 días. Cinco días antes de retirar el progestágeno, las cabras se asignaron al azar a cuatro tratamientos: bST (n=123) recibieron 125 mg de bST sc; bST+eCG (n=125) recibieron 125 mg de bST sc y 300 UI de eCG im al retirar el progestágeno; eCG (n=125) recibieron sólo 300 UI de eCG im al retirar el progestágeno; Testigo (n=130) no se les inyectó bST ni eCG. Previo al estudio, se midieron las concentraciones de progesterona para determinar la proporción de cabras que estaban ciclando. La proporción de cabras que mostraron estro [bST: 96%; eCG: 97%; bST+eCG: 96% y testigo: 94%, (P=0.70)], la fertilidad [bST: 51%; eCG: 49%; bST+eCG: 49% y Testigo: 37%, (P=0.08)] y la prolificidad [bST: 1.78; eCG: 1.9; bST+eCG:1.88 y Testigo: 1.78, (P=0.69)] fue similar entre los tratamientos. Al reagrupar a las cabras de acuerdo con su ciclicidad y si fueron tratadas o no con bST, se encontró que la inclusión de la bST en las cabras anéstricas incrementó (P<0.01) la fertilidad [con bST (52.8%) vs. sin bST (36.2%)], mientras que no tuvo efecto (P>0.05) en las cabras que estaban ciclando [con bST (38.5%) vs. sin bST (40.4%)]. Se concluye que la administración de bST en un programa de inducción de la ciclicidad basado en progestágenos incrementa la fertilidad en cabras anéstricas.

**PALABRAS CLAVE:** cabras, anestro, bST, eCG.

## **Abstract**

### **Estral response and pregnancy rate in anoestrous goats induced to cyclicity with progestogens and bovine somatotropin**

Somatotropin (bST) and insulin-like growth factor type 1 (IGF-I) improve follicular growth and embryo development. In this study it was tested whether the inclusion of bST in a cyclicity induction program in anoestrous goats based on progestogens and equine chorionic gonadotropin (eCG) increases pregnancy rate. Five hundred and three goats in non-reproductive season were used. A progesterone-releasing intravaginal device was inserted into all goats for nine days. Five days before progestogen removal, goats were randomly assigned to four treatments: bST (n = 123) received 125 mg of bST sc; eCG + bST (n = 125) received 125 mg of bST sc and 300 IU of eCG im at the time of progestogen removal; eCG (N = 125) only received 300 IU of eCG im at the time of progestogen removal; the control group (n = 130) did not received bST or eCG injection. Previous to the study, progesterone levels were measured to determine the percentage of cycling goats. The percentage of goats that exhibited estrous [bST: 96%; eCG: 97%; bST+eCG: 96% y testigo: 94%, (P = 0.70)], fertility [bST: 51%; eCG: 49%; bST+eCG: 49% y Testigo: 37%, (P = 0.08)] and prolificacy [bST: 1.78; eCG: 1.9; bST+eCG:1.88 y Testigo: 1.78, (P = 0.69)] was similar between treatments. When regrouping goats according to their cyclicity and treated or not with bST, it was found that bST inclusion in anoestrous goats increased (P < 0.01) fertility [with bST (52.8%) vs without bST (36.2%)], whereas there was no effect (P > 0.05) on cycling goats [with bST (38.5%) vs without bST (40.43%)]. It is concluded that bST administration in a cyclicity induction program based on progestogens during the non-reproductive season, increases fertility in goats.

## 1. INTRODUCCIÓN

En algunas razas de la especie caprina existe una estacionalidad reproductiva, provocada principalmente por las variaciones en la cantidad de horas luz al día. En los machos cabríos el periodo de baja actividad sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto (Delgadillo *et al.* 2003). En condiciones de vida natural, la estacionalidad reproductiva constituye una ventaja para favorecer la viabilidad de la descendencia, sin embargo para los objetivos de producción de leche de manera comercial, este fenómeno resulta en una producción láctea también estacional, lo cual no es compatible con lo que el mercado demanda. La estacionalidad reproductiva ha llevado a proponer diversos métodos hormonales y naturales de inducción de la ciclicidad en la época de anestro, con el fin de tener partos en dos épocas del año. Sin embargo, cuando se usan dichas herramientas, la fertilidad y la prolificidad del estro inducido suelen ser menores a lo obtenido en la época reproductiva, lo cual puede deberse a una disminución de la tasa ovulatoria y un aumento de la mortalidad embrionaria temprana (Nancarrow, 1994).

Los programas hormonales convencionales para la inducción estral consisten en la utilización de progestágenos durante 6 a 12 días y una inyección de gonadotropina coriónica equina (eCG) al finalizar en tratamiento. Con estos tratamientos se han alcanzado respuestas estrales superiores a 90% (Rubianes y Menchaca, 2003). En cabras anéstricas se ha demostrado que una inyección de 125mg de la hormona bovina del crecimiento (bST) 5 días antes del retiro de la esponja intravaginal en un programa de inducción de la ciclicidad en combinación con eCG resulta en mayor proporción de cabras en estro y superior tasa de preñez [cabras tratadas con bST (60%) *versus* cabras testigo (34%); Martínez *et al.* 2011]; sin embargo, en el citado

estudio no se puede dilucidar si el efecto es resultado de la aplicación de bST, de eCG o la combinación de ambas.

La inyección de bST en la oveja y en la cabra dentro de los programas basados en progestágenos tanto en las épocas reproductiva como en la de anestro, resulta en un incremento de las concentraciones sanguíneas del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo 1 (IGF-I) y de insulina, hormonas que favorecen el desarrollo folicular, la diferenciación y el crecimiento embrionario (Gong *et al.* 1996, Moreira *et al.* 2002; Montero *et al.* 2011,). El IGF-I es muy importante en el proceso de selección de folículos dominantes, ya que favorece la capacidad de respuesta del folículo a la hormona folículo estimulante (FSH) y junto con el estradiol potencian la acción de la FSH en la diferenciación de las células de la granulosa (Gong y Webb, 1996).

En bovinos, la administración *in vivo* de bST el día del estro en vacas repetidoras resulta en un incremento del porcentaje de concepción (Morales-Roura *et al.* 2001). En estudios *in vitro*, incrementa la proporción de ovocitos fertilizados y favorece el desarrollo embrionario (Moreira *et al.* 2002). En la oveja, se ha observado que la administración de bST 5 días previos al retiro del progestágeno para sincronización del estro, incrementa la proporción de partos múltiples (Carrillo *et al.* 2007). Del mismo modo, en ovejas superovuladas, el tratamiento con bST antes del estro incrementa la tasa de ovulación y el porcentaje de embriones que llega a la etapa de blastocisto (Montero *et al.* 2011; Mejía *et al.* 2012).

Tomando en conjunto estos antecedentes, es posible que la administración de bST durante el tratamiento hormonal basado en progestágenos para inducir la ovulación en cabras anéstricas mejore la respuesta estral y la fertilidad.

## **2. OBJETIVOS**

1. Probar si la administración de bST dentro de un protocolo de inducción de la ciclicidad aumenta la respuesta estral en cabras lecheras durante la estación no reproductiva.
2. Probar si la administración de bST dentro de un protocolo de inducción de la ciclicidad aumenta fertilidad en cabras lecheras durante la estación no reproductiva.
3. Probar si la administración de bST dentro de un protocolo de inducción de la ciclicidad aumenta la prolificidad en cabras lecheras durante la estación no reproductiva.

## **3. HIPÓTESIS**

1. La administración de bST 5 días antes de retirar el progestágeno en un protocolo de 9 días de duración, aumenta la respuesta estral en cabras durante la estación no reproductiva.
2. La administración de bST 5 días antes de retirar el progestágeno en un protocolo de 9 días de duración, aumenta la fertilidad en cabras durante la estación no reproductiva.
3. La administración de bST 5 días antes de retirar el progestágeno en un protocolo de 9 días de duración, aumenta la prolificidad en cabras durante la estación no reproductiva.

#### **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

Las cabras originarias o adaptadas a zonas templadas manifiestan un patrón estacional en su actividad reproductiva, lo cual constituye una estrategia evolutiva para la sobrevivencia de las crías; sin embargo, representa una limitante para la producción y comercialización de leche y carne de manera constante durante todo el año. En México la población ganadera caprina se ha mantenido alrededor de los 9 millones de cabezas de 2002 a 2011; sin embargo, la producción se ha incrementado en más de 15 mil toneladas de leche en el mismo periodo (SIAP, SAGARPA 2013), lo que significa que se ha logrado un avance en la producción a pesar de que las difíciles condiciones de crianza y los pocos programas de fomento de la producción y de mejoramiento genético.

Como alternativa a esta problemática, la selección de animales que no presenten una marcada estacionalidad puede ayudar a incrementar la eficiencia de los programas reproductivos, pero esto todavía no es posible, por lo cual la única manera de que las cabras muestren estros fértiles durante la estación no reproductiva es mediante la aplicación de programas hormonales o naturales de inducción de la ciclicidad (Valencia *et al.* 1990; Sandoval, 2005; Delgadillo *et al.* 2003).

##### **4.1 ESTACIONALIDAD, NUTRICIÓN Y FOTOPERIODO.**

La domesticación de animales ha conducido a la pérdida de adaptaciones al ambiente como es la estacionalidad reproductiva, prácticamente no existente en los bovinos y porcinos; sin embargo, se ha mantenido en las especies como la equina, ovina y caprina. Las cabras por

definición son reproductoras poliéstricas estacionales, lo que significa que durante el año presentan un periodo de actividad cíclica alternada con un periodo de inactividad ovulatoria, este último conocido como anestro; también se refiere a la cabra como una especie reproductora en días cortos. En México este fenómeno depende de la región y se relaciona con las variaciones anuales del fotoperiodo; sin embargo, en algunas regiones donde las variaciones fotoperiódicas son mínimas, se ha considerado a la alimentación como un factor que interacciona con el fotoperiodo para la presentación de la actividad reproductiva. Así, se ha observado que una restricción temporal en el consumo de alimento provoca un aumento en la duración del periodo anovulatorio (Estrada, 2007). Por otro lado, en un estudio realizado en México con cabras en estabulación a las cuales se les midieron las concentraciones séricas de progesterona durante todo el año, se encontró que las cabras mantenidas con una buena condición corporal a lo largo del año, presentan actividad reproductiva estacional (Valencia *et al.* 1990). En condiciones de pastoreo, en regiones con baja disponibilidad de forrajes (regiones áridas y semiáridas), se sugiere que la alimentación, puede ser un factor modulador de la actividad sexual de los caprinos (Delgadillo *et al.* 2003), ya que es bastante difícil hacer una separación total de los efectos de estos dos factores sobre la actividad reproductiva estacional.

Por lo general, en la cabra se presenta la época reproductiva al final del verano y principio del otoño, que es cuando las horas luz comienzan a decrecer, es entonces cuando las cabras presentan ciclos estrales sucesivos durante los días de menor duración de horas luz y estos ciclos se suspenden en la época del año cuando los días tienen mayor número de horas luz. El tiempo comprendido entre estas dos temporadas es conocido como periodo de transición. No

obstante, se observa una mayor incidencia de concepciones entre mayo y octubre y se puede observar su nivel más alto en agosto y septiembre, siendo prácticamente nula en el resto del año (Valencia *et al.* 1986). En el norte de México (entre 31° 50' y 32° 24' N), se ha observado el comportamiento reproductivo a lo largo del año utilizando machos cabríos vasectomizados, encontrándose que más de 80% de las hembras tenían actividad reproductiva de agosto a enero, posteriormente el número de cabras ciclando se redujo durante los meses de transición correspondientes a febrero y marzo, para después permanecer en anestro de abril a julio (Correa *et al.* 1992).

Se ha demostrado en las cabras que el efecto estacional es regulado mediante la secreción de melatonina. Esta hormona es secretada durante las horas de oscuridad. En los pequeños rumiantes los niveles plasmáticos de esta hormona durante las horas de luz son menores a 5pg/ml, mientras que en las horas de oscuridad pueden variar de 100 a 500pg/ml en ovinos, y entre 50 a 150pg/ml en caprinos (Delgadillo y Chemineau, 1992).

La información de la cantidad de horas luz es captada por la retina, posteriormente enviada por el nervio óptico al núcleo supraquiasmático del hipotálamo, esta vía se conoce como vía retino-hipotalámica; posteriormente, el estímulo pasa al ganglio cervical superior y por último a la glándula pineal. Se han encontrado fotoreceptores retinales en ovejas y se ha demostrado que la eliminación de esta vía impide la secreción de LH lo que las hace insensibles a la acción del fotoperiodo (Legan y Karsch, 1983). Esto demuestra que los animales necesitan este sentido para recibir y transmitir el estímulo de la luz al sistema nervioso central.

El fotoperiodo tiene efecto a través de los cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario en la retroalimentación negativa del estradiol sobre la secreción de LH. La exposición del animal a días largos provoca un aumento en la sensibilidad hipotalámica a la retroalimentación negativa de los estrógenos, lo cual ocasiona que baje la frecuencia de la secreción de GnRH y, en consecuencia, de LH. Esta forma de secreción de LH no favorece el desarrollo y maduración de los folículos ováricos. Por el contrario, durante los días cortos, es decir, cuando aumentan la secreción de melatonina, se reduce la sensibilidad al efecto inhibitorio del estradiol sobre la secreción de GnRH dando como consecuencia un aumento en la frecuencia de secreción de LH. El incremento en la frecuencia de secreción de LH promueve la maduración folicular, el pico preovulatorio de LH y, finalmente la ovulación. La eliminación de los esteroides gonadales mediante la castración tanto en hembras y como en machos provoca un aumento en la secreción de LH misma que en las hembras se puede reducir con la aplicación de estradiol (Martin *et al.* 1983; Schanbacher, 1980).

Algunos autores han determinado que los principales factores que determinan la eficiencia reproductiva y la producción de leche del rebaño caprino son: la actividad reproductiva estacional, la época del parto, el inicio de la pubertad, el intervalo entre partos y el número de crías nacidas (Sandoval, 2005). Para satisfacer estos requerimientos productivos se han buscado métodos como el uso de hormonas exógenas para el control y presentación de estros, el efecto macho y el manejo del fotoperiodo.

## **4.2 PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CABRAS LECHERAS**

Para determinar la eficiencia reproductiva de un rebaño caprino es necesario establecer parámetros que permitan evaluar el desempeño de los animales para la toma de decisiones en la empresa agropecuaria.

### **4.2.1 Porcentaje de presentación de estro**

Se refiere a la proporción de cabras del grupo que presentan inmovilidad durante el comportamiento de cortejo y permiten la monta por parte del macho.

### **4.2.2 Porcentaje de concepción**

Se define como la proporción de hembras gestantes del total de hembras que manifestaron estro y recibieron monta o se inseminaron.

### **4.2.3 Fertilidad (Tasa de preñez)**

Se define como la proporción de hembras paridas del total de animales tratados con el protocolo de inducción o de sincronización del estro.

### **4.2.4 Prolificidad**

Se define como el número de crías nacidas del total de hembras paridas. Es determinada principalmente por la tasa de ovulación, la tasa de fertilización y la sobrevivencia embrionaria.

## **4.3 MÉTODOS HORMONALES UTILIZADOS PARA INDUCCIÓN DE LA CICLICIDAD**

En animales estacionales, como algunas razas de la cabras, se pueden establecer dos métodos para controlar el ciclo estral. En el primer caso, cuando los animales se encuentran en el periodo natural de actividad sexual y manifiestan comportamiento estral, se buscará agrupar la presentación del estro y optimizar el manejo del hato reproductor, esto se denomina

*sincronización del estro*. En el segundo caso, durante el periodo de inactividad ovárica y por consecuencia de suspensión en la conducta sexual, el tratamiento empleado deberá buscar la reactivación de la actividad ovárica, a lo que se denomina *inducción de la ciclicidad o del estro*.

Se han estudiado numerosos protocolos de inducción con resultados variables en la fertilidad (Rubianes y Menchaca, 2003). Un porcentaje de los animales sometidos a tratamientos de inducción en época no reproductiva manifiesta comportamiento estral, sin embargo, su fertilidad es más baja que la obtenida después de un estro natural (Robinson *et al.* 1970), lo cual puede estar asociado a un aumento en la muerte embrionaria temprana (Nancarrow, 1994) o a una posible asincronía entre el estro y la ovulación ocasionada por los tratamientos con hormonas exógenas (Scaramuzzi *et al.* 1988).

Los tratamientos “tradicionales” se basan en la aplicación de progestágenos por periodos de tiempo que van desde los 6 hasta los 21 días. La función de estas hormonas exógenas es semejar una fase lútea normal, para favorecer el desarrollo de folículos con capacidad de madurar y ovular. Dentro de los métodos más conocidos y populares se encuentra el uso de esponjas intravaginales que contienen acetato de fluorogestona (FGA). Las presentaciones comerciales contienen entre 30-45mg del progestágeno y se pueden usar en protocolos que varían por lo general entre 9 y 14 días. Con resultados similares, se ha generalizado el uso de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR<sup>®</sup>) que contiene 300mg de progesterona natural en un material de silicón inerte que permite su liberación continua hasta el momento de su retiro. Tiene la ventaja sobre las esponjas en que el material del dispositivo no produce reacción alguna en la vagina y con ello se reducen los riesgos de adherencias y

vaginitis; también su aplicación y retiro es más rápida y menos traumática, además se tiene la posibilidad de usar el mismo dispositivo en ocasiones posteriores, lo cual reduce los costos cuando se emplean éstos métodos en forma rutinaria. En ovejas en anestro estacional, se ha observado que tratamientos cortos de 6 días con el CIDR en combinación con la inyección eCG al retirar el dispositivo, es suficiente para inducir y sincronizar estros hasta en 90% de las hembras, seguido de buena fertilidad (Ungerfeld y Rubianes, 1999; Rubianes y Menchaca, 2003). En las cabras se ha probado que con los tratamientos cortos basados en progestágenos y gonadotropina coriónica humana (hCG) se pueden obtener excelentes resultados en respuesta estral (100%) con una tasa de preñez superior al 90% (Farfán *et al.* 2009). Por el contrario, se ha observado que con protocolos largos (12-16 días) se obtiene una menor tasa de preñez (Viñoles *et al.* 2001). Por otra parte, en otras condiciones estos mismos tratamientos no han reportado fertilidades tan altas como en los trabajos referidos anteriormente (Holtz *et al.* 2008; Titi *et al.* 2010).

#### **4.3.1 La Somatotropina Bovina (bST)**

La somatotropina bovina (bST) es una hormona proteínica compuesta de una sola cadena de 191 aminoácidos, tiene dos puentes disulfuro intracatenarios que le dan estabilidad a la molécula y es producida en la adenohipófisis, su peso molecular es de 22KDa (Grodsky, 1979). Es sintetizada, almacenada en gránulos secretorios y liberada de manera pulsátil por los somatotropos que componen entre 50 y 60% de la adenohipófisis. Es una hormona específica de especie, aunque se han comprobado efectos en especies distintas a la de su origen. Se han detectado sus receptores en gónadas, útero, placenta, glándula mamaria, leucocitos y otros tejidos reproductivos y no reproductivos (Peña, 2006). La secreción de la somatotropina es

regulada por un sistema sumamente complejo de control neuroendocrino que no ha sido dilucidado en su totalidad, sus reguladores son péptidos hipotalámicos: la hormona liberadora de somatotropina (GHRH) y la Somatostatina (SS) (Villa-Godoy, 2010).

Actúa en la regulación del metabolismo de proteínas ya que la somatotropina incrementa el anabolismo proteínico aumentando el ingreso de aminoácidos a las células (Etherton y Bauman, 1998) y acelerando la tasa de síntesis proteínica; asimismo, participa en el metabolismo de los lípidos ocasionando una pérdida de las reservas adiposas, ya que se estimula el rompimiento de los triglicéridos que se encuentran depositados en los adipocitos, con lo que se liberan ácidos grasos libres hacia la sangre. De igual manera, la somatotropina participa en el metabolismo de carbohidratos al tener acciones que aumentan la cantidad de glucosa que sale del hígado y se incorpora a la sangre, como la gluconeogénesis y la glucogenólisis, lo que permite una mayor afluencia de glucosa hacia los tejidos nervioso, sanguíneo, gónadas, embrionario-fetales y glándula mamaria (Villa-Godoy, 2010).

La bST recombinante fue desarrollada para incrementar la producción de las vacas lecheras en sistemas intensivos (Bauman 1992; Tarazón 2009). Esta hormona incrementa la producción láctea de manera inocua para las vacas y para el humano consumidor (Daughaday y Barbano, 1990). Dependiendo de la especie y de la dieta que se suministre, la bST puede modificar las concentraciones circulantes de las lipoproteínas de alta y baja densidad (HDL y LDL, respectivamente) (Van del Walt, 1994), lo que tiene importancia ya que en los rumiantes estas proteínas son la principal fuente plasmática de colesterol y éste a su vez, es indispensable para la síntesis de hormonas esteroides.

#### **4.3.2 El Factor de Crecimiento Parecido a la Insulina tipo 1 (IGF-I)**

La administración de bST estimula la síntesis y secreción del IGF-I, se ha demostrado un claro incremento en las concentraciones sanguíneas posterior a su aplicación (Gong *et al.* 1996; Martínez *et al.* 2011). Los IGF son péptidos que participan en acciones mitogénicas y metabólicas de la misma bST. El IGF-I se forma de 70 aminoácidos, contiene 2 cadenas conectadas con puentes disulfuro (A y B) y un péptido C que difiere entre el IGF-I y el II. A lo largo del eje somatotrópico se observa que el hipotálamo estimula o inhibe la liberación de somatotropina, esta a su vez, actúa directamente en el hígado y en otros tejidos, donde induce la síntesis y liberación de los IGF-I y II, los cuales retroalimentan negativamente al eje somatotrópico mediante dos mecanismos: inhiben la liberación de GHRH, lo que provoca una reducción en la secreción de somatotropina, y estimulan la secreción de Somatostatina con lo que se reduce la tasa de liberación de somatotropina (Villa-Godoy, 2010).

Los IGF se unen a proteínas específicas (IGFBP) para el transporte y estas proteínas a su vez modulan el efecto fisiológico de los IGF-I. Sólo el IGF-I libre tiene actividad biológica, de tal manera que mientras haya mayor concentración de las proteínas ligadoras, menor es su actividad. La regulación de la concentración de las proteínas ligadoras está determinada por otras proteínas conocidas como proteasas de las IGFBP. Los folículos en crecimiento o dominantes tienen mayores concentraciones de IGF-I libre, alta concentración de proteasas de las IGFBP y baja concentración de IGFBP (Fortune *et al.* 2004, Martins *et al.* 2010).

Los genes para IGF-I son expresados por el endometrio uterino en diversas especies entre ellas los rumiantes, también en las secreciones uterinas es posible encontrar esta hormona en

el periodo de peri-implantación (Simmen *et al.* 1993). Se ha establecido que la síntesis y secreción uterina de este factor es regulada por el avance en la gestación y las concentraciones hormonales de estrógenos y progesterona.

El incremento sérico de IGF-I ocasionado por el tratamiento con bST aumenta la proporción de folículos medianos e incrementa la respuesta a los tratamientos superovulatorios (Gong *et al.* 1996a). En estudios *in vitro* se obtuvo que el IGF-I favorece la diferenciación de las células de la granulosa ya que potencializa la actividad de la FSH, lo cual provoca un aumento de la secreción de estradiol (Gong y Webb, 1996), además de que se ha comprobado que inhibe la apoptosis en las células de folículo (Yu *et al.* 2003). Asimismo, hay receptores para IGF-I en el cuerpo lúteo, embrión, oviducto, endometrio, miometrio y placenta (Gong *et al.* 1994).

La prolificidad en los pequeños rumiantes está determinada por el número de folículos que ovulan, por la tasa de fertilización y por la sobrevivencia embrionaria. La tasa de ovulación puede incrementarse por un aumento del número de folículos dependientes de gonadotropinas (Scaramuzzi *et al.* 1993). Por ejemplo, en ovejas, la sobrealimentación energética (flushing) ha incrementado la tasa de ovulación mediante el aumento de la oferta de folículos sensibles a la FSH (Scaramuzzi *et al.* 2006). En las ovejas tratadas con bST, no obstante que la bST favorece el desarrollo folicular, no se ha observado un incremento de la tasa de ovulación (Davis *et al.* 1990; Joyce *et al.* 1998; Scaramuzzi *et al.* 1993). Folch *et al.* (2001) observaron un aumento de la proporción de embriones transferibles en ovejas tratadas con somatotropina porcina. Posteriormente, Carrillo *et al.* (2007), encontraron que el

tratamiento con bST cinco días antes de retirar la esponja con FGA incrementa la prolificidad en ovejas.

El incremento de la prolificidad puede deberse a los efectos de la bST sobre el desarrollo embrionario y no sobre la tasa de ovulación, ya que en diversos estudios (Davis *et al.* 1990; Joyce *et al.* 1998; Scaramuzzi *et al.* 1993) la somatotropina no ha aumentado la tasa de ovulación en la oveja. Montero *et al.* (2011) encontraron que el porcentaje de óvulos fertilizados y la proporción de embriones que alcanzó la etapa de blastocisto fue mayor en las ovejas tratadas con bST cinco días antes de retirar la esponja de FGA en comparación con las testigo, lo cual coincidió con un incremento de las concentraciones séricas de IGF-I e insulina. Resultados similares han sido obtenidos, también, por Mejía *et al.* (2012) en ovejas tratadas con bST el día de la monta.

#### **4.3.3 La Gonadotropina Coriónica Equina (eCG)**

Dentro de las estrategias utilizadas para la inducción de la ciclicidad con progestágenos se encuentra la administración de la eCG al retirar el progestágeno. Esta hormona es una glicoproteína sintetizada y secretada por las células trofoblásticas entre los días 40 a 130 de la gestación en la yegua. Se compone de las unidades  $\alpha$  y  $\beta$  que son necesarias para su actividad biológica completa. Una característica única de esta hormona es que muestra actividad de LH y FSH al ser utilizada en especies distintas a la yegua, aunque en rumiantes su principal actividad es similar a la FSH. Es la hormona glicoproteínica más altamente glicosilada con un 41% de carbohidratos, con una parte terminal de ácido siálico, lo cual le ayuda a prolongar su vida media en plasma (Roy *et al.* 1999); en ovejas se ha encontrado que su vida media es de

más de 60 h (McIntosh *et al.* 1975). Por estas características -actividad dual, su larga vida media y su disponibilidad- es una hormona exógena muy usada dentro de los tratamientos para la estimulación del desarrollo folicular. La dosis de esta gonadotropina varía de acuerdo con la estación, con el número de partos de los animales y con su nivel de producción (Fatet *et al.* 2010).

Se ha encontrado que la proporción de hembras que reinician la actividad sexual es mayor cuando se aplica esta gonadotropina (Umberger *et al.* 1994). En algunos estudios sobre el uso de eCG, se ha encontrado que puede inducir la ovulación en cabras anéstricas después de una dosis total de 950UI dividida en seis dosis decrecientes, sin necesidad de un tratamiento con progestágenos (Karaca *et al.* 2009); sin embargo, hay que considerar que aplicaciones repetidas de eCG en algunos animales puede causar la producción de anticuerpos que podrían disminuir sus efectos en aplicaciones subsiguientes (Baril *et al.* 1996; Leboeuf *et al.* 1998). Roy *et al.* (1999) demostraron la presencia de anticuerpos anti-eCG en el plasma de cabras tratadas con esta hormona en tratamientos repetidos; además, se ha comprobado que estos anticuerpos tienen una influencia negativa en el porcentaje de hembras que ovulan y en la tasa de preñez (Drion *et al.* 2001). Hay información, también, de que la eCG, debido a su larga vida media, provoca una alteración hormonal en la fertilización y durante el desarrollo temprano del embrión (Peña, 2006). Pintado *et al.* (1998) combinaron la utilización de eCG y suero con anticuerpos anti-eCG al inicio del estro durante la estación no reproductiva, encontrando que el número de los embriones viables colectados en las cabras que recibieron el suero fue significativamente mayor que en las testigo. En otros estudios no se encontraron ventajas en la tasa de preñez incluyéndolo en tratamientos largos y además encontraron

efectos perjudiciales al aplicarlo dentro de un protocolo corto con esponjas (Viñoles *et al.* 2001).

#### **4.4 EFECTOS DE BIOESTIMULACIÓN**

La expresión de ciclos reproductivos en un grupo de cabras en anestro se puede ver acelerada si se pone en contacto con animales que manifiesten actividad sexual. Se conocen con el término de bioestimulación sexual a los fenómenos que comprenden el efecto de la presencia del macho sobre la actividad sexual de las hembras en anestro, conocido como *efecto macho*, y a la estimulación que se obtiene debido a la presencia de hembras activas sexualmente, sobre otras hembras, como *efecto hembra* (Álvarez y Zarco, 2001).

##### **4.4.1 Efecto Macho**

En las cabras se ha comprobado que la introducción de un macho sexualmente activo en un grupo de hembras en anestro, de las que estuvo separado por lo menos durante tres semanas, puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto. (Delgadillo *et al.* 2003). La primera descripción del efecto inductor de la ovulación gracias a la presencia del macho en cabras la publicó Shelton *et al.* en 1960 demostrando, con varios experimentos, que el contacto del macho cabrío tiene un claro efecto en la ovulación de las cabras. En la actualidad existen numerosos trabajos que comprueban la eficacia de esta práctica para la inducción del celo en los pequeños rumiantes (Walkden-Brown *et al.* 1999, Véliz *et al.* 2006, Rivas-Muñoz *et al.* 2007).

Durante el periodo de anestro, la secreción pulsátil de LH tiene una frecuencia baja que es controlada por pulsos de secreción de GnRH del hipotálamo que a su vez se controla por la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol. La presencia del macho causa una despolarización en las neuronas productoras de Kisspeptina en el núcleo arcuato, este efecto estimula la activación del generador de pulsos de GnRH provocando un incremento en el número y amplitud de los pulsos de LH, lo cual induce la maduración folicular y la generación de un pico preovulatorio que termina en la ovulación (Okamura *et al.* 2010; Chemineau 1987; Poindron *et al.* 1980).

Se ha investigado este fenómeno para dilucidar sobre cuál es el estímulo que provoca los efectos observados. En un estudio con cabras a las que se les eliminó el sentido del olfato se encontró que no se afecta la presentación de estros, los niveles de LH producida, ni la máxima concentración alcanzada de esta hormona; sin embargo, la supresión de este sentido redujo el porcentaje de hembras que mostraron estro y ovularon antes del día 9. Lo anterior indica que la anosmia reduce, pero no suprime completamente la respuesta de cabras anéstricas al efecto macho, ya que estas detectarían al macho usando otros sentidos (Chemineau *et al.* 1986). Álvarez y Zarco (2001) mencionan que es posible que el proceso de aprendizaje se encuentre involucrado en la respuesta no mediada por feromonas por lo que las hembras son capaces de distinguir a los machos activos de los inactivos mediante su experiencia. Por su parte, Vielma *et al.* (2009) demostraron que la manifestación de la conducta sexual del macho contribuye a mantener en niveles altos los pulsos de LH por encima de las 24 horas después de la introducción del macho en un grupo de cabras anéstricas.

Por lo anterior, se puede observar que la respuesta es determinada por una gran cantidad de factores, incluso se ha encontrado que a mayor cantidad de interacciones que tenga una hembra con algún semental puede aumentar la tasa de ovulación, esto puede lograrse con un mayor número de machos (Chemineau, 1987), ya que esto aporta mayor cantidad de feromonas y comportamiento sexual que percibe la hembra. La profundidad del anestro también es un factor de importancia para alcanzar una alta eficiencia de este fenómeno; así, la primera ovulación es más tardía en animales en anestro profundo que la observada en las hembras en anestro superficial, además que en las primeras se manifestará menor comportamiento estral y una mayor cantidad de ciclos cortos (Álvarez y Zarco, 2001).

#### **4.4.2 Efecto Hembra**

En ausencia del macho, las hembras pueden inducir y sincronizar su actividad sexual usando información proveniente de sus compañeras de rebaño. Para que una hembra pueda ejercer este efecto inductor de celo en otra es necesario que se encuentre bajo la influencia de estrógenos. Se han llevado a cabo estudios que demuestran claramente este efecto. Restall *et al.* (1995) observaron que las cabras ovariectomizadas no son capaces de inducir efecto alguno sobre sus compañeras en anestro. En contraste, hembras ovariectomizadas pero tratadas con estradiol sí pueden inducir la ovulación en su grupo de compañeras. El efecto se obtiene, al igual que en el efecto macho, al inducir el incremento de la frecuencia de secreción de LH. Algunas diferencias del efecto hembra con el efecto macho es que no se han obtenido buenos resultados con hembras en anestro profundo (Hernández-Aldana *et al.* 1999), y una muy importante es que las hembras bioestimuladas no continúan ciclando y regresan al anestro, debido, probablemente, a que el estímulo tiene una duración e intensidad menores,

ya que se limita al tiempo promedio del ciclo estral en la especie (Álvarez y Zarco 2001). Las hembras en estro pueden tener un efecto hembra “indirecto” al ser puestas en contacto con hembras anéstricas y un macho sexualmente activo, además los machos estimulados sexualmente por medio de hembras en celo en comparación con otros no estimulados, muestran un mayor desempeño en el comportamiento de cortejo y un mayor interés en las hembras (Rosa *et al.* 2001). Por lo que se puede mencionar que para estos animales el efecto hembra es un medio de reforzamiento de la bioestimulación sexual que ejercen los machos, ya que en situaciones naturales es evolutivamente más conveniente que las gestaciones y partos se presenten de manera agrupada logrando un incremento en las posibilidades de sobrevivencia de las crías.

La primera ovulación inducida por la bioestimulación no va acompañada por la presentación de conducta estral y el cuerpo lúteo que se forma es de vida corta. Es hasta la segunda ovulación cuando la cabra muestra estro y el cuerpo lúteo es de vida normal. Este fenómeno es ocasionado por falta de progesterona previa a la primera ovulación; el tratamiento con progestágenos antes de la introducción del macho favorece la presentación del estro y la formación de cuerpos lúteos de vida normal (Chemineau *et al.* 1987; Delgadillo *et al.* 2003; Degadillo *et al.* 2009).

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización**

Este trabajo se realizó durante los meses de febrero a mayo del año 2011, que corresponden a la época de anestro o de baja actividad sexual de esta especie en México (Arvizu *et al.* 1995), en 15 granjas localizadas en Guanajuato, México. El clima es templado a seco, con lluvias en verano, su ubicación se encuentra entre los 20° 28' y 20° 32' latitud norte y 100° 19' y 100° 53' longitud oeste.

### **5.2 Animales**

Se utilizaron 503 cabras de diferente número de partos [primaras (n=282) y multíparas (n=221)] de las razas Saanen, Alpino Francés, Toggenburg, La Mancha, Nubia y sus cruces (Ver anexo 1).

Se mantuvieron en estabulación durante el estudio; la alimentación consistió en general en una dieta basada en heno de alfalfa, concentrado, ensilado de maíz y agua *ad libitum* (Ver anexo 2). Las primaras tuvieron más de 7 meses de edad y condición corporal promedio de 3 (en una escala del 1 a 5). Las cabras multíparas tuvieron en promedio 3 partos, más de 180 días posparto y condición corporal promedio de 3. Para la evaluación de la condición corporal se consideró lo señalado por Domínguez, 2008.

### **5.3 Tratamientos**

A todas las cabras del estudio se les insertó un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR® Pfizer) el cual permaneció *in situ* durante 9 días (días 0 al 9), en el día 7

se aplicó una dosis de 10mg de Prostaglandina F<sub>2α</sub> intramuscular (Dinoprost trometamina, Lutalyse® Pfizer). Cinco días antes del retiro del dispositivo (día 4), las cabras fueron asignadas al azar a cuatro tratamientos: Grupo bST (n=130), se les aplicó una dosis de 125mg de bST subcutánea (Boostin® Schering-Plough); Grupo bST+eCG (n=123), recibieron 125mg de bST subcutánea y una inyección de 300UI de eCG (Folligon® Intervet) al momento de retirar el dispositivo (día 9); Grupo eCG (n=125), recibió 300UI de eCG al momento del retiro del dispositivo (día 9); Grupo Testigo (n=125), no recibió bST ni eCG.

El día del retiro del dispositivo (día 9), las cabras fueron expuestas a los sementales, los cuales fueron equipados con un arnés marcador. Las cabras en estro recibieron monta natural, no dirigida. Se registró el número de cabras que aceptaron la monta, sin considerar el número de montas recibidas. Los machos permanecieron en los corrales de las cabras al menos 45 días. La fertilidad se calculó como la proporción de cabras paridas del total tratado. La prolificidad se determinó al nacimiento como el número de crías nacidas del total de cabras paridas.

Se utilizaron machos cabríos adultos de fertilidad probada a una proporción promedio de un semental por cada ocho cabras. Una semana previa a su introducción a los corrales de las cabras tratadas, los machos se estimularon sexualmente mediante la exposición con hembras estimuladas con estradiol.

#### **5.4 Muestreo Sanguíneo**

Con el propósito de determinar qué animales estaban ciclando al inicio del experimento, se determinaron las concentraciones de progesterona en dos muestras de sangre obtenidas, la

primera 5 días antes de la colocación del CIDR (día -5) y la segunda el día de la colocación del CIDR (día 0). Las muestras se obtuvieron mediante punción de la vena yugular, para lo cual se utilizaron tubos al vacío con heparina. Las muestras se centrifugaron a 1500 xg durante 15 minutos para la separación del plasma, el cual se conservó a -20°C hasta su análisis. La medición de las concentraciones de progesterona se llevó a cabo posterior a la obtención de los resultados del experimento, para evitar que influyera en la distribución homogénea de las cabras en los tratamientos. Las concentraciones de progesterona se determinaron por radioinmunoanálisis (Coat-A-Count, DPC; USA) con una sensibilidad de 0.1 ng/mL y un coeficiente de variación intraensayo de 2.89% e interensayo de 5.6%. Se consideró a una cabra ciclando cuando tuvieron valores de progesterona >1ng/mL en al menos una muestra (De Castro *et al.* 1999).

## **5.5 Análisis estadístico**

Para las variables presentación de estro y fertilidad se realizó un análisis descriptivo para variables binarias (las que presentan los valores cero y uno), consistente en obtener la proporción y su desviación estándar. En tanto, a la variable respuesta prolificidad, se le obtuvo sus medias y desviaciones estándar (Fisher y Van Belle, 1999).

Las variables dependientes presentación de estro y fertilidad, que tomaron los valores 0 para ausencia y 1 para presencia, se analizaron con un modelo de regresión logística, teniendo como factores o variables proceso a bST, eCG y su efecto de interacción (Fisher y Van Belle, 1999). Con el objeto de depurar el error experimental mediante el concepto de “bloque” o “bloqueo” se incluyeron en el modelo los efectos de granja y raza (Kuehl, 2001).

La variable respuesta prolificidad, que es una variable numérica con escala de razón, se analizó postulando el modelo con estructura factorial de bST y eCG y su efecto de interacción, mediante un análisis de la varianza. Con el objeto de depurar el error experimental se utilizó granja y raza como criterios de bloqueo. Es importante señalar que en este tipo de trabajos, solo existe prueba de hipótesis para bST, eCG y su efecto de interacción. (Kuehl, 2001).

Se integró una base de datos en el programa Excel y el procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico computacional JMP, Versión 5 (SAS, 2007).

## 6. RESULTADOS

En cuanto a la variable de presentación de estro, se encontró que la proporción de cabras que mostraron estro después del tratamiento fue similar entre los grupos (cuadro 1), no se encontró interacción entre las variables de respuesta (cuadro 2,  $P=0.98$ ). Se observó que la granja tiene un efecto significativo sobre los resultados ( $P=0.0001$ ).

Cuadro 1. Proporción, desviación estándar e intervalos de confianza de la presentación de estro en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

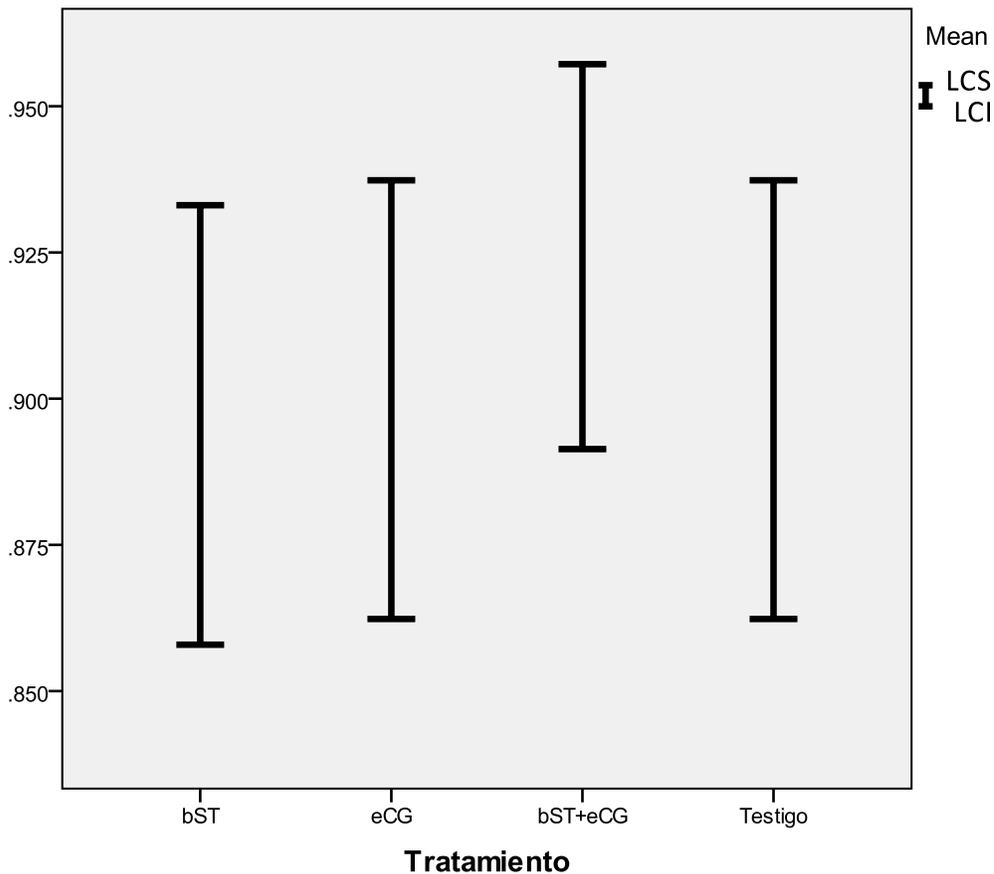
Tratamiento	n	Presentación de estro (proporción)	Desviación estándar	Intervalos de confianza	
				Inferior	Superior
bST	118/130	0.91	0.027	0.86	0.93
eCG	114/125	0.91	0.027	0.86	0.94
bST+eCG	115/123	0.93	0.023	0.89	0.96
Testigo	114/125	0.91	0.027	0.86	0.94

Cuadro 2. Regresión logística para la variable de presentación de estro en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

	gl	Chi cuadrada	Prob>Chi <sup>2</sup>
bST	1	0.053	0.818
eCG	1	0.485	0.486
bST*eCG	1	0.001	0.979
Granja	14	43.982	0.000
Raza	4	4.630	0.327

Se realizó una gráfica de intervalos de confianza para la descripción de los resultados (figura 1).

**Figura 1. Intervalos de confianza para la variable de presentación de estro en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional.**



Para la variable fertilidad se encontró una mayor proporción de cabras paridas con el tratamiento bST (cuadro 3) y una diferencia significativa entre los grupos al encontrarse una interacción entre las variables bST y eCG con  $P=0.07$  y se observó que la granja tiene un efecto significativo sobre la variable de respuesta ( $P=0.004$ ), (cuadro 4).

Cuadro 3. Proporción, desviación estándar e intervalos de confianza de la fertilidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

Grupo	n	Proporción de Fertilidad	Desviación estándar	Intervalos de confianza	
				Inferior	Superior
bST	67/130	0.52	0.046	0.43	0.56
eCG	61/125	0.49	0.047	0.40	0.53
bST+eCG	59/123	0.48	0.047	0.39	0.52
Testigo	47/125	0.38	0.045	0.29	0.42

Cuadro 4. Regresión logística para la variable fertilidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

	gl	Chi cuadrada	Prob>Chi <sup>2</sup>
bST	1	3.107	0.078
eCG	1	0.940	0.332
bST*eCG	1	3.083	0.079
Granja	14	32.012	0.004
Raza	4	0.922	0.921

También se compararon los tratamientos en los que se usó bST encontrándose una proporción más alta de fertilidad en los tratamientos en los que fue usada la bST (cuadro 5).

Cuadro 5. Proporción, desviación estándar e intervalos de confianza de la fertilidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos y bST durante los meses de anestro estacional

Grupo	n	Proporción de Fertilidad	Desviación estándar	Intervalos de confianza	
				LCI	LCS
Sin bST	108/250	0.43	0.046	0.35	0.48
Con bST	126/253	0.50	0.046	0.41	0.54

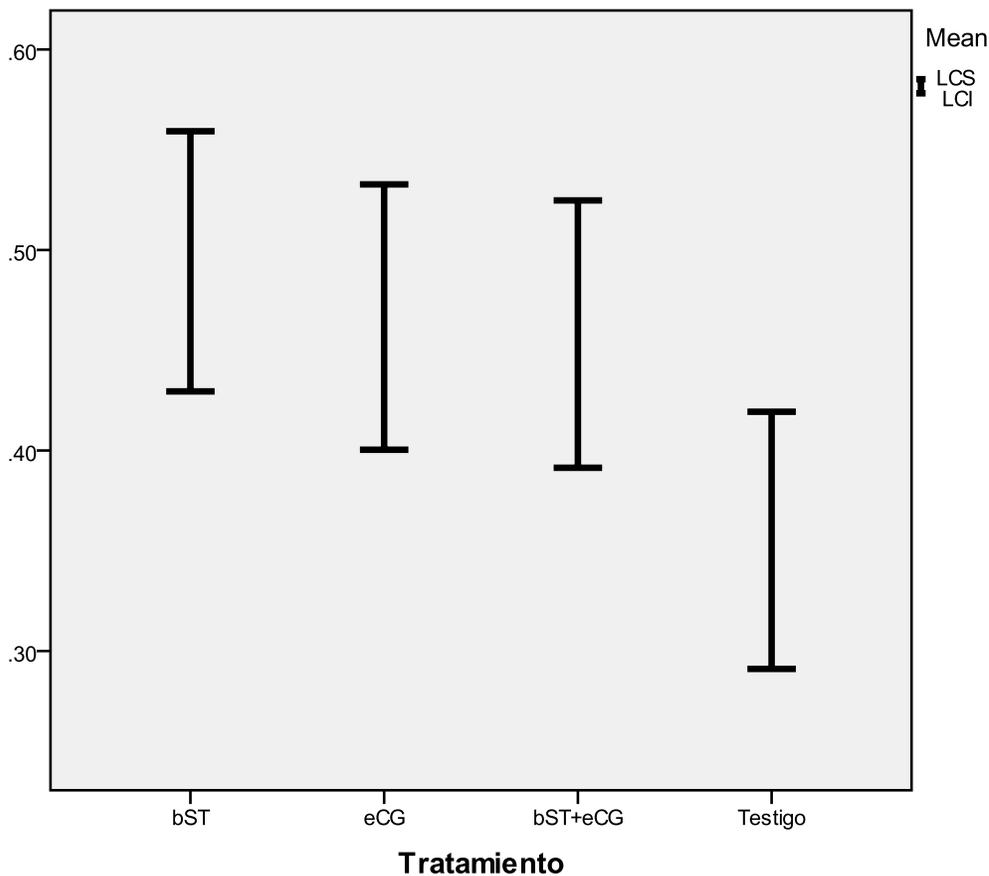
De igual manera se compararon los tratamientos en los que se usó eCG, en este caso no se encontraron diferencias en las proporciones de la fertilidad (cuadro 6).

Cuadro 6. Proporción, desviación estándar e intervalos de confianza de la presentación de estro en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos y eCG durante los meses de anestro estacional

Grupo	n	Proporción de Fertilidad	Desviación estándar	Intervalos de confianza	
				LCI	LCS
Sin eCG	114/255	0.45	0.046	0.36	0.49
Con eCG	120/248	0.48	0.046	0.40	0.53

Se realizó una gráfica para la descripción resultados para la fertilidad (figura 2).

Figura 2. Intervalos de confianza para la variable Fertilidad en cabras en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional



En cuanto a la variable de prolificidad se observaron proporciones distintas entre los tratamientos (cuadro 7) pero no se encontraron diferencias significativas ( $P=0.73$ ) en el análisis de varianza (cuadro 8). No se observaron interacciones entre las variables independientes; sin embargo, se observó que la granja y la raza tienen un efecto significativo en los resultados ( $P=0.016$  y  $P= 0.053$ , respectivamente).

Cuadro 7. Media, desviación estándar e intervalos de confianza de la prolificidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

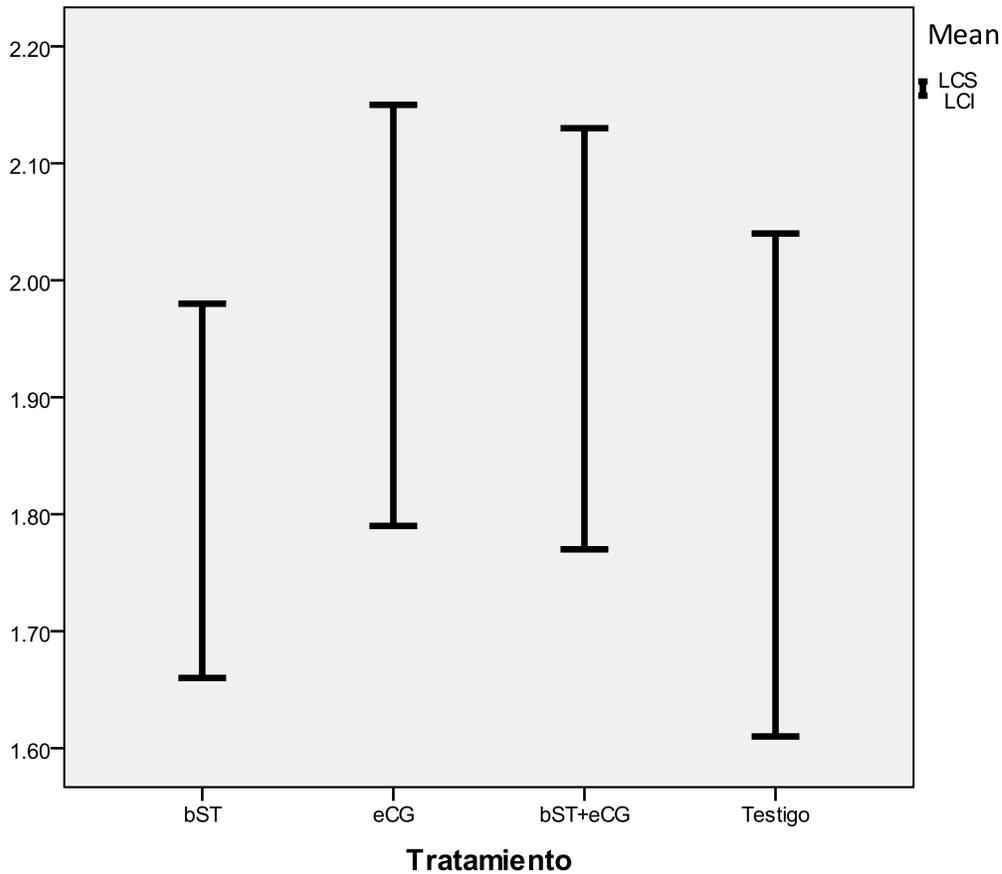
Grupo	n	Prolificidad	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				LCI	LCS
bST	130	1.82	0.65	1.66	1.98
eCG	125	1.97	0.706	1.79	2.15
bST+eCG	123	1.95	0.68	1.77	2.13
Testigo	125	1.83	0.731	1.61	2.04

Cuadro 8. Análisis de varianza de la prolificidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Granja	11.900	13	.915	2.083	.016
Raza	4.181	4	1.045	2.379	.053
bST	.001	1	.001	.003	.953
eCG	.989	1	.989	2.250	.135
bST* eCG	.052	1	.052	.119	.730
Error	93.159	212	.439		
Total	110.329	233			

Se realizó una gráfica para la descripción de los resultados de prolificidad (figura 3).

**Figura 3. Intervalos de confianza para la variable prolificidad en cabras en un protocolo de inducción a la ciclicidad con progestágenos durante los meses de anestro estacional**



Cincuenta y uno por ciento (n=239) de las cabras estaban ciclando al inicio del experimento (Ver anexo 3). No se encontraron diferencias significativas en las cabras ciclando para las variables estudiadas.

## **7. DISCUSIÓN**

La aplicación de bST en un programa con progestágenos en cabras en la estación no reproductiva incrementó la fertilidad en las cabras. Este incremento fue independiente del porcentaje de cabras que mostraron estro, ya que la respuesta estral no fue afectada por el tratamiento. La fertilidad se incrementó posiblemente debido a los efectos de la bST y del

IGF-I en la tasa de fertilización y en el desarrollo embrionario temprano. En estudios *in vivo*, tanto en la vaca como en la oveja, la administración de bST aumenta la proporción de ovocitos fertilizados y el porcentaje de embriones que llega a la etapa de blastocisto (Moreira *et al.* 2002, Montero-Pardo *et al.* 2011). Aunque en algunos estudios hechos en vacas, se propone que la bST puede favorecer la sobrevivencia embrionaria estimulando la función del cuerpo lúteo (Morales Roura *et al.* 2001), en la oveja el mejoramiento del desarrollo embrionario es independiente a las concentraciones de progesterona, ya que las ovejas tratadas con bST y las testigo han mostrado valores similares en las concentraciones séricas de esta hormona (Carrillo *et al.* 2007; Montero *et al.* 2011).

Igualmente, en algunos estudios hechos en vacas se ha encontrado que la bST disminuye las pérdidas de gestaciones después de su diagnóstico con ecografía en el día 30 después del servicio; aunque en el presente trabajo no se determinaron las pérdidas de gestaciones, en estudios en cabras inducidas a ovular con efecto macho, se ha estimado hasta 30% de muertes fetales entre el diagnóstico de la gestación (~52 días) y el parto (Bedos *et al.* 2010). Por lo tanto, se puede especular que el efecto de la bST en el desarrollo embrionario temprano puede influir posteriormente en una mayor retención de las gestaciones, lo cual es congruente con lo observado por Santos *et al.* (2004) en vacas en donde la bST disminuye las pérdidas de gestaciones después del diagnóstico de gestación.

Los resultados del presente trabajo son consistentes con lo observado en un estudio similar durante la época no reproductiva, en el cual la inyección de bST incrementó la tasa de preñez; sin embargo, en el estudio referido el incremento de la tasa de preñez fue dependiente de

una mayor proporción de cabras que presentaron estro (Martínez *et al.* 2010). En el presente estudio, el incremento de la fertilidad probablemente obedece a un incremento del porcentaje de concepción, pero no al aumento del porcentaje de cabras que mostraron estro. Desafortunadamente las condiciones del estudio no permitieron hacer un diagnóstico temprano de la gestación. No obstante, el hecho de que más hembras hayan parido en los grupos tratados con bST coincide con los efectos favorables ocasionados por bST en la sobrevivencia embrionaria tanto en vacas como en ovejas (Moreira *et al.* 2002; Carrillo *et al.* 2007).

La fertilidad es menor en las hembras que se reproducen en la estación no reproductiva, lo cual está asociado con la vida media del cuerpo lúteo y con características del ambiente uterino (Garverick *et al.* 1992; Hernández *et al.* 1997; Hernández *et al.* 2010, Spencer *et al.* 2004). El mecanismo por el cual la bST mejora la tasa de preñez en las distintas especies domésticas se desconoce, sin embargo se sabe que la bST puede actuar como un factor de sobrevivencia embrionaria en condiciones desfavorables como el estrés calórico. *In vitro*, la adición de IGF-I al medio de cultivo de embriones bovinos evita el efecto negativo del estrés calórico o del etanol (Jousan *et al.* 2007). Además, el tratamiento con bST al momento de la inseminación favorece el porcentaje de concepción sólo en vacas infértiles (vacas con más de tres servicios no exitosos) pero no en vacas de primer servicio. Es posible que al favorecer el desarrollo embrionario, la bST y el IGF-I aumenten la sobrevivencia del embrión en ambientes desfavorables e incrementan su capacidad para enviar la señalización necesaria para permitir el reconocimiento materno de la gestación (Morales-Roura *et al.* 2001; Bell *et al.* 2008, Hernández y Morales 2001).

La respuesta estral fue mayor a 90% en todos los grupos, lo cual coincide con otros estudios de inducción de la ciclicidad en la época no reproductiva (Rubianes *et al.* 1999, Rubianes y Menchaca, 2006), pero también difiere de otras observaciones, en las cuales la respuesta ha sido menor (Farfán *et al.* 2009), esta alta respuesta a la inducción se puede atribuir a que todas las cabras recibieron progesterona en los tratamientos, al efecto macho que se provocó con la introducción de los sementales y al criterio de observación del estro, el cual consistió en la observación directa de la monta y/o la revisión de las marcas dejadas por el arnés del macho, lo cual puede tener un error en la observación dando falsos positivos en un 14% y falsos negativos en 10% de los casos de acuerdo con lo observado por Elmore *et al.* (1986).

Todas las cabras que mostraron conducta estral recibieron monta con sementales pertenecientes a los hatos respectivos, todos ellos de fertilidad probada. Sin embargo, la fertilidad obtenida en todos los tratamientos fue baja si se compara con otros programas realizados en condiciones parecidas (Zarkawi *et al.* 1999, Titi *et al.* 2010, Ungerfeld y Rubianes 2002). Aunque los sementales se estimularon con cabras tratadas con estrógenos, es posible que no hayan alcanzado la fertilidad óptima para obtener altos porcentajes de concepción. Cabe señalar que las características reproductivas de los sementales son afectadas, también, por la estación del año. Así, en la época no reproductiva, el peso corporal aumenta, la frecuencia de eyaculaciones disminuye, el peso testicular se reduce marcadamente como signo de baja producción espermática, así como el número de espermatozoides por eyaculado y la motilidad; asimismo, el porcentaje de espermatozoides muertos y morfológicamente anormales se incrementa significativamente en el anestro (Delgadillo *et al.* 1991; Delgadillo *et al.* 1992, Ahmad y Noakes, 1996). Es posible que estas condiciones en conjunto pudieron

influir de manera significativa en los resultados de fertilidad obtenidos; lamentablemente, debido a la cantidad de sementales participantes no se realizó ninguna evaluación de semen antes ni después del experimento. Es posible, también, que el estro mostrado por las cabras en los tratamientos no haya sido acompañado con ovulación; esto se ha observado en ovejas ovariectomizadas, en las cuales el tratamiento sólo con progestágenos induce conducta estral hasta en 10% de las hembras (Méndez *et al.* 2000) y hay evidencia que las cabras en la fase de transición de la época de anestro a la época reproductiva pueden presentar estros sin ovulación (Fatet *et al.* 2010), lo que podría explicar, en parte, la elevada respuesta estral y la baja fertilidad obtenida en todos los tratamientos aplicados en la presente investigación.

Basados en la evidencia de los efectos de la bST en la reproducción, en el presente trabajo se esperaba mayor prolificidad en los grupos tratados con bST; pero la prolificidad fue similar en las cabras que recibieron bST y las testigo. Estos resultados son similares a los obtenidos por Martínez *et al.* 2011, quienes en un tratamiento equivalente lograron incrementar la tasa de preñez en las cabras tratadas, pero no la prolificidad. Los resultados del presente estudio contrastan con lo obtenido por Carrillo *et al.* (2007), quienes sí consiguieron un incremento en la prolificidad de ovejas tratadas con bST en la estación reproductiva. Son diferentes, también, a los obtenidos por Hernández *et al.* (2001) en cabras primaras; en dicho estudio, en las cabras primaras no se observó un incremento de la tasa de ovulación pero sí un incremento de la prolificidad, lo cual, proponen los autores, puede ser consecuencia de una disminución de las muertes embrionarias. Es posible que la época en que se realizaron los estudios explique la diferencia en los resultados; así, el presente estudio se realizó en la época de anestro

(alrededor de 50% de las cabras no estaban ciclando) mientras que el estudio de Hernández *et al.* (2001) se hizo en la época reproductiva.

Si se parte de que el tratamiento con bST no incrementa la tasa de ovulación, como se observa en el mismo estudio de Hernández *et al.* (2001) y también en ovejas (Scaramuzzi *et al.* 1999,)), entonces su efecto para incrementar la prolificidad en las hembras que tienen un tasa ovulatoria baja -determinada por la estación no reproductiva- sería marginal (Rivera *et al.* 2003, Fatet *et al.* 2011, Mellado *et al.* 2004). Tomando estas ideas en conjunto, la bST favorecería la prolificidad sólo mediante un incremento de la supervivencia embrionaria y no por medio de un aumento de la tasa de ovulación.

La inclusión de la eCG no mejoró la respuesta estral, ni aumentó la prolificidad en cabras. La eCG se ha integrado a los tratamientos sincronizadores, ya que tiene un efecto similar a la FSH, lo cual favorece la respuesta estral y la prolificidad. En los tratamientos inductores de ciclicidad en la estación no reproductiva, la eCG está indicada para administrarse al momento de retirar el progestágeno y mejorar tanto la respuesta estral como la fertilidad; sin embargo, en algunos trabajos tanto en época reproductiva como fuera de ella no ha tenido un efecto favorable en cabras y ovejas (Baril *et al.* 1996, Drion *et al.* 2001, Kermani *et al.* 2011). La respuesta a la aplicación de esta hormona puede depender, también, de la dosis utilizada de eCG; en el presente trabajo se inyectaron 300 UI y se estableció esta dosis de acuerdo con las experiencias en los mismos rebaños, además es la dosis frecuente en estos programas.

Existen técnicas que pueden inducir el estro y la ovulación durante el anestro estacional, como es el efecto macho. Aunque esta respuesta puede variar entre razas y condiciones

(Delgadillo *et al.* 2009), la introducción de un macho que ha estado separado de las hembras por lo menos tres semanas, puede inducir la presentación ciclos ovulatorios en hembras en anestro (Delgadillo *et al.* 2003). En el presente trabajo todas las cabras antes de estudio habían estado separadas de los machos, mismos que se utilizaron para detectar calores después de retirar los tratamientos; por lo tanto, es posible que los machos hayan estimulado a las hembras a ciclar, pero el estímulo fue similar para todos los grupos experimentales. La manifestación del estro fue favorecida, además, por el tratamiento con progesterona que recibieron las cabras de los cuatro grupos. Es común que en los programas de inducción de la ciclicidad basados en el efecto macho, la primera ovulación después de la introducción del macho no vaya acompañada de signos de estro, lo cual se evita si las hembras reciben un tratamiento previo con progesterona (Lassoued *et al.* 1995). Así, en el presente estudio, la combinación del tratamiento con progesterona y el estímulo provocado por el macho favorecieron que una proporción alta de cabras hayan presentado estro.

Los resultados favorables en la fertilidad del tratamiento con bST integrado a los programas de inducción de la ciclicidad en cabras en la estación no reproductiva obtenidos en el presente estudio y corroborados por Martínez *et al.*, (2011), permiten proponer a este protocolo como una herramienta más para incrementar la eficiencia reproductiva en la cabra.

## **8. CONCLUSIÓN**

Se concluye que la administración de bST en un programa de inducción de la ciclicidad basado en progestágenos incrementa la fertilidad en cabras anéstricas.

## 9. LITERATURA CITADA

1. Ali A. 2007. Effect of time of eCG administration on follicular response and reproductive performance of FGA-treated Ossimi ewes. *Small Rumin Res* 72 :33–37.
2. Ahmad N, Noakes DE. 1996. Seasonal variations in the semen quality of young british goats. *Br Vet J* 152:225-236.
3. Alvarez RL, Zarco QL. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Mex* 32: 117-129.
4. Arvizu R, Hernández CJ, Alberti A, Porrás A, Valencia J. Inicio de la actividad ovárica posparto y características de la primera ovulación de cabras criollas paridas en dos épocas del año. *Av Inv Agropec* 1995:9-15.
5. Baril G, Remy B, Leboeuf B, Beckers JF, Saumande J. 1996. Synchronization of estrus in goats: the relationship between time of occurrence of estrus and fertility following artificial insemination. *Theriogenology* 45:1553–1559.
6. Bauman DE. 1992. Bovine somatotropin: Review of an Emerging Animal Technology. *J Dairy Sci* 75:3432-3451.
7. Bedos M, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Keller M, Malpoux B, Poindron P, Delgadillo JA. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm Behav* 58:473–477
8. Carrillo F, Hernández-Cerón J, Orozco V, Hernández JA, Gutiérrez CG. 2007. A single dose of bovine somatotropin 5 days before the end of progestin-based estrous synchronization increases prolificacy in sheep. *Anim Reprod Sci* 102:31-37.

9. De Castro T, Rubianes E, Menchaca A, Rivero A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 52:399-411.
10. Chemineau P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Lives Prod Sci* 17:135-147.
11. Chemineau P, Levy F, Thimonier J. 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrous behaviour induced by males in the anovular creole goat. *Anim Reprod Sci* 10:125-132.
12. Correa CA, Avendaño RL, Avelar LE. 1992. Actividad reproductiva de la cabra nubia en el valle de Mexicali, B.C. *Memorias de la VIII Reunión Nacional de Caprinocultura*; Octubre 14-16, Oaxaca Oax. México. Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C. 231-236.
13. Daughaday WH, Barbano DM. 1990. Bovine somatotropin supplementation of dairy cows. Is the milk safe? *JAMA* 22-29; 264:1003-1005. Erratum en *JAMA* 1991 Mar 20 265:1393.
14. Davis SR, Smith JF, Gluckman PD. 1990. Effects of growth hormone injections on ovulation rate in ewes. *Reprod. Fertil. Develop* 2: 173-178.
15. Delgadillo JA, Chemineau P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodic cycles. *J Reprod Fertil* 94:45-55.
16. Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 36:755-770.

17. Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Rumin Res* 9:47-59.
18. Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte MG, Vielma SJ, Poindron MP, Malpoux B, 2003. Control de la reproducción de los carpinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 34:69-79.
19. Delgadillo JA, Gelez H, Ungerfeld R, Hawken PAR, Martin GB. 2009. The 'male effect' in sheep and goats- Revisiting the dogmas. *Behav Brain Res* 200:304-314.
20. Elmore RG, Aderibigbe AA, Garverick HA. 1986. The use of heat detection aids in estrus synchronization programs. *Theriogenology* 26:239-244.
21. Drion PV, Furtoss V, Baril G, Manfredi E, Bouvier F, Pougard JL, Bernelas D, Caugnon P, McNamara EM, Remy B, Sulon J, Beckers JF, Bodin L, Leboeuf B. 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. *Reprod Nutr Dev* 41:401-412.
22. Estrada CE. 2007. Efecto de las reservas corporales de energía y de la restricción nutricional sobre la expresión de la transición reproductiva estacional en cabras criollas. Tesis de Maestría. UNAM.
23. Etherton TD, Bauman DE. 1998. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Physiol Rev* 78:745-761.
24. Farfan JA, Forero JA, Pardo NA, Tovar FJ, Atuesta JE, Grajales HA. 2009. Efecto del tiempo de tratamiento con progestágenos sobre las características del celo sincronizado y su fertilidad en ovinos y caprinos bajo condiciones del trópico de altura colombiano. *Liv Res Dev* 21.

25. Fatet A, Pellicer-Rubio M, Leboeuf B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Anim Reprod Sci*. 124: 211-219.
26. Fisher LD, Van Belle G. 1993. *Biostatistics. A Methodology for the Health Sciences*. John Wiley and Sons Inc. New York.
27. Fortune JE, Rivera GM, Yang MY. 2004. Follicular development: the role of the follicular microenvironment in selection of the dominant follicle. *Anim Reprod Sci* 82-83:109-126.
28. Folch J, Ramon JP, Cocero MJ, Alabart JL, Beckers JF. 2001. Exogenous growth hormone improves the number of transferable embryos in superovulated ewes. *Theriogenology* 55: 1777-1785.
29. Garverick HA, Zollers WG, Smith MF. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Anim Reprod Sci* 28:111-124.
30. Gong JG, Mc Bride D, Bramley TA, Webb R. 1994. Effects of recombinant bovine somatotrophin, insulin-like growth factor-I and insulin on bovine granulosa cell steroidogenesis in vitro. *J Endocrin* 143:157-164.
31. Gong JG, Webb R. 1996. Control of ovarian follicle development in domestic ruminants: its manipulation to increase ovulation rate and improve reproductive performance. *Anim Breed Abstr* 64:195-204.
32. Gong JG, Campbell BK, Bramley TA, Webb R. 1996a. Treatment with recombinant bovine somatotropin enhances ovarian follicle development and increase the secretion of insulin-like-growth factor-I by ovarian follicles in ewes. *Anim Reprod Sci* 41:13-26.

33. Gong JG, Wilmut I, Bramley TA, Webb R, 1996b. Pretreatment with recombinant bovine somatotrophin enhances the superovulatory response to FSH in heifers. *Theriogenology* 45:611-622.
34. Grodsky MG. 1979. Chemistry and functions of the hormones: II. Pituitary and Hypothalamus. En: Review of physiological chemistry. Ed. By: Harper HA, Rodwell VW, Mayes PA. Lange Medical Publications. Los Altos California 556-568.
35. Hernández-Aldana NA, Angulo RB, Cervantes J, Ortiz A, Zarco L, Valencia J. 1999. Influencia de la Raza y de la profundidad del anestro sobre el efecto hembra-hembra en ovejas. Memorias del X congreso nacional de producción ovina. Veracruz, México. México DF: Asociación Mexicana de Técnicos y Especialistas en Ovinos A.C. 1999:80-84.
36. Hernández CJ, Valencia MJ, Zarco QL. 1997. Regresión prematura del cuerpo lúteo en la oveja. *Agrociencia* 31 (4): 457-463.
37. Hernández COA. 2010. Efecto de la administración de la hormona de crecimiento bovina (bST) siete días antes de la inducción de la ovulación con HCG en la función del cuerpo lúteo de ovejas en anestro. Tesis de Maestría. UNAM.
38. Hernández J, Domínguez, Rodríguez A, Gutiérrez CG. 2001. Efecto de la inyección de 100 MG de BST 5 y 10 días antes del retiro de la esponja de FGA en la tasa ovulatoria y la fertilidad en cabras. XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2001. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México 9.
39. Hernández CJ, Morales RS. 2001. Falla en la concepción de Ganado lechero: evaluación de terapias hormonales. *Vet Méx* 32:279-287.
40. Holtz W, Sohnrey B, Gerland M, Driancourt MA. 2008. Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology* 69:785-792.

41. Jousan FD, de Castro LA, Block J, Hansen PJ. 2007. Fertility of lactating dairy cows administered recombinant bovine somatotropin during heat stress. *J Dairy Sci* 90:341-351.
42. Joyce I, Khalid MM., Haresign W. 1998. Growth hormone priming as an adjunct treatment in superovulatory protocols in the ewe alters follicle development but has no effect on ovulation rate. *Theriogenology* 50: 873-884.
43. Karaca F, Tasal I, Alan M. 2009. Preliminary report on induction of estrus with multiple eCG injections in Colored Mohair goats during the anestrus season. *Anim Reprod Sci* 114:306–310.
44. Kermani-Moakhar H, Kohram H, Zareh-Shahneh A, Saberifar T. 2012. Ovarian response and pregnancy rate following different doses of eCG treatment in Chall ewes. *Small Rumin Res* 102:63-67.
45. Kuehl RO. 2001. *Diseño de Experimentos*. 2ª edición. Internacional Thomson Ed. México,
46. Lassoued N, Khaldi G, Cognié Y, Chemineau P, Thimonier J. 1995. Effect of progesterone on ovulation length and duration of the ovarian cycle induced by the male effect in the Barbarine ewe and the local Tunisian goat. *Reprod Nutr Dev* 35:415-26.
47. Leboeuf B, Manfredi E, Boue P, Piacere A, Brice G, Baril G, Broqua C, Humblot P, Terqui M. 1998. Artificial insemination of dairy goats in France. *Lives Prod Sci* 55:193–203.
48. Legan SJ, Karsch FJ. 1983. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. *Biol reprod* 29:316-325.
49. Martin GB, Scaramuzzi RJ, Henstridge JD. 1983. Effects of oestradiol, progesterone and androstenediona on the pulsatile secretion of luteinizing hormone in ovariectomized ewes during spring and autumn. *J Endocrinol* 96:181-193.

50. Martínez AM, Gutiérrez CG, Domínguez HY, Hernández CJ. 2011. Estrous response and pregnancy rate in seasonal anoestrous goats treated with progestogens and bovine somatotropin. *Rev Mex Cienc Pecu* 2:221-227.
51. Martins FS, Celestino JJH, Saraiva MVA, Chaves RN, Rossetto R, Silva CMG, Lima-Verde IB, Lopes CAP, Campello CC, Figueiredo JR. 2010. Interaction between growth differentiation factor 9, insulin-like growth factor I and growth hormone on the in vitro development and survival of goat preantral follicles. *Braz J Med Biol Res* 43:728-736.
52. McIntosh JE, Moor RM, Allen WR. 1975. Pregnant mare serum gonadotrophin: rate of clearance from the circulation of sheep. *J Reprod Fertil* 44:95–100.
53. Mejía O, Palma-Irizarry M, Rosas J, Madrid –Marina V, Valencia MJ, Zarco L. 2012. Administration of recombinant bovine somatotropin (rbST) at the time of breeding in superovulated fertile and subfertile ewes. *Small Rumin Res* 102:51-56.
54. Mellado M, Valdez R, Lara LM, García JE. 2004. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Rumin Res* 55:191-198.
55. Méndez MM, Hernández CJ, Pacheco RNO, Porras AA. Los tratamientos sincronizadores de estros, utilizando progestágenos en combinación con estrógenos, inducen conducta estral en ovejas ovariectomizadas. *Vet Méx* 2000 31:371-373.
56. Montero-Pardo A, Hernández-Cerón J, Rojas-Maya S, Valencia J, Rodríguez-Cortez A, Gutiérrez CG, 2011. Increased cleavage and blastocyst rate in ewes treated with bovine somatotropin 5 days before the end of progestin-based estrous synchronization. *Anim Reprod Sci* 125:69-73.

57. Morales-Roura JS, Zarco L, Hernández-Cerón J, Rodríguez G. 2001. Effect of short-term treatment with bovine somatotropin at estrus on conception rate and luteal function of repeat-breeding dairy cows. *Theriogenology* 55:1831-1941.
58. Moreira F, Bandinga L, Burnley C, Thatcher WW. 2002. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. *Theriogenology* 57:1371-1387.
59. Nancarrow CD. 1994. Embryonic mortality in the ewe and doe. In: Zavy MT, Geisert RD editors. *Embryonic mortality in domestic species*. Boca Raton, florida USA: CRC Press; 79-97.
60. Okamura H, Murata K, Sakamoto K, Wakabayashi Y, Ohkura S, Takeuchi Y, Mori Y. 2010. Male Effect Pheromone Tickles the Gonadotrophin-Releasing Hormone Pulse Generator. *J Neuroendocrin* 22:825–832.
61. Peña VM. 2006. Efecto del selenio y somatotropina recombinante bovina sobre la tasa de ovulación y calidad embrionaria en cabras estabuladas, sometidas a un tratamiento de superovulación con FSH. Tesis de Maestría. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
62. Pintado B, Gutiérrez-Adán A, Pérez LB. 1998. Superovulatory response of murciana goats to treatments base don PMSG/anti-PMSG or combinated FSH/PMSH administration. *Theriogenology* 50:357-364.
63. Poindron P, Cognié Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 25:227-237.

64. Restall BJ, Restall H, Walkden-Brown SW. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim Reprod Sci* 40:299-303.
65. Rivas-Muñoz R, Fitz-Rodríguez G, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J Anim Sci* 85:1257–1263.
66. Rivera GM, Alanis GA, Chaves MA, Ferrero SB, Morelio HH. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in creole goats of Argentina. *Small Rumin Res* 48:109-117.
67. Robinson TJ, Moore NW, Lindsay DR, Fletcher IC, Salamon S. 1970. Fertility following synchronization of oestrus in the sheep with intravaginal sponges. I. Effects of vaginal douche, supplementary steroids, time of insemination, and numbers and dilution of spermatozoa. *Aust J AgricRes* 21:767-781
68. Rosa HJD, Juniper DT, Bryant MJ. 2000. The effect of exposure to oestrous ewes on rams' sexual behaviour, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Appl Anim Behav Sci.* 67:293-305.
69. Roy F, Maurel M, Combes B, Vaiman D, Cribiu PE, Lantier I, Pobel T, Delétang F, Combarrous Y, Guillou F. 1999. The Negative Effect of Repeated Equine Chorionic gonadotropin Treatment on Subsequent Fertility in Alpine Goats Is Due to a Humoral Immune Response Involving the Major Histocompatibility Complex. *Biol Reprod* 60:805–813.
70. Rubianes E, Menchaca A. 2003. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Anim Reprod Sci* 78:271–287.

71. Sandoval RHL. 2005. Evaluación de dos tratamientos, somatotropina recombinante bovina (rBST) y naloxona (Nx) sobre la actividad ovárica en cabras criollas en el periodo posparto. Tesis de maestría. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
72. Scaramuzzi RJ, Downing JA, Carflpbell BK, Cognie Y. 1988. Control of fertility and fecundity of sheep by means of hormonal manipulation. *Austr J Biol Sci* 41:37-45.
73. Scaramuzzi RJ. 1993. Adams NR, Baird DT, Campbell BK, Downing JA, Findlay JK, Henderson KM, Martin GB, McNatty KP, McNeilly AS. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod. Fertil. Dev.* 5: 459-478.
74. Scaramuzzi RJ, Murray JF, Downing JA, Campbell BK, 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Dom Anim Endocrin* 17:269–277.
75. Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendall NR, Khalid M, Muñoz-Gutiérrez M, and Somchit A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutrition Dev* 46: 339-354.
76. Schanbacher BD. 1980. Testosterone regulation of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone secretion in young male lambs. *J Anim Sci* 51:679-84.
77. Shelton M. 1960. The influence of the presence of the male on initiation of oestrus cycling and ovulation in Angora does. *J Anim Sci* 19:368– 375.
78. Simmen RCM, Ko Y, Simmen FA. 1993. Insulin like growth factor and blastocyst development. *Theriogenology* 39:163-175.
79. Spencer TE, Burghardt RC, Johnson GA, Bazer FW. 2004. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Anim Reprod Sci* 82-83:537-550.

80. SAS. JMP. SAS Institute Inc. Cary, NC. 2007.
81. Tarazón HM, Rueda PE, Correa CA, Avendaño RL, Huber JT. 2009. Efectos de la inyección de somatotropina bovina sobre la producción y composición de la leche de vacas Holstein en lactancia muy tardía. *Biotecnia XI* 1:34-40.
82. Titi HH, Kridli RT, Alnimer MA. 2010. Estrus synchronization in sheep and goats using combinations of GnRH, progestagen and prostaglandin  $F_{2\alpha}$ . *Reprod Dom Anim* 45:594-599.
83. Totey SM, Pawshe CH, AppaRao KBC, 1996. In vitro maturation of buffalo oocytes: role of insulin and interaction with gonadotrophins. *J Reprod Fertil Suppl* 50:113-119.
84. Umberger SH, Jabbar G, Lewis GS. 1994. Seasonally anovulatory ewes fail to respond to progestogen treatment in the absence of gonadotropin stimulation. *Theriogenology* 42:1329-1336.
85. Ungerfeld R, Rubaines E. 1999. Effectiveness of short progestagen priming for the induction of fertile oestrus with eCG in ewes during late seasonal anoestrus. *Anim Sci* 68:349–353.
86. Ungerfeld R, Rubianes E. 2002. Short term primings. With different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anoestrus ewes. *Small Rumin Res* 46:63-66.
87. Van der Walt JG. 1994. Somatotrophin Physiology – a review–*Afr Tydskr Veck* 24:1-8.
88. Valencia J, González JL, Díaz J. 1986. Actividad reproductiva de la cabra criolla en México en el examen postmortem del aparato genital. *Vet Mex* 17:1986.
89. Valencia J, Zarco L, Ducoing A, Murcia C, Navarro H. 1990. Breeding season of criollo and granadina goats under constant nutritional levels in the mexican highlands. *Livestock Reproduction in Latin America*. International Atomic Energy Agency, Viena:321-333.

90. Véliz FG, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Anim Reprod Sci* 92:300–309.
91. Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. 2009. Male sexual behavior contributes to maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Hormon Behav* 56:444-449.
92. Villa-Godoy A. 2010. El eje somatotrópico. En: Caballero SC, Villa-Godoy A editores. *Fisiología veterinaria e introducción a la fisiología de los procesos productivos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Fisiología y Farmacología:231-246.
93. Viñoles C, Forsberg M, Banchemo G, Rubianes E. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology* 55:993-1004.
94. Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. 1999. Role of male–female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil* 54 (Suppl):243–257.
95. Yu Y, Li W, Han Z, Luo M, Chang Z, Tan J. 2003. The effect of follicle-stimulating hormone on follicular development, granulosa cell apoptosis and steroidogenesis and its mediation by insulin-like growth factor-I in the goat ovary. *Theriogenology* 60:1691–1704.
96. Zarkawi M, Al-Merestani MR, Wardeh MF. 1999. Induction of synchronized oestrus in indigenous Damascus goats outside the breeding season. *Small Rumin Res* 33:193-197.
97. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) base de datos en internet. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. disponible

en:

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=29](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=29)

## 10. ANEXOS

### ANEXO 1.

**Cabras primíparas y múltíparas tratadas y agrupadas al azar en un protocolo de inducción de la ciclicidad con progestágenos durante la época no reproductiva**

Etapa productiva	Tratamientos				N Total
	n				
	bST	bST+eCG	eCG	Testigo	
Múltíparas	58	52	55	56	221
Prímíparas	72	71	70	69	282
<b>N Total</b>	130	123	125	125	503

**Raza de cabras tratadas y agrupadas al azar en un protocolo de inducción de la ciclicidad con progestágenos durante la época no reproductiva**

Raza	Tratamientos				N Total
	n				
	bST	bST+eCG	eCG	Testigo	
Saanen	96	90	95	94	375
Alpino Francés	16	15	14	11	56
Toggenburg	6	5	5	7	23
Nubia	5	5	4	5	19
La Mancha	1	2	1	2	6
Cruza	6	6	6	6	24
<b>N Total</b>	130	123	125	125	503

**ANEXO 2.**

**Granja de cabras tratadas y agrupadas al azar por en un protocolo de inducción de la ciclicidad con progestágenos durante la época no reproductiva**

# de Granja	Tratamientos				N Total
	bST	bST+eCG	eCG	Testigo	
1	29	28	26	28	111
2	11	12	11	12	46
3	5	5	5	5	20
4	12	12	12	13	49
5	7	7	6	7	27
6	6	5	5	5	21
7	3	4	3	3	13
8	3	3	4	4	14
9	4	4	4	3	15
10	5	5	5	5	20
11	7	7	8	8	30
12	8	7	7	7	29
13	2	1	2	2	7
14	11	7	12	8	38
15	17	16	15	15	63
<b>N Total</b>	<b>130</b>	<b>123</b>	<b>125</b>	<b>125</b>	<b>503</b>

### ANEXO 3.

**Condición de ciclicidad en cabras tratadas y agrupadas al azar  
en un protocolo de inducción de la ciclicidad con  
progestágenos durante la época no reproductiva**

	Tratamientos				N Total
	n				
	bST	bST+eCG	eCG	Testigo	
Anéstrica	66	60	57	49	232
Ciclando	55	53	61	70	239
<b>N Total</b>	121	113	118	119	471