



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **SOMATOTROPINA BOVINA RECOMBINANTE (rbST) Y SU EFECTO EN LA INDUCCIÓN DE LA OVULACIÓN EN OVEJAS PELIBUEY AMAMANTANDO**

**HADAILA ZADI MÉNDEZ ROBLERO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

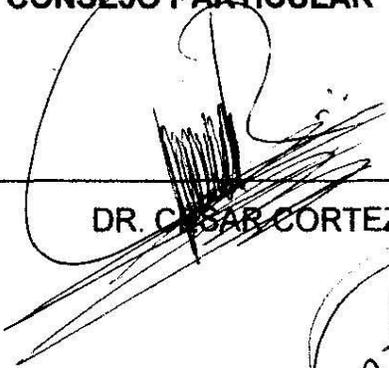
**2014**

La presente tesis, titulada “Somatotropina bovina recombinante (rbST) y su efecto en la inducción de la ovulación en ovejás pelibuey amamantando”, realizada por la alumna: **Hadaila Zadi Méndez Roblero**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. CESAR CORTEZ ROMERO

ASESOR:



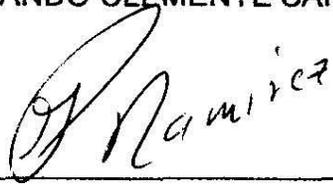
DR. JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. FERNANDO CLEMENTE SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. GUSTAVO RAMÍREZ VALVERDE

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2014

## **SOMATOTROPINA BOVINA RECOMBINANTE (rbST) Y SU EFECTO EN LA INDUCCIÓN DE LA OVULACIÓN EN OVEJAS PELIBUEY AMAMANTANDO**

Hadaila Zadi Méndez Roblero, M.C  
Colegio de Postgraduados, 2014

El objetivo de este estudio fue probar la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rbST) junto al manejo del amamantamiento, en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey. Se utilizaron 65 ovejas Pelibuey. Al momento del parto, las ovejas con sus crías fueron asignadas al azar a uno de cuatro tratamientos: amamantamiento continuo (AC; n=18); amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante (AC+rbST; n=16); amamantamiento controlado (Ac, n=16) y amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante (Ac+rbST; n=15). Al día 30 postparto, se aplicó un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR), con una duración de cinco días y 1 mL de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>), dos días antes del retiro del dispositivo. Las ovejas con rbST, recibieron dos aplicaciones de 250 mg (Boostin-S®, Schering-Plough, México; día 18 y día 33 postparto). No se observaron diferencias ( $p>0.05$ ) en el porcentaje de ovulación antes y después de la aplicación del CIDR, en el inicio de estro, en el porcentaje de retorno a estro, en la prolificidad y en los cambios de peso en corderos. El porcentaje de presentación de estro, porcentaje de gestación y fecundidad fueron menores ( $p<0.05$ ) en las ovejas de AC+rbST; 56.26 %, 12.5 %,  $0.25\pm 0.17$  corderos oveja<sup>-1</sup>, respectivamente. Los cambios de peso corporal de las ovejas fue menor ( $p<0.05$ ) en las ovejas de AC+rbST. La aplicación de rbST en ovejas Pelibuey amamantando reduce las manifestaciones de estro y no mejora el porcentaje de gestación, así mismo, reduce el peso corporal de las ovejas, pero no incrementa el peso de los corderos. Independientemente de los tratamientos, inducir la ovulación en ovejas amamantando a los 30 días postparto con CIDR por cinco días y una aplicación de prostaglandina F<sub>2α</sub>, se logra que el 100 % de las ovejas ovulen.

Palabras clave: Amamantamiento, anestro postparto, ovulación, oveja Pelibuey, rbST.

## Recombinant bovine Somatotropin (rbST) AND ITS EFFECT ON OVULATION INDUCTION IN PELIBUEY SHEEP SUCKLING

Hadaila Zadi Méndez Roblero, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

The aim of this study was to evaluate the application of recombinant bovine Somatotropin (rbST) by the management of breastfeeding in the restoration of ovarian activity postpartum in Pelibuey sheep. Sixty-six Pelibuey ewes were used. At parturition, the ewes and their lambs were randomly assigned to one of four treatments: continuous suckling (AC; n=18); continuous suckling with recombinant bovine Somatotropin (AC+rbST; n=16); controlled suckling (Ac, n=16) and controlled suckling with recombinant bovine Somatotropin (Ac+rbST; n=15). At 30 days postpartum, an intravaginal progesterone-releasing device (CIDR) was applied, with a duration of five days and 1 mL of prostaglandin F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>), two days before the removal of the device. Sheep treated with rbST, received two applications of 250 mg (rbST; BOOSTIN-S®, Schering-Plough, Mexico; day 18 and day 33 postpartum). No differences (p > 0.05) in ovulation percentage before and after the application of CIDR, in the estrus onset, in the percentage return to estrus, in the prolificacy and lamb weight changes were observed. The percentage presence of estrus, pregnancy percentage and fecundity were low (p < 0.05) in sheep AC+rbST; 56.26 %, 12.5 %, 0.25 ± 0.17 lambs sheep<sup>-1</sup>, respectively. Changes in body weight of the sheep was low (p < 0.05) in sheep AC+rbST. The application of rbST in Pelibuey ewes suckling reduces the manifestations of estrus, and does not improve the pregnancy percentage, also reduces the body weight of the sheep, but does not increase the weight of the lambs. Regardless of the treatments, to induce ovulation in lactating ewes at 30 days postpartum with CIDR for five days and an application of prostaglandin F<sub>2α</sub>, is achieved that 100% of ewes ovulating.

**Keywords:** Suckling, postpartum anoestrus, ovulation, Pelibuey ewe, rbST.

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por el financiamiento a mis estudios de maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y por el financiamiento otorgado para realizar el proyecto de investigación a través de las **Líneas Prioritarias de investigación** número 5, 11 y 13. Al Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa).

Al **Dr. César Cortez Romero** por la dirección, supervisión y escritura del proyecto de investigación, por su grata amistad y cordialidad.

Al **Dr. Jaime Gallegos Sánchez** por la orientación en mi formación académica, por la transmisión de entusiasmo e iniciativa por la investigación a través de su ejemplo práctico.

Al **Dr. Fernando Clemente Sánchez** por su compromiso y colaboración en la revisión detallada de éste proyecto.

Al **Dr. Gustavo Ramírez Valverde** por su compromiso y valiosas aportaciones en el diseño experimental de este proyecto.

A la **Dra. Clara Murcia Mejía** de la Universidad Autónoma de México (UNAM), por su colaboración en el análisis de progesterona.

A mis compañeros del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) por el apoyo en la fase experimental de ésta investigación. A Isabel Montiel por tu amistad y valioso apoyo.

## DEDICATORIAS

A **Dios** por ser guía en mi caminar, iluminar mi vida y mis pensamientos. Por permitirme lograr una meta más.

A mis padres, **Alfonso Méndez Morales e Hilda Reyna Roblero Roblero** por darme la vida, por sus grandes enseñanzas y consejos para ser mejor cada día. Doy gracias a Dios por haberme regalado esos dos grandes seres humanos, pilares en mi vida a quienes les debo lo que soy. Por apoyarme en todo, gracias.

A **mis hermanos Gadi, Abdi, Isaí y Jacob** por estar siempre conmigo sin importar la distancia. La vida ha sido generosa conmigo al regalarme hermanos como ustedes, con quienes he vivido tantas lágrimas y risas. Por ese gran amor que me comparten, un gran tesoro que Dios me ha regalado, los quiero mucho.

A **Oliverio** a quien admiro demasiado y considero como mi hermano mayor, por ese gran cariño que me compartes y por el gran apoyo que me das.

A **mis sobrinos**, por la motivación que me dan de seguir creciendo, por contagiarme en disfrutar cada instante de la vida, y llenarme de emoción por estar viva.

A **el sr. Jorge, a la sra. Isabel, a Vere y a Isabela** por ese gran apoyo dado con mucho cariño, por compartir conmigo tantos momentos...los voy a extrañar.

A **mi tía Maribel** por sus valiosos consejos y por arrebatarme esa sonrisa y alegrarme el día.

A **mis amigos** Mayra Rivas, Hiroshi Soto, Eduardo García, Sergio Rodríguez, Isabel Montiel, Laurita Mayorga, Pablo Arenas. Por esas palabras de aliento, por creer en mí, gracias por su amistad.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Situación actual de la ovinocultura en México.....	3
2.2 Fisiología y neuroendocrinología reproductiva de la oveja.....	4
2.3 Anestro postparto.....	5
2.3.1 Neuroendocrinología del anestro postparto.....	6
2.3.2 Fertilidad de la oveja en el postparto.....	7
2.4 Factores que afectan el reinicio de la actividad ovárica postparto en la oveja.....	8
2.4.1 Amamantamiento.....	8
2.4.2 Nutrición.....	9
2.5 Estrategias de manejo reproductivo para disminuir el intervalo parto primera ovulación en ovejas.....	11
2.5.1 Manejo de amamantamiento.....	11
2.5.1.1 Destete temporal.....	11
2.5.1.2 Destete precoz.....	12
2.5.1.3 Amamantamiento controlado.....	12
2.5.2 Nutrición.....	13
2.5.3 Uso de hormonas.....	15
2.6 Somatotropina bovina recombinante (rbST).....	16
2.6.1 Somatomedinas.....	17
2.6.2 La función de la rbST en la fertilidad y prolificidad en ovejas.....	18
2.6.3 La rbST en la producción de leche.....	19
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	21
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
4.1 Localización del área de estudio.....	22
4.2 Animales.....	22
4.3 Tratamientos.....	22

4.4	Preparación de las muestras sanguíneas.....	24
4.5	VARIABLES evaluadas.....	24
4.6	Análisis estadístico.....	25
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
5.1	Porcentaje de ovulación previo a la aplicación del CIDR.....	27
5.2	Inicio de estro.....	27
5.3	Presentación de estro y porcentaje de ovulación después del retiro del CIDR....	29
5.4	Porcentaje de retorno a estro.....	30
5.5	Porcentaje de gestación, Porcentaje de parición, Fecundidad y Prolificidad.....	31
5.6	Comportamiento del peso corporal en ovejas.....	33
5.7	Comportamiento del peso corporal en corderos.....	35
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>37</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>37</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>

## LISTA DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Porcentaje de ovulación previo a la aplicación del CIDR en ovejas pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).....	27
<b>Cuadro 2.</b> Porcentaje de presentación de estro y porcentaje de ovulación en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por cinco días, sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	29
<b>Cuadro 3.</b> Porcentaje de retorno a estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por cinco días, sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	31
<b>Cuadro 4.</b> Porcentaje de gestación, fecundidad y prolificidad en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	32

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Estados con mayor población ovina en México durante el año 2011.....	4
<b>Figura 2.</b> Esquema experimental utilizado en el estudio.....	23
<b>Figura 3.</b> Curva de supervivencia del inicio al estro en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	28
<b>Figura 4.</b> Comportamiento del peso corporal en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	34
<b>Figura 5.</b> Comportamiento del peso corporal en corderos pelibuey durante los primeras siete semanas de edad de madres sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin Somatotropina Bovina recombinante (rbST).....	36

## I. INTRODUCCIÓN

En México, la población ovina ha ido en aumento. En el año 2002 el inventario nacional fue de 6.4 millones de cabezas lo que muestra un crecimiento en estos últimos 10 años de 1.8 millones de cabezas (SIAP-SAGARPA, 2013). A pesar de que México ha ido mejorando su productividad, solo genera el 70 % de la carne ovina que consume (Arteaga, 2012). La baja productividad en la oveja y el número de corderos comercializados por año, son los principales factores que determinan la rentabilidad de las unidades de producción y es uno de los problemas que enfrenta la producción ovina. Un factor económico importante es la duración del anestro posparto (APP; Áscari *et al.*, 2013) que se define como un periodo anovulatorio después del parto y estrategia evolutiva que asegura la supervivencia de la cría al incrementar la atención de la madre (Arroyo *et al.*, 2009). El período mínimo en esta etapa permite una nueva concepción en un período más corto después del parto (Áscari *et al.*, 2013) para lograr más corderos al año

Existen varios factores que pueden actuar, solos o como interacción, para prolongar la duración del anestro postparto, entre los cuales destacan; la época de parto, el amamantamiento y la nutrición (Arroyo *et al.*, 2000; Macedo y Alvarado, 2005). En las ovejas Pelibuey, se han implementado estrategias de manejo con el fin de reducir la duración del anestro postparto, como es, el control del periodo de amamantamiento (amamantamiento controlado; Morales *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2013; Montiel, 2014).

La “intensificación” de los sistemas modernos de producción ovina se asocia con un aumento en los niveles de producción, aunque estos no son siempre “limpios, verdes y éticos”, ya que; se utilizan fármacos aplicados de manera exógena, para mejorar la productividad de las hembras, como es el uso de la Somatotropina Bovina Recombinante (rbST; Brozos *et al.*, 1999). La rbST es una hormona proteica (Bauman, 1992) que influye indirectamente en la reproducción (Wathes, 1995), participa en la esteroidogénesis y la foliculogénesis al estimular la producción de insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo- 1 (IGF-1; Gong *et al.*, 1993). En cuanto a ovejas

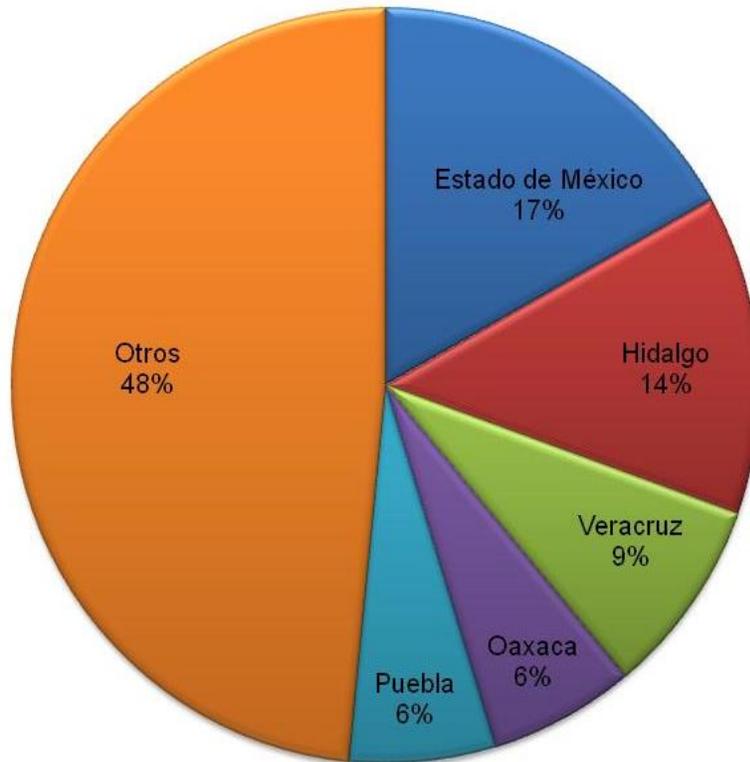
Pelibuey en anestro postparto, no hay datos disponibles de los efectos de la administración de la rbST en el restablecimiento de la actividad ovárica en dicho periodo, aunque, se ha demostrado que estimula la producción de leche y de manera indirecta mejora el crecimiento de las crías (Sallam *et al.*, 2005). El objetivo de este estudio fue probar la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rbST) junto al manejo del amamantamiento, en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación actual de la ovinocultura en México

De acuerdo a los datos proporcionados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2013), la población en 2011 fue de 8 219 386 cabezas de ganado representando esta especie el 12.5 % del inventario nacional ganadero y se sacrificaron 2.8 millones que representó el 35.1 % de la población. En el año 2002 el inventario nacional correspondió a 6.4 millones de cabezas lo que muestra un crecimiento en estos últimos 10 años de 1.8 millones de cabezas. Desafortunadamente, todavía el consumo per cápita de carne de borrego en México es muy bajo (de 700 a 800 g anuales), y un tercio lo cubren las importaciones, que son generalmente de carne de segunda o tercera calidad que lleva meses congelada pero que tiene buena demanda por su precio tan bajo (CONARGEN, 2014). Hasta hace pocos años, México importaba 70 % de la carne ovina que consumía, pero ya en 2009 este porcentaje fue de sólo 30 % (50 mil toneladas en 2002 contra 24 mil en 2009; Arteaga, 2012). El aumento del consumo de carne ovina está muy ligado a la producción, desde luego, y por tanto al comportamiento reproductivo del hato nacional.

En México se tienen registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, que están distribuidas aproximadamente de la siguiente forma: 53 % en el centro, 24 % en el sur-sureste y 23 % en el norte (PROGAN, 2010). La distribución geográfica del ganado ovino abarca la mayoría de los estados de la república mexicana, siendo los que mayores inventarios poseen: el Estado de México (1,307,371), Hidalgo (1,099,773), Veracruz (665,145), Oaxaca (500,169) y Puebla (452,544), donde prevalecen principalmente los ovinos sin características raciales definidas (tipo criollo) y de pelo (Figura 1).



**Figura 1.** Estados con mayor población ovina en México durante el año 2011 (SIAP-SAGARPA, 2013).

## 2.2 Fisiología y neuroendocrinología reproductiva de la oveja

Los patrones de actividad reproductiva en la oveja adulta no gestante están dominados por dos ritmos distintos; el primero de ellos es un ciclo estral de 16 a 17 días, el otro es un ritmo anual de la ciclicidad ovárica caracterizada por un cese según la temporada (anestro) y restauración (época de cría) de los ciclos ováricos ovulatorios (Rawlings y Bartlewski, 2007). El ciclo estral (día cero=estro) constituye un proceso complejo que se desarrolla a repetición a partir de la pubertad y durante la vida reproductiva de las hembras domésticas, es relativamente consistente entre diferentes razas y edades regulado por el eje hipotálamo hipófisis ovario. La gran mayoría de los ciclos de celo contienen 3 o 4 ondas foliculares (Pawel *et al.*, 2011), y están conformadas por dos fases: una lútea (desde el segundo hasta el día 13) y otra folicular (día 14 hasta el día 1) (Driancourt *et al.*, 1985).

El cuerpo lúteo es considerado como un reloj biológico del ciclo reproductivo, el cual, a través de la secreción de progesterona ( $P_4$ ) regula en forma determinante la duración del ciclo estral y es esencial para el mantenimiento de la gestación (Webb *et al.*, 2002). La progesterona es una hormona esteroide que secreta el cuerpo lúteo del ovario y es fundamental en la regulación de la función reproductiva cíclica, inhibe la secreción pulsátil de GnRH, y por lo tanto, de LH. Éste esteroide presenta un efecto contrario al de retroalimentación positiva del  $E_2$  en la secreción de GnRH y LH (skinner *et al.*, 2001).

La mayoría de las ovejas pelibuey, ovulan antes de los 30 días postparto, y antes de la primera manifestación estral ocurre al menos una ovulación silenciosa, sucedida de un cuerpo lúteo de vida media corta y con baja producción de  $P_4$ , la cual puede ser suficiente para que en la siguiente ovulación ocurra el estro (González *et al.*, 1987).

Durante la fase folicular del ciclo estral, el  $E_2$  ejerce un efecto de retroalimentación positiva a nivel hipotalámico, aumenta la frecuencia de secreción de pulsos de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH/LH) y genera el "pico" preovulatorio de ambas hormonas. Durante la fase lútea, la  $P_4$  ejerce un potente efecto inhibitor de la secreción pulsátil de GnRH/LH y actúa en el área preoptica (POA) del hipotálamo (Evans *et al.*, 2002). Otro factor implicado en el control de la conducta de estro es la  $P_4$  presente en la fase lútea, la cual incrementa el número de receptores para  $E_2$  en el hipotálamo medio basal (MBH) y por lo tanto aumenta la sensibilidad a  $E_2$  (Blache *et al.*, 1994). El incremento progresivo en los niveles de  $E_2$ , ejercido por un mecanismo de retroalimentación positiva a nivel hipotalámico, estimula un aumento en la frecuencia de pulsos de GnRH/LH y provoca la ovulación, lo cual se conoce como "pico" preovulatorio (Gallegos *et al.*, 1999). El pico preovulatorio de LH precede a la ovulación en aproximadamente 24h y se asocia con la conducta de estro (Legan y Karsh 1979).

### **2.3 Anestro postparto**

El anestro postparto de las ovejas se define como el intervalo entre el parto y el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica (González *et al.*, 1991). Se caracteriza

por un periodo transitorio de aciclicidad (Clarke *et al.*, 1984), se identifica como una ausencia de ovulación y manifestaciones de estro (Wright y Malmo, 1992), y la anovulación acompañada de concentraciones de P<sub>4</sub> sérica inferior a 0,5 ng mL<sup>-1</sup> (Arreguín *et al.*, 1997). En los mamíferos es un periodo de estrategia evolutiva que asegura la supervivencia de la cría al incrementar la atención de la madre (Arroyo *et al.*, 2009). Diversos factores participan en su duración; entre ellos, son importantes la involución uterina, el estado endocrino, la nutrición, el amamantamiento y el ambiente (González *et al.*, 1991).

En el anestro postparto, las primeras ovulaciones generalmente no van precedidas de manifestaciones de celo y existe por lo tanto, un periodo previo de la actividad ovárica anterior a la fertilidad potencial postparto. Esta fertilidad después del parto, está condicionada por el estado del útero debido a, su capacidad de regresión, siendo en muchos casos la limitante en el intento de fecundaciones tempranas después del parto, aunque el ovario haya recuperado su capacidad ovulatoria (López *et al.*, 1993).

### **2.3.1 Neuroendocrinología del anestro postparto**

La falta de la actividad ovárica posparto en la mayoría de las especies es causada por la disminución de la secreción de GnRH (Wettemann, 1980), a la supresión en la secreción pulsátil de LH, con la subsecuente falta de maduración folicular (Rhodes *et al.*, 2003) lo cual impide la ovulación (Arroyo *et al.*, 2009) e inhibiendo el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica después del parto (González *et al.*, 1987).

En la mayoría de los mamíferos, la lactancia suprime la actividad ovulatoria y el impacto del estímulo de amamantamiento varía entre especies (Smart *et al.*, 1994; McNeilly, 2001). Durante el periodo postparto, la hembra percibe a través del tacto, la vista, el oído y el olfato, la presencia de la cría. Se ha postulado que la baja secreción de gonadotropinas durante la primera mitad de la lactancia es resultado de la disminución en la secreción pulsátil de GnRH provocada por los péptidos opioides endógenos (POEs), neurotransmisores que se sintetizan en el núcleo hipotalámico y

durante el anestro postparto inhiben la frecuencia de pulsos de GnRH/LH (Newton *et al.*, 1988; Malven y Hudgens, 1987; Greg *et al.*, 1986; Lozano *et al.*, 1998; Parvizi, 2000). La concentración de opioides contenidos en tejido nervioso aumenta por efecto del amamantamiento y se correlaciona con la incapacidad de el hipotálamo para sintetizar y secretar GnRH. Durante este periodo, el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas-útero debe recuperarse en su total funcionamiento, para que se instale la nueva gestación (Williams *et al.*, 1996).

Durante el anestro postparto, hay una fuerte retroalimentación negativa del E<sub>2</sub>, así como una alta concentración de opioides en el hipotálamo, debido principalmente al efecto del amamantamiento. La concentración de opioides disminuye conforme el periodo postparto avanza y la frecuencia de amamantamiento disminuye (Custhaw *et al.*, 1992). Se cree que los opioides pueden actuar en dos momentos: inmediatamente después del parto o durante el amamantamiento; debido a que el parto resulta ser una experiencia dolorosa y estresante, se asocia con altas concentraciones periféricas de opioides (Smart *et al.*, 1994).

Se ha observado en ganado lechero (Savio *et al.*, 1990) y en ovejas (González *et al.*, 1987) que la primera ovulación postparto es una ovulación silenciosa la cual no se acompaña de conducta estral y frecuentemente se observa un cuerpo lúteo de vida media corta (Yavas *et al.*, 1999) las ovulaciones silenciosas son fisiológicamente normales durante el periodo postparto (Savio *et al.*, 1990).

### **2.3.2 Fertilidad de la oveja en el postparto**

La fertilidad es el número de hembras paridas entre el número total de ovejas expuestas al macho en un intervalo de tiempo, y se expresa en porcentaje (Valencia y González, 1993). La fertilidad postparto en la oveja depende de dos factores principalmente, la involución uterina y el comienzo de la ciclicidad ovárica postparto (Hayder y Ali, 2008). La importancia del comienzo de la ciclicidad en la oveja después del parto está dada por las posibilidades de que la oveja quede gestante y llegue a término (Hernández y Zarco, 1998).

La involución es una barrera física en el posparto temprano, tanto para el transporte del esperma como para la implantación (Short *et al.*, 1990). Es una limitante para la reanudación temprana de la ciclicidad y mayor fertilidad en las ovejas, puesto que la recuperación del útero posparto favorece la fecundación, la implantación y el desarrollo embrionario normal (Hunter, 1968). La oveja pelibuey posee un ciclo estral de 17 días (Hafez y Hafez 2002) y una rápida involución uterina que favorece el reinicio de su actividad ovárica entre los 22-25, 28-42, 22-30, días después del parto (Cortes, 1993; González *et al.*, 2002; Hayder y Ali, 2008). La involución uterina en ovejas de pelo no es afectada por el número de gestaciones ni por el amamantamiento y lactación como procesos fisiológicos (González *et al.*, 2002).

## **2.4 Factores que afectan el reinicio de la actividad ovárica en la oveja**

Existen varios factores que pueden actuar, solos o en interacción, que prolongan el intervalo parto-primera ovulación (IPPO) en la oveja, entre los cuales la época de parto, el amamantamiento y la nutrición parecen ser los más importantes (Arroyo *et al.*, 2000; Macedo y Alvarado, 2005). Dichos factores pueden ocasionar un retardo en el comienzo de la ovulación y expresión del celo, lo cual se asocia con reducidas tasas de fertilidad y, consecuentemente, con un incremento en el intervalo parto-concepción (Rhodes *et al.*, 2003).

### **2.4.1 Amamantamiento**

Durante el período postparto, las ovejas adultas están sujetas a fuertes estímulos negativos que no permiten el reinicio de la actividad reproductiva después del parto. Después de la estacionalidad y la lactación, el amamantamiento es uno de los mecanismos más potentes para retardar la reanudación de la ciclicidad estral postparto (Martín y Banchemo, 1999), ya que ejerce un efecto inhibitorio en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey (Morales *et al.*, 2004) y su duración, parece ser el factor clave que determina la aparición del primer estro postparto (Galina *et al.*, 1996). El amamantamiento en las ovejas, inhibe el restablecimiento de la

actividad ovárica postparto, aumentando la sensibilidad del hipotálamo al efecto negativo del E<sub>2</sub>.

La supervivencia de los mamíferos, está asociada con los procesos conductuales al nacimiento y cuidado de las crías, en la oveja la presencia del cordero retrasa el reinicio de la actividad ovulatoria y su separación parcial o total adelanta el primer estro y ovulación posparto (Arroyo *et al.*, 2009). Schirar *et al.* (1989) reportaron que ovejas destetadas al parto presentaron estro a los 22 días posparto, 13 días antes que ovejas amamantando uno o varios corderos y que la intensidad del amamantamiento (reflejada en el número de corderos amamantados; dos o tres corderos) no modificó la duración del anestro posparto.

Álvarez *et al.* (1984) encontraron un marcado efecto en el intervalo parto primera ovulación (IPPO) (48.6, 77.3, 84.2 y 98.4 días en 30, 60, 90 y 120 días al destete, respectivamente) y observaron que el IPPO se incrementa en relación directa en aumento del tiempo de lactación. Al respecto, Morales *et al.* (2004) encontraron que reducir el periodo de amamantamiento a 30 min dos veces día<sup>-1</sup> en ovejas Pelibuey disminuye el IPPO, lo que permite reducir el anestro postparto, sin afectar la ganancia de peso ni mortalidad de corderos. Por lo que la restricción del amamantamiento ha sido una alternativa de manejo que ha permitido acortar este periodo en ovejas.

#### **2.4.2 Nutrición**

La nutrición, juega un papel clave en la regulación de la capacidad reproductiva en los animales de granja, influye en el desarrollo folicular a través de mecanismos como el endócrino y el neuronal, y por consiguiente influye en el período de parto hasta el primer estro y ovulación (Schillo, 1992). Se ha demostrado que la disminución de la calidad y cantidad de alimento durante la temporada seca puede ampliar el intervalo entre parto y la reanudación de los ciclos de celo y por lo tanto afecta a la productividad del rebaño (Berbigier, 1988). Por lo que una adecuada ingesta nutricional posparto influye directamente en el peso y condición corporal y promueve la foliculogénesis (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

En la mayoría de las especies domésticas y silvestres, en algunos estados fisiológicos, el balance de energía indiscutiblemente es el más potente regulador de la función reproductiva debido a que la reproducción es muy demandante de energía. Las señales involucradas en este proceso actúan principalmente a nivel ovario y en menor grado en los sistemas neuroendócrinos que controlan la ovulación (Blache, 2003). El balance de energía debe ser prioridad en el desarrollo de programas nutricionales para optimizar la reproducción (Funston, 2005).

La condición corporal (CC) ha sido utilizada como indicador de las reservas energéticas corporales disponibles y especialmente como indicador del estatus nutricional de las ovejas (Caldeira *et al.*, 2007). Se ha demostrado su efecto sobre el desempeño reproductivo, afectando la presentación y duración del estro, así como la actividad ovárica y la tasa ovulatoria en ovinos de pelo (De la Isla *et al.*, 2010). En la borrega Pelibuey adulta, el peso vivo (PV) parece ser un mejor indicador (Chay *et al.*, 2011).

La secreción de GnRH se reduce en animales desnutridos (Wade y Jones, 2004) y la posible reducción en la sensibilidad de la hipófisis a GnRH puede inhibir el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica después del parto (González *et al.*, 1987). Snyder *et al.* (1999), demostraron que en ovejas con una condición corporal baja, ovariectomizadas y tratadas con implantes subcutáneos de estradiol, se reduce el factor de crecimiento similar a la insulina tipo-I (IGF-I), lo cual inhibe el incremento de secreción de LH asociado con el inicio de la época reproductiva.

Después del parto, es bien sabido que los requerimientos metabólicos aumentan en relación con el proceso de la lactancia y que esto induce a una disminución del peso corporal (Mbayahaga *et al.*, 1998). La mayor producción de leche ocasiona una mayor remoción de reservas corporales, lo cual se refleja en la pérdida de peso durante este periodo (Martínez, 1998). Cuando hay una falta importante de aporte de nutrientes en la dieta final de la gestación y durante la lactancia, la oveja recurre a sus reservas corporales y queda en segundo plano el reproducirse adecuadamente, hasta que ocurre el destete y recupera algo de condición corporal (Robinson *et al.*, 2002). Mbayahaga *et al.* (1998) sugirieron que la pérdida de peso es uno de los principales

factores que limitan la reanudación de la actividad ovárica cíclica postparto en ovejas Burundi.

El nivel de alimentación en las ovejas Pelibuey, es importante porque determina el peso y el vigor del cordero al nacer, el desarrollo de la glándula mamaria y la acumulación de reservas de la oveja para proporcionar la demanda de nutrientes durante la lactancia se ve reflejado en su condición corporal y la producción de los corderos (Galaviz, 2006).

## **2.5 Estrategias de manejo reproductivo para disminuir el intervalo parto primera ovulación (IPPO) en ovejas**

Un factor económico importante es la duración del anestro posparto, dado que un período mínimo entre el nacimiento y el inicio de la ciclicidad ovárica permite una nueva concepción dentro de un período más corto después del parto (Áscari *et al.*, 2013). Los destetes temporales y precoces han sido propuestos como alternativas para inducir la ovulación en ovejas lactando.

### **2.5.1 Manejo de amamantamiento**

Se han buscado estrategias con el fin de disminuir el intervalo parto primera ovulación para obtener más corderos al año. Una de las estrategias ha sido el manejo de las crías.

#### **2.5.1.1. Destete temporal (DT)**

Rodríguez *et al.* (1986) realizaron un estudio donde separaron a la madre de las crías por 24, 48 ó 72 horas, los mejores resultados fueron para el tratamiento con DT por 72 horas con alejamiento de las crías de sus madres, aplicado a 15-25 días postparto; en cuanto al desarrollo de las crías y mortalidad no encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de DT.

En un trabajo realizado por Castillo (2012), el DT de las crías se llevó a cabo por 48 horas al día 43, los resultados fueron una disminución en la eficiencia reproductiva de las ovejas, en lo que se refiere a la tasa de gestación, sobre todo en las ovejas con amamantamiento continuo, tal vez por el estrés que les provocó quitarles las crías por 48 horas. Además, durante este periodo se acumuló la leche en las ubres, provocando tumefacción de la ubre y posible dolor.

#### **2.5.1.2 Destete precoz (DP)**

De acuerdo con Pérez *et al.* (2009), el DP consiste en separar a la cría de la madre a los siete días de edad con la finalidad de darles oportunidad a las crías de consumir calostro y leche a libre acceso, para evitar posibles enfermedades y asegurar que se estableciera la unión madre-cría al permanecer juntos durante todo el día en la primera semana de edad. A los corderos en DP se les proporcionó un sustituto de leche a libre acceso, heno de alfalfa y un alimento iniciador con 18 % de proteína cruda a libre acceso. Las ventajas de este manejo es que el 70 % de ovejas ovularon a los  $39 \pm 5.0$  d postparto, las ovejas perdieron peso solo durante un corto período posparto (14 d) comparado con amamantamiento restringido (AR) (42 d) y amamantamiento continuo (AC) (90 d), indicando que la eliminación del estímulo del amamantamiento y por lo tanto, la síntesis de leche en las ovejas con DP mejoró su ganancia de peso desde pocos días después del parto. La desventaja del destete precoz de los corderos es que afecta su desarrollo y salud, observándose una mayor mortalidad (21.4 %).

Franco *et al.* (2012) sugiere que el DP mejora el desempeño reproductivo de las ovejas, pero disminuye la ganancia de peso de los corderos y aumenta la mortalidad en estos, por lo que su implementación requiere extremar cuidados en la crianza artificial de corderos.

#### **2.5.1.3 Amamantamiento controlado (Ac)**

En ovejas, el Ac es una alternativa para reducir el IPPO (Álvarez *et al.*, 1984). Existe la opción de reducir el tiempo de amamantamiento a 30 min dos veces  $d^{-1}$  para disminuir

el IPPO, recomendándose que el inicio del control del amamantamiento sea a partir de los siete días postparto (Morales *et al.*, 2004). Los corderos se alimentan con leche de sus madres y desde el día siete postparto con una dieta de crecimiento a libre acceso.

La restricción del amamantamiento a 30 min dos veces  $d^{-1}$  disminuyó el IPPO de 61 a 52 d y el porcentaje de hembras que ovularon aumentó de 70 a 88.8 %, con respecto a ovejas con amamantamiento continuo (Morales *et al.*, 2004). En un estudio realizado por Montiel (2014), el porcentaje de ovejas Pelibuey que ovularon antes de los 24 días postparto fue mayor en las ovejas con amamantamiento controlado (Ac; 52.50 %), comparado con ovejas en amamantamiento continuo (AC; 25.64 %;  $p \leq 0.05$ ).

El porcentaje de ovejas de pelo que ovularon antes de los 35 días postparto fue mayor ( $p < 0.05$ ) para el grupo de amamantamiento controlado (89.6 %) con respecto al grupo de amamantamiento continuo (52.1 %), por lo que disminuir el tiempo de amamantamiento a 30 min dos veces  $d^{-1}$  disminuye el IPPO. El Ac disminuye las ganancias de peso de los corderos a partir de los 30 días de edad, por lo cual es necesario mejorar la calidad de dieta ofrecida después de este tiempo para que el crecimiento sea similar a los corderos con amamantamiento continuo (Castillo, 2012).

Al restringir el amamantamiento, se disminuye el efecto negativo que ocasiona el amamantamiento mediante la liberación de opioides endógenos (Franco *et al.*, 2012), además se disminuye el efecto negativo que ocasiona el estradiol durante el anestro postparto, por lo que se genera GnRH con pulsatilidad adecuada para inducir crecimiento folicular y la ovulación (Pérez *et al.*, 2002).

### **2.5.2 Nutrición**

La pérdida de peso corporal a partir del parto, como respuesta a las necesidades de energía para la lactación se ha considerado que influye de forma negativa sobre la función reproductiva normal (Church, 1993), es especialmente drástica en ovejas lactantes y puede influir en la reanudación de la actividad estral y ovárica (Lindsay *et al.*, 1993). Mantener el rebaño con una adecuada nutrición durante todo el ciclo reproductivo tiene como consecuencia un incremento en la tasa de ovulación y el

número de óvulos fecundados, así como una disminución en el número de muertes embrionarias (Macedo y Castellanos, 2004).

Las grasas en la dieta pueden influir en la reproducción positivamente por alterar la función folicular y luteal del ovario, vía mejoramiento del estatus energético, y por incrementar los precursores para la síntesis de hormonas reproductivas como los esteroides y las prostaglandinas (Mattos *et al.*, 2000). Se propone como estrategia de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de rumiantes en conjunto con un adecuado manejo del amamantamiento, que permita el desarrollo adecuado de las crías y la recuperación de la condición corporal de las hembras para un pronto restablecimiento de la actividad ovárica después del parto (Herrera, 2008).

En el periodo postparto, el uso de suplementos con lípidos, particularmente los ricos en ácido linoleico, ocasionan una disminución de la producción de  $PGF_{2\alpha}$ , la cual se secreta en el proceso de involución uterina (Lucy *et al.*, 1992), que es causa de la disminución de la fertilidad en este periodo. La restricción de la ingesta de energía está vinculada a cambios en los fenómenos fisiológicos, tales como la ciclicidad ovárica y la expresión del estro. Beam y Butler (1997) al suplementar tres niveles de grasa animal en el periodo postparto, observaron que las dietas altas en grasa incrementan el diámetro folicular en el periodo postparto temprano sin importar el estatus metabólico del animal.

Dos grupos de vacas en periodo postparto en excelente condición corporal recibieron 5.2 % contra 3.7 % (testigo) de grasa en la dieta después del parto. Se observó que el número de folículos pequeños (< 4.0 mm), medianos (4.0 a 7.9 mm) y totales fueron mayores en la dieta con 5.2 % de grasa que en el grupo testigo 29 d después del parto. El mayor número de folículos pequeños observados durante el periodo temprano postparto y el mayor número de folículos grandes observado antes del primer ciclo estral normal indica que la grasa promovió el desarrollo folicular estimulando el crecimiento de un mayor número de folículos a estado ovulatorio (De Fries *et al.*, 1998). El control del amamantamiento con suplementación con aceite de soya (52 % ácido linoleico) puede mejorar los parámetros reproductivos en la oveja Pelibuey después del

parto, ya que aumenta el porcentaje de ovejas en estro en respuesta a la inducción del estro con respecto a las ovejas con concentrado comercial ( $p \leq 0.05$ ; Morales, 2010).

### **2.5.3 Uso de hormonas**

Los tratamientos hormonales para el control del estro y de la ovulación permiten inducir y sincronizar el estro en las hembras en anestro y sincronizar el momento de aparición del estro en las hembras ciclando (Aisen, 2004). Intensificar los partos reduce el costo de mantenimiento del rebaño ovino, lo cual puede lograrse a través del uso de hormonas exógenas para inducir y sincronizar los estros (Naqvi *et al.*, 2007).

La inducción de la ovulación mediante el uso de hormonas se basa en progestágenos para simular la fase lútea normal, para lo cual existen algunos tratamientos como: 1) acetato de Melengestrol (MGA; oral) + Gonadotropina Coriónica equina (eCG); 2) CIDR (Dispositivo intravaginal) + eCG; y 3) esponja con FGAa (dispositivo intravaginal) + eCG (Hafez y Hafez, 2002). De este tipo de tratamientos combinados surge un tratamiento muy efectivo señalado por Dixon *et al.* (2006) combinando 5 días de tratamiento de progesterona mediante CIDR (Controlled Internal Drug releasing) con el tratamiento de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ .

En cabras y ovejas, el dispositivo CIDR a base de  $\text{P}_4$  es ampliamente utilizado en la inducción-sincronización estral del rebaño (Ungerfeld, 2009). Los métodos que utilizan progesterona o sus análogos, se basan en sus efectos en la fase lútea del ciclo, la simulación de la acción de la progesterona natural producido en el cuerpo lúteo después de la ovulación, que es el responsable de controlar la secreción de LH desde la hipófisis. Así, el control de la vida del cuerpo lúteo o manipulación de concentraciones circulantes de progesterona, permite la regulación del celo y la ovulación (Hansel y Convey, 1983).

En ovejas postparto, las cantidades de progesterona plasmática demuestran que algunas ovejas no ovulan antes de la sincronización, por lo cual se induce la ovulación después del retiro del CIDR (Castillo, 2012). Determinar las cantidades de

progesterona en plasma permite identificar la función ovárica y seguir el comportamiento reproductivo de las hembras (Matamoros *et al.*, 2002).

## **2.6 Somatotropina bovina recombinante (rbST)**

La somatotropina u hormona de crecimiento pertenece a la familia de las hormonas somalactogénicas que en su clasificación incluye a la prolactina y al lactógeno placentario y recientemente se ha expandido incluyendo un número de factores de crecimiento hematopoyéticos (Arkins *et al.*, 1993; De Vos *et al.*, 1993). Estimula la gluconeogénesis en el hígado aumentando el aporte de glucosa a la circulación general y a las células (Goodman, 1996) y la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo, movilizandolos los ácidos grasos del tejido adiposo, para una mayor utilización de los mismos y producir energía (McCutcheon y Bauman, 1986).

La somatotropina es una hormona proteica producida en las células acidófilas de la hipófisis anterior (Bauman, 1992) que influye indirectamente en la reproducción (Wathes, 1995), cuya producción está regulada por las hormonas hipotalámicas, factor liberador de somatotropina y la somatostatina (Etherton y Bauman, 1998). Hacia el inicio de la década de los años 80 se sintetizó somatotropina bovina por medio de tecnología con ADN recombinante (rbST), clonando un segmento específico de ADN bovino en la bacteria *Escherichia coli* K-12, donde la molécula resultante mostró ser biológicamente idéntica a la natural (Bauman, 1992). La rbST es una molécula proteica lineal simple de estructura cuaternaria formada por cuatro hélices (Van Der Walt, 1994) y está compuesta de 191 aminoácidos. La somatotropina ovina y la rbST difieren en su composición únicamente en un aminoácido, por lo que la rbST es biológicamente activa en ovejas (Bauman, 1992).

La forma de acción de la rbST sobre los procesos metabólicos es principalmente de manera directa, estimula el crecimiento de los tejidos corporales e influye en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas (Wathes, 1995), aunque algunos son mediados por sustancias intermedias llamadas somatomedinas que son factores de crecimiento de tipo insulínico (IGF-1 e IGF-2), los cuales son producidos en mayor

grado en el hígado y en menor cantidad en mamas y gónadas después de ser estimuladas por la somatotropina; ésta es una hormona que sin ser una gonadotropina participa en la esteroidogénesis y la foliculogénesis al estimular la producción de insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo- 1 (IGF-1) (Gong *et al.*, 1993).

### **2.6.1 Somatomedinas**

El factor de crecimiento similar a insulina tipo 1 (IGF-1), también conocido como somatomedinas, es un polipéptido de 7.5 KDa, constituido por una cadena peptídica de 70 aminoácidos y tiene una secuencia homóloga con la insulina (Blundell y Humbell, 1989). El IGF-1 es uno de estos muchos factores de crecimiento, con funciones especialmente en la regulación de las células de la granulosa y potente acción en la proliferación, diferenciación y esteroidogénesis de estas células (Lenz, 2007). En las células de la granulosa, especialmente para el desarrollo del cuerpo lúteo, es un potente estimulante en la liberación de la progesterona y de la oxitocina (Berisha y Schams, 2005).

El IGF-1 y el IGF-2 determinan el crecimiento, la diferenciación y la supervivencia de las células foliculares (Lucy, 2000). Para inducir la ovulación de hembras en anestro se debe estimular la madurez de un folículo o grupo de folículos de tal manera que una oleada natural de LH cause la ovulación (Hafez y Hafez, 2002). Las acciones más importantes del IGF ovárico se observan cuando éste actúa sinérgicamente con las gonadotropinas, debido a la habilidad del IGF para aumentar no solo los números de receptores para FSH y LH, sino también la actividad de los sistemas receptores de segundos mensajeros para estas hormonas (Lucy, 2000). La regulación de la foliculogénesis es un proceso dinámico en el cual IGF-1 y el IGF-2 tienen un papel importante, ya que hay una compleja interrelación entre FSH, esteroides, factores de crecimiento y otras hormonas que controlan el desarrollo folicular (Lenz, 2007). Spicer *et al.* (2005) observaron que las concentraciones de IGF-1 en el líquido folicular de los folículos grandes durante la fase folicular, eran significativamente superiores a las encontradas durante la fase luteal y a la de los folículos pequeños y medianos, tanto en

fase folicular como luteal. Estos datos sugirieron que el aumento de IGF-1 a nivel intrafolicular se asocia a una potenciación de la esteroidogénesis.

Las concentraciones plasmáticas máximas de factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1) quedan de manifiesto unas 20 horas después de la inyección. Debido a esta inducción y depuración lenta del IGF-1, los efectos de la hormona del crecimiento duran mucho más que su supervivencia en la circulación. Dicha hormona se desintegra en hígado, riñones y otros tejidos, y poca se excreta en orina (Goodman, 1996). Después de la inyección subcutánea de 500 mg de rbST, los niveles de IGF-I aumentan y se mantienen elevados durante 14 d; la repetición de la inyección cada 14 d mantiene niveles de IGF-I altos y constantes (Jousan *et al.*, 2007).

### **2.6.2 La función de la rbST en la fertilidad y prolificidad en ovejas**

En la oveja la administración de la hormona del crecimiento bovina (rbST) resulta en un incremento en los niveles del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF- I), y en un aumento de las concentraciones de insulina (Montero *et al.*, 2007). La rbST puede ser una herramienta práctica para aumentar la eficacia de los programas de inducción de la ciclicidad, ya que induce la ovulación en cabras en anestro. La inyección de rbST en cabras en anestro aumentó la proporción de animales que mostraron estro, lo que resultó en un incremento en la tasa de preñez, lo cual puede estar relacionado por el incremento de las cantidades séricas de IGF-1 e insulina estimulando la esteroidogénesis, el desarrollo folicular y la maduración del folículo dominante (Martínez *et al.*, 2011).

La rbST participa en el crecimiento folicular al inicio de la etapa independiente de gonadotropinas y pudiera tener un efecto inhibitorio sobre la apoptosis o muerte celular programada que tiende a incrementar el proceso de atresia folicular, al promover la secreción de estradiol, IGF-1, oxitocina e IGFBP-3 (Sirotkin y Makarevich, 1999), disminuye la sensibilidad del mecanismo de secreción de PGF<sub>2α</sub>, al reducir la actividad de la enzima ciclooxigenasa en las células del endometrio (Badinga *et al.*, 2002) e incrementa la síntesis de interferón T (IFN T), lo que favorece el rescate del cuerpo lúteo (Kerbler *et al.*, 1997; Mann *et al.*, 1999). En la oveja, el tratamiento con rbST

antes del estro incrementa la proporción de ovocitos fertilizados y el porcentaje de embriones que llegan a la etapa de blastocisto (Montero *et al.*, 2007) y por consiguiente, el porcentaje de gestación. Navarrete *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la hormona de crecimiento aplicada en un programa de superovulación en ovejas Pelibuey, observando una mayor maduración de folículos e incrementando la cantidad recuperada de embriones y la viabilidad embrionaria.

La administración de rbST previo al estro, incrementa la proporción de partos múltiples. Una dosis única de rbST cinco días antes del retiro del progestágeno aumenta la tasa de parición y prolificidad en ovejas. Estos efectos se asocian con un aumento en las concentraciones circulantes de IGF-1 (Carrillo *et al.*, 2007). La administración de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) en las ovejas Pelibuey, dos días antes del retiro del progestágeno reduce el tiempo a la presentación de estro e incrementa la proporción de partos triples. En ovejas ciclando se realizó un estudio para probar si un tratamiento con rbST dos días antes del retiro del progestágeno, influye en la sincronización de estros y prolificidad en ovejas Pelibuey, la cantidad de ovejas con partos sencillos y dobles fue similar entre tratamientos, pero en partos triples fue mayor ( $P < 0.05$ ) en las ovejas tratadas con rbST (32.73 %) con respecto a las tratadas con Gonadotropina Coriónica equina (eCG; 13.47 %; Sosa *et al.*, 2014).

### **2.6.3 La rbST en la producción de leche**

Se ha demostrado que la administración exógena de somatotropina mejora la producción de leche en mamíferos. La inyección de rbST ( $0.1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ PV}$ ) en ovejas incrementó la producción, componentes y contenido de grasa en leche (Peel and Bauman, 1987). La aplicación de 50 y 100 mg rbST en ovejas lactantes a partir de los 30-40 días postparto, una vez por semana por 60 días, no cambia el peso corporal, el consumo de materia seca, parámetros hematobioquímicos y composición de la leche, pero aumenta la producción de leche y mejora el crecimiento de las crías (Sallam *et al.*, 2005), se ha visto también que después de la inyección de rbST, la secreción de leche aumenta en el primer día y alcanza su máximo en la primera semana y que una producción de leche elevada se mantiene mientras el tratamiento continúa, pero rápidamente regresa al nivel del tratamiento control cuando se retira la aplicación

(Arkes, 2006). La mayor producción de leche ocasiona una mayor remoción de reservas corporales, lo cual se refleja en la pérdida de peso durante este periodo (Martínez, 1998).

Loerch *et al.* (1985) observaron que la estimulación en la producción de leche se induce por la descarga completa y frecuente de la glándula mamaria. En ovejas de pelo se ha observado que la producción láctea, disminuye después de la octava semana de lactancia (Castellanos y Valencia, 1982), por lo que el cordero lactante frecuentemente depende más del concentrado y forraje que de la leche materna.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El anestro posparto (APP) en ovejas disminuye la productividad del rebaño e implica pérdida económica en los productores, por lo que hay una necesidad de reducir el intervalo entre partos para obtener tres partos en dos años (Brozos *et al.*, 1999). Al respecto, la restricción del amamantamiento ha sido una alternativa de manejo que ha permitido acortar este periodo de las ovejas, sin afectar la ganancia de peso ni mortalidad de corderos (Morales *et al.*, 2004) o la posibilidad de utilizar otros compuestos como la Somatotropina Bovina recombinante (rbST) (Hernández y Rodríguez, 2008), lo cual podría mejorar la productividad de los rebaños. En ovejas cíclicas tratadas con progestágenos en combinación con rbST se observa un incremento en las variables reproductivas, siendo una posible alternativa para mejorar la rentabilidad de las unidades de producción (Sosa *et al.* 2014), considerando también aquellas ovejas en periodo postparto.

La administración de rbST para inducir la ovulación en cabras en anestro aumenta la proporción de animales en estro y la tasa de preñez, lo cual podría estar relacionado al incrementar las cantidades séricas de IGF-1 e insulina, estimulando la esteroideogénesis, el desarrollo folicular y la maduración del folículo dominante (Martínez *et al.*, 2011) y en ovejas Pelibuey, incrementa la proporción de partos múltiples (Carrillo *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue probar la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rbST) junto al manejo del amamantamiento, en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey. Y como hipótesis se plantea que la aplicación de rbST en combinación con el control de amamantamiento disminuye el intervalo parto primera ovulación.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización del área de estudio**

El estudio se realizó durante los meses de noviembre 2011 a febrero 2012 en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México (19°29' N y 98°53' O, con una altitud de 2220 m). El clima presente es de tipo Cb (Wo) (W) (i) g, correspondiente a un clima templado sub húmedo con lluvias en verano y una época seca en invierno. La temperatura media anual es de 15.2 °C y la precipitación media anual es de 636.5 mm (García, 1988).

### **4.2 Animales**

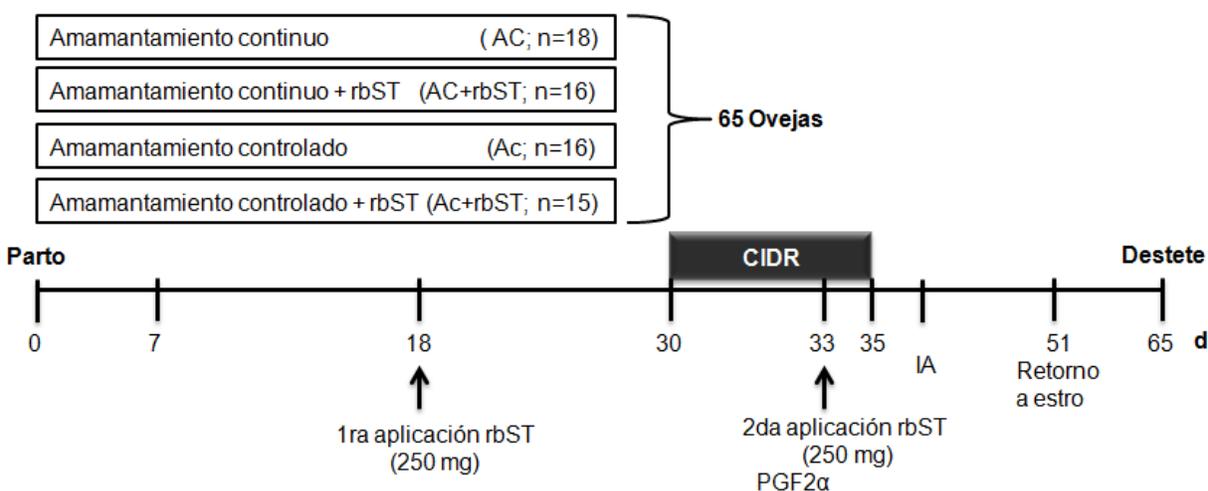
Se utilizaron 65 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con una edad de 4.5±1.2 años y un peso promedio de 59.7±9.6 kg con sus respectivos corderos, con un peso al nacimiento de 3.53±0.73 kg provenientes de partos simples y múltiples. Las ovejas fueron alimentadas con una dieta comercial (Borrega Plus; Alimentos unión Tepexpan®) con un mínimo de 15 % de proteína cruda, 3 % de grasa cruda, un máximo de 10 % de fibra cruda, 7 % de cenizas, 12 % de humedad y 53 % de E.L.N (1.2 kg<sup>-1</sup>), con forraje de buena calidad a libre acceso. A los corderos se les ofreció alimento concentrado iniciador con 20 % de PC a libre acceso a partir del día siete de edad, para lograr mejor peso corporal al destete (Camacho *et al.*, 2009). Y a partir de los 15 días de edad se les proporcionó una dieta integral con 20 % de proteína cruda y 2.7 Mcal de energía metabolizable, hasta el destete.

### **4.3 Tratamientos**

Las 65 ovejas al momento del parto se asignaron al azar a uno de los siguientes tratamientos: amamantamiento continuo (AC; n=18); amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante (AC+rbST; n=16); amamantamiento controlado (Ac, n=16) y amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante

(Ac+rbST; n=15) (Figura 2). Durante el experimento las ovejas con amamantamiento continuo permanecieron con sus crías las 24 h d<sup>-1</sup>. Los tratamientos con amamantamiento controlado permanecieron con sus corderos durante dos periodos de 30 min d<sup>-1</sup> (por la mañana y por la tarde). La restricción del amamantamiento se inició a los siete días de edad, con la finalidad de darles oportunidad a las crías de consumir calostro y leche a libre acceso, para evitar posibles enfermedades y asegurar el reconocimiento y vínculo selectivo madre-cría. El destete se realizó a los 64.62 ±2.29 días para los cuatro tratamientos.

A todas las ovejas en el día 30 postparto, se les aplicó un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR, Pfizer® 300 mg P<sub>4</sub>) por cinco días y una aplicación de 1 mL de PGF<sub>2α</sub> (5 mg de dinoprost, Lutalyse®, Laboratorios Pharmacia Animal Health) dos días antes del retiro del CIDR con la finalidad de sincronizar o inducir el estro en las hembras experimentales.



**Figura 2.** Esquema experimental utilizado en el estudio.

Las ovejas tratadas con Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) recibieron dos aplicaciones de 250 mg (rbST; Boostin-S®, Schering-Plough, México); la primera aplicación a los 18 días postparto y la segunda a los 15 días posteriores (día 33 postparto) dos días antes del retiro del progestágeno.

Las ovejas y los corderos se pesaron semanalmente, desde el parto hasta la semana siete postparto, para determinar los cambios de peso de las madres y las ganancias de peso de las crías. A los corderos se les aplicó Mu-Se® (1 mL por cada 90 kg de peso vivo, cada mL contiene Selenito de sodio 10,95 mg, equivalente a 5 mg de selenio, vitamina E (tocoferol) 68 UI, Mu-Se®).

#### 4.4 Preparación de las muestras sanguíneas

El seguimiento de la actividad ovárica postparto, se realizó por medio de la determinación de los niveles plasmáticos de progesterona. Se tomaron muestras de sangre dos veces por semana (Pérez *et al.*, 2002), desde el día 18 hasta el día 46 postparto, por punción yugular. Las muestras se centrifugaron a 693 x g durante 20 min (2500 rpm en centrífuga Solbat® C-600) dentro de la primera hora de su obtención y una vez separado el plasma se mantuvo a -20°C hasta su análisis. Los niveles de progesterona se determinaron por la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida (PROG CTRIA®, Cisbio Bioassays, Codolet, France).

#### 4.5 Variables evaluadas

- **Porcentaje de ovulación previo a la aplicación del CIDR.** Determinada como el porcentaje de ovejas que ovularon antes del día 30 postparto y detectadas por la cantidad de P<sub>4</sub>, se consideró que una oveja ovuló, cuando la concentración plasmática de progesterona fue > a 1 ng mL<sup>-1</sup> en una sola muestra o > a 0.5 ng mL<sup>-1</sup> en dos muestras consecutivas.
- **Inicio de estro.** Tiempo promedio a las manifestaciones de estro (h). Es el tiempo transcurrido en horas (h) después de retirado el CIDR hasta el momento en que las ovejas presentaron manifestaciones de estro, la detección de estros se realizó a intervalos de cuatro horas.
- **Presentación de estro.** Porcentaje de ovejas que manifestaron estro. Se llevó a cabo en todas las ovejas inmediatamente después del retiro de CIDR's. Realizándose detecciones cada cuatro horas hasta el momento que presentaron estro. Para ello se utilizaron carneros enteros provistos de un mandil para evitar

la cópula. Se determinó que una oveja estaba en estro, si ésta permitía la monta del macho quedándose totalmente inmóvil.

- **Porcentaje de ovulación después del retiro del CIDR.** Porcentaje de ovejas que presentaron  $1 \text{ ng mL}^{-1}$  de progesterona en una muestra ó  $0.5 \text{ ng mL}^{-1}$  en dos muestras consecutivas después del retiro del CIDR.
- **Porcentaje de retorno a estro.** Porcentaje de ovejas que manifestaron estro después de la inseminación artificial. Para determinar el retorno a estro, se utilizaron carneros provistos de un mandil por 60 minutos dos veces al día (mañana y tarde), durante un periodo de 17 días, iniciando el día de la inseminación. Se consideró que una oveja retornó a estro, cuando aceptaba la monta por el carnero quedándose totalmente inmóvil.
- **Porcentaje de gestación:** Porcentaje de ovejas gestantes en relación a las ovejas en el tratamiento. El diagnóstico de gestación fue determinado por un ecógrafo a los 45 días post inseminación.
- **Porcentaje de parición:** Porcentaje de ovejas que parieron con respecto a las ovejas gestantes
- **Fecundidad:** Determinada como el número de corderos nacidos entre el número de ovejas en el tratamiento.
- **Prolificidad:** Es el número de crías nacidas entre el número de ovejas paridas.
- **Comportamiento del peso corporal en ovejas:** Es el cambio de pesos de las ovejas desde el parto hasta la semana siete postparto.
- **Comportamiento del peso corporal en corderos:** Definido como el cambio en peso de los corderos desde el nacimiento hasta la semana siete de lactancia.

#### 4.6 Análisis estadístico

Las variables porcentaje de ovulación, presentación de estro, porcentaje de retorno a estro, porcentaje de gestación y porcentaje de parición se analizaron mediante el modelo de regresión logística en el Software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014). El modelo estadístico fue el siguiente:

$$\text{Ln} ( P_i / 1-P_i ) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Donde:

$P_i = P$  [una oveja responde al tratamiento  $i$ ]

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{si es tratamiento } i \\ 0 & \text{si es otro tratamiento} \end{cases}$$

La variable inicio de estro se analizó con la prueba no paramétrica Log-Rank para comparar curvas de supervivencia en el software MINITAB (MINITAB® Inc, 2010).

Las variables fecundidad y prolificidad se analizaron mediante el modelo de Regresión Poisson en el software InfoStat. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$\ln(y_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Donde:  $X_i = \begin{cases} 1 & \text{si es tratamiento } i \\ 0 & \text{si es otro tratamiento} \end{cases}$

$y_{ij}$  = es el número de corderos de repetición  $j$  con el tratamiento  $i$

Las variables comportamiento del peso corporal en ovejas y en corderos se analizaron en un diseño experimental con medidas repetidas, la estructura de correlación de errores con menor AIC (Criterio de Información de Akaike) fue el de simetría compuesta, los cálculos se realizaron utilizando el procedimiento de modelos lineales generales y mixtos de R (Versión 3.0.2, 2013) y una estructura de correlación de errores con simetría compuesta. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$T_i$  = Es el efecto del tratamiento  $i$

$S_j$  = Es el efecto de la semana  $j$

$TS_{ij}$  = Es el efecto de la interacción entre el tratamiento  $i$  y la semana  $j$

$Y_{ijk}$  = Es el peso de los animales del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima semana más el error aleatorio.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentaje de ovulación previo a la aplicación del CIDR

El porcentaje de ovejas que ovularon antes de la inserción del CIDR no fue diferente ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Porcentaje de ovulación previo a la aplicación del CIDR en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	N	% ovulación (n)
AC	18	27.8 <sup>a</sup> (5)
AC+rbST	16	12.5 <sup>a</sup> (2)
Ac	16	56.3 <sup>a</sup> (9)
Ac+rbST	15	40.0 <sup>a</sup> (6)

<sup>a</sup>Valores con misma literal en columna no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

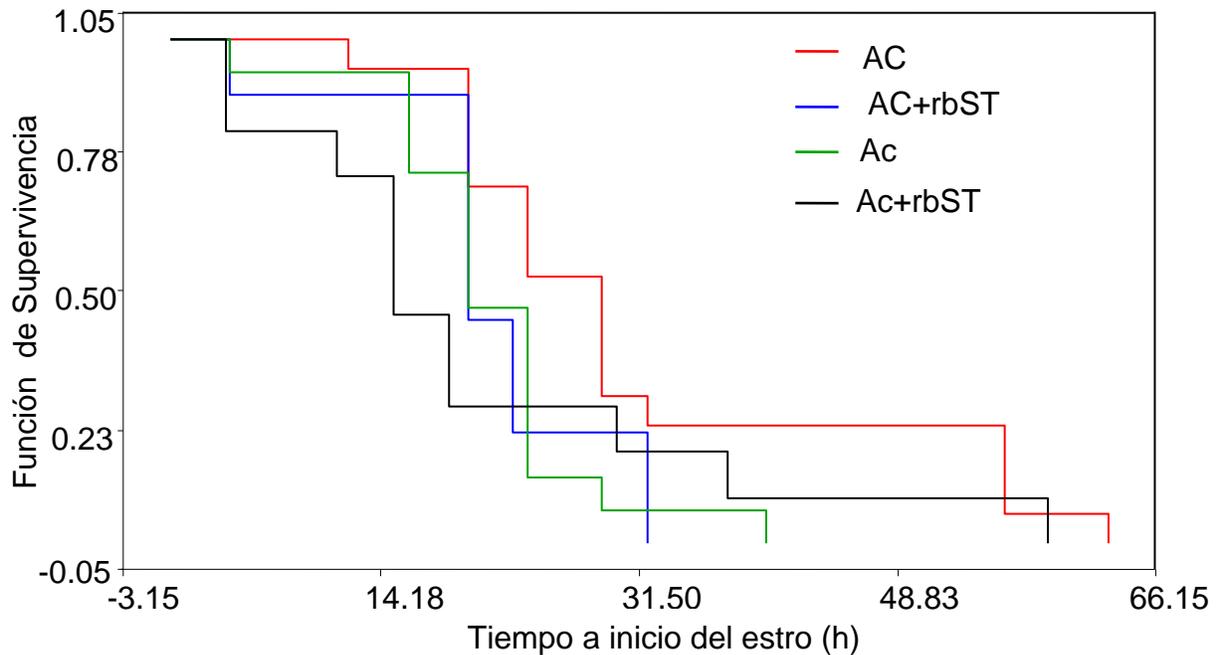
AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).

El control de amamantamiento no estimuló el restablecimiento de la actividad ovárica postparto, lo cual difiere a lo indicado por Morales *et al.* (2011) y Castillo *et al.* (2013) quienes reportaron que un 57.1% y 89.6 % de las ovejas con amamantamiento controlado ovulan en comparación con las ovejas con amamantamiento continuo (35.7 y 52.1 %; respectivamente;  $p\leq 0.05$ ). La aplicación de rbST a los 18 días postparto no mejoró el porcentaje de ovejas que ovularon y pudo deberse a la baja de peso que presentan las ovejas en este periodo y que se asocia a la mayor producción de leche.

### 5.2 Inicio de estro

El inicio del estro (h) fue similar en todos los tratamientos ( $p>0.05$ ; Figura 3), encontrándose para AC;  $32.27\pm 3.78$ , AC+rbST;  $21.91\pm 2.76$ , Ac;  $21.75\pm 2.0$  y Ac+rbST;  $22.40\pm 5.20$ . La administración de rbST y el manejo del amamantamiento en ovejas

Pelibuey en anestro postparto, no influyó en el inicio de estro después del retiro del CIDR.



**Figura 3.** Curva de supervivencia del inicio al estro en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Al respecto, se sabe que los progestágenos aplicados de manera exógena actúan simulando la presencia de un cuerpo lúteo, e inhiben la frecuencia de secreción de GnRH/LH. Al retirar el CIDR, las neuronas productoras de GnRH incrementan la frecuencia de secreción, lo que estimula que a nivel de hipófisis se incremente la frecuencia de secreción de LH/FSH y como consecuencia de dicho incremento se estimule el desarrollo y crecimiento folicular y la secreción de estradiol ( $E_2-17\beta$ ), presentándose los estros de manera sincronizada entre las 36 y 56 horas (López, 1991). En este estudio, se observó un menor tiempo de inicio de estro ( $21.75 \pm 2.0$  a  $32.27 \pm 3.78$  h), lo cual podría deberse, por un lado a la aplicación de la rbST, hormona que favorece la maduración folicular, provocando un mayor incremento en las concentraciones de estradiol y, en consecuencia, se presenta menor tiempo y respuesta al estro (Scaramuzzi *et al.*, 1999); y por otro lado, el control del

amamantamiento en periodos cortos durante el transcurso del día (uno o dos periodos de 30 min) incrementa la secreción pulsátil de LH (Morales *et al.*, 2004).

### 5.3 Presentación de estro y porcentaje de ovulación después del retiro del CIDR

La presentación de estro fue diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ ; Cuadro 2). El porcentaje de ovejas que presentaron estro fue menor ( $p < 0.05$ ) en AC + rbST (56.25 %) comparada con la obtenida en AC y Ac. Esto podría asociarse con la pérdida de peso ocasionada por la aplicación de la hormona (rbST), como se observa en la Figura 4. Por otro lado, el porcentaje de ovulación fue similar entre tratamientos ( $p > 0.05$ ; Cuadro 2). Las concentraciones de progesterona en plasma determinadas 11 días después del retiro del CIDR, confirmaron que el 100 % de las ovejas de los diferentes tratamientos ovularon.

**Cuadro 2.** Porcentaje de presentación de estro y porcentaje de ovulación en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por cinco días, sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	N	Presentación de estro (%)	% Ovulación (n)
AC	18	94.44 <sup>a</sup> (17)	100 (18)
AC+rbST	16	56.25 <sup>b</sup> (9)	100 (16)
Ac	16	93.75 <sup>a</sup> (15)	100 (16)
Ac+rbST	15	73.33 <sup>ab</sup> (11)	100 (15)

<sup>a,b</sup>Valores con diferente literal en columna difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).

Respecto a la presentación de estros, en las ovejas del AC+ rbST, respondieron menos al tratamiento, lo que puede asociarse a la pérdida de peso corporal (Figura 4). La pérdida de peso corporal es especialmente drástica en ovejas lactantes (Lindsay *et al.*, 1993) causada por el amamantamiento continuo. Se ha demostrado que las ovejas

Pelibuey manejadas con amamantamiento continuo pierden peso durante los primeros 49 días postparto (Morales *et al.*, 2004), como respuesta a las necesidades de energía para la lactación y se sabe que influye de forma negativa en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto (Church, 1993). Además, la hormona rbST favorece la partición de las calorías estimulando, principalmente, la producción de leche, evitando la disponibilidad para depositar grasa (Stehr *et al.*, 2001). Una mayor producción de leche durante la lactancia se asocia con una duración mayor del anestro postparto en ovejas (Kiesling *et al.*, 2000). También, se ha reportado que la pérdida de condición corporal durante la lactancia, es uno de los principales factores que inhiben el restablecimiento de la actividad ovárica después del parto (Lindsay *et al.*, 1993; Robinson *et al.*, 2002).

Por otro lado, en este estudio, el porcentaje de ovejas que ovularon fue del 100 %. Sin embargo, algunas de las hembras, a las cuales se les aplicó rbST no manifestaron estro (Cuadro 2). El mecanismo exacto por el cual, la rbST disminuye el comportamiento de estro es desconocido, se sugiere que la rbST tiene un efecto directo a nivel hipotalámico y afecta la sensibilidad del estradiol (Rivera *et al.*, 2010). Las ovulaciones en las ovejas con aplicación de rbST no fueron acompañadas de un comportamiento de celo.

#### **5.4 Porcentaje de retorno a estro**

El porcentaje de ovejas que retornaron a estro no fue diferente ( $p > 0.05$ ; cuadro 3) entre tratamientos, el retorno a estro en las ovejas durante el anestro postparto, se debe principalmente, al desarrollo de cuerpos lúteos de vida media corta en la primera ovulación postparto (Garverick *et al.*, 1992) o a una mortalidad embrionaria temprana (Ramón, 1997).

**Cuadro 3.** Porcentaje de retorno a estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por cinco días, sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	N	Retorno a estro (%)
AC	18	29.41±11.92 <sup>a</sup> (5)
AC+rbST	16	77.77±16.38 <sup>a</sup> (7)
Ac	16	33.33±12.69 <sup>a</sup> (5)
Ac+rbST	15	54.55±14.82 <sup>a</sup> (6)

<sup>a</sup>Valores con misma literal en columna no difieren estadísticamente (P >0.05).

AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).

La rbST provocó que las ovejas perdieran más peso (Figura 4) durante la lactancia y pudo ser la razón que las ovejas no respondieran al tratamiento (Lindsay *et al.*, 1993). Se sabe que, mantener una adecuada nutrición durante todo el ciclo reproductivo en el rebaño, trae como consecuencia, un incremento en la tasa de ovulación y el número de óvulos fecundados, así como una disminución en el número de muertes embrionarias (Macedo y Castellanos, 2004). Los datos sugieren que la respuesta favorable al uso de la rbST en ovejas en anestro postparto requiere de una cantidad de nutrientes adicionales en la dieta.

### 5.5 Porcentaje de gestación, porcentaje de parición, fecundidad y prolificidad

El porcentaje de gestación fue diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ ; Cuadro 4), donde se puede observar que en el AC+ rbST, el porcentaje de gestación (12.5 %) fue menor a los otros tratamientos (AC y Ac). Esto tiene una relación directa con el porcentaje de ovejas que tuvieron actividad reproductiva previo a la aplicación del CIDR (AC+rbST; 12.5 %, Cuadro 1).

**Cuadro 4.** Porcentaje de gestación, fecundidad y prolificidad en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	N	Gestación (%)	Fecundidad	Prolificidad
AC	18	66.67 <sup>a</sup> (12)	1.44±0.29 <sup>a</sup>	2.17±0.24 <sup>a</sup>
AC+rbST	16	12.50 <sup>c</sup> (2)	0.25 ±0.17 <sup>c</sup>	2.0±0.00 <sup>a</sup>
Ac	16	43.75 <sup>ab</sup> (7)	0.81 ±0.28 <sup>ab</sup>	1.86±0.34 <sup>a</sup>
Ac+rbST	15	26.67 <sup>bc</sup> (4)	0.47±± 0.24 <sup>bc</sup>	1.75±0.48 <sup>a</sup>
Media		38.46	0.77±0.14	2.00±0.16

<sup>a,b,c</sup>Valores con diferente literal en columna difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).

Bauman y Vernon (1993) mencionaron que el uso de rbST eleva las necesidades nutricionales de las hembras en producción, razón por la cual, probablemente, las ovejas tratadas con rbST en este estudio, perdieron más peso durante la lactancia y se inhibió la actividad estral. Además, el amamantamiento ejerce un efecto inhibitorio al retrasar el reinicio de la actividad cíclica y, por tanto, el inicio de una nueva gestación (Villagómez *et al.*, 1999). En la oveja se ha observado que entre el 20 y 30 % de los embriones mueren en los primeros 13 días post-fertilización (Nancarrow, 1994), debido a una disfunción del cuerpo lúteo que se da en la primera ovulación postparto (Garverick *et al.*, 1992) y se considera la principal causa de pérdidas de gestaciones en rumiantes (Hernández y Zarco, 1998).

Navarrete *et al.* (2008) al evaluar el efecto de la hormona de crecimiento aplicada en un programa de superovulación en ovejas Pelibuey, observaron una mayor maduración de folículos e incrementó la cantidad de embriones viables recuperados. Sin embargo, esto no concuerda con los bajos porcentajes de gestación obtenidos en este estudio, que van desde el 12.5 % al 66.67 %. Los datos sugieren que la rbST no mejora el porcentaje de gestación, lo cual puede deberse a que las hembras tratadas con rbST

necesitan un incremento de nutrientes en su dieta para poder compensar el aumento metabólico causado por la rbST.

Respecto al porcentaje de parición, no se presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos. Cabe mencionar que el porcentaje de parición en todos los tratamientos fue del 100 % de ovejas paridas en relación al número de ovejas previamente diagnosticadas gestantes.

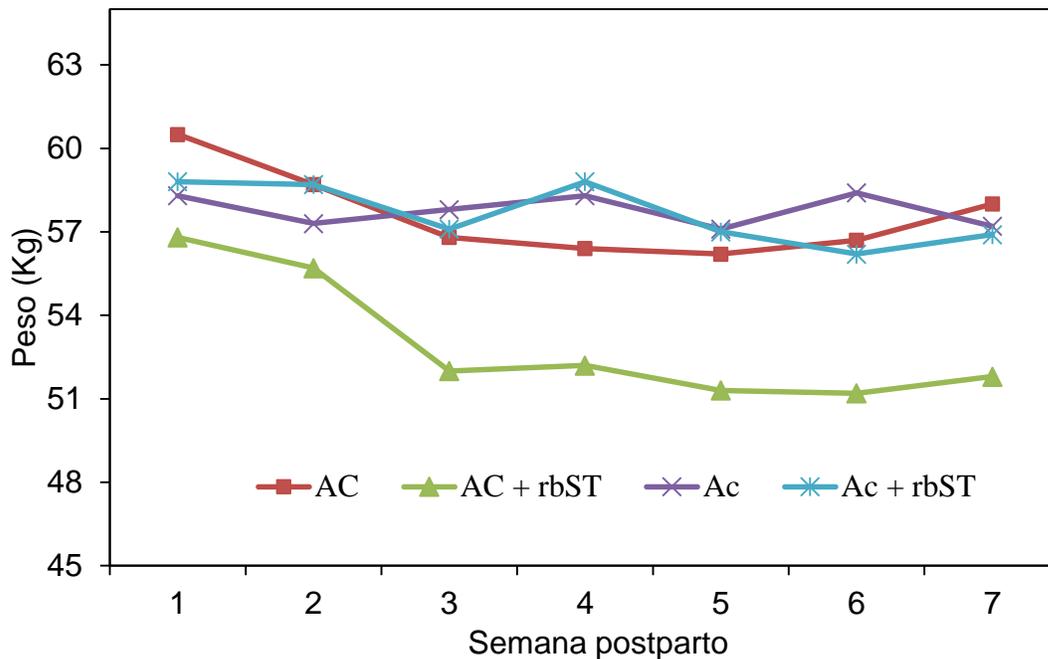
Para la variable fecundidad se observa una media de  $0.77 \pm 0.14$  corderos oveja<sup>-1</sup> en los tratamientos (Cuadro 4), encontrándose diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). En el tratamiento AC+rbST, las ovejas presentaron una tasa de fecundidad ( $0.25 \pm 0.17$  corderos oveja<sup>-1</sup>) inferior a los otros tratamientos. La diferencia en fecundidad presentada en los otros tratamientos pudo deberse a que las ovejas no presentaron mucha variación en peso corporal (Figura 4) durante la lactancia. Además, la fecundidad encontrada en el presente estudio puede ser atribuible a la baja cantidad de ovejas que quedaron gestantes.

La media general para la variable prolificidad fue de  $2.00 \pm 0.16$  corderos oveja<sup>-1</sup>, sin encontrarse diferencias ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 4). Estos valores de prolificidad encontrados son similares a los reportados por Sosa *et al.* (2014) en ovejas Pelibuey, con un valor de  $2.02 \pm 0.8$  corderos oveja<sup>-1</sup>. El valor obtenido en este estudio es mayor a lo obtenido por Carrillo *et al.* (2007; 1.64 corderos oveja<sup>-1</sup>). La prolificidad de las ovejas Pelibuey en anestro postparto que concibieron, no fue afectada por el amamantamiento, ni por la aplicación de rbST.

## **5.6 Comportamiento del peso corporal en ovejas**

Al analizar los cambios de peso, las ovejas del AC+rbST, mostraron mayor pérdida de peso corporal durante el estudio (Figura 4). Éste cambio de peso fue a partir de la semana tres siendo más evidente en la semana cinco y seis de lactación, donde la pérdida fue de 5.5 kg y 5.6 kg, respectivamente; con respecto al peso de la primera

semana postparto, mientras que las hembras de AC, Ac y Ac+rbST mantuvieron el peso (Anexo 1). La modalidad del tipo de amamantamiento, no influyó para que se dieran cambios de peso en las ovejas durante la lactancia pero sí la aplicación de la rbST.



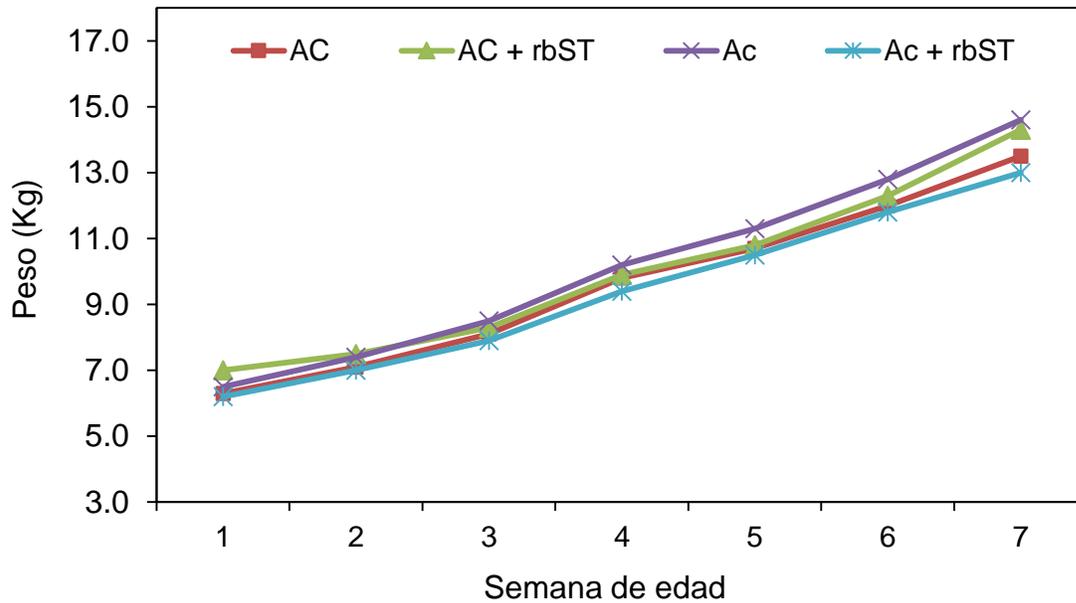
**Figura 4.** Comportamiento del peso corporal en ovejas Pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Existió diferencia de peso entre tratamientos a partir de la semana tres ( $p < 0.05$ ), el AC+rbST presentó menor peso comparado con los otros tratamientos. La baja de peso en la semana tres coincide con el pico de lactancia en ovejas Pelibuey (Camacho *et al.*, 2009) y con la primera aplicación de la rbST. Se ha sugerido que la pérdida de peso durante un mayor tiempo postparto observado en las ovejas con amamantamiento continuo (AC), es causado porque el amamantamiento a libre acceso y la presencia del cordero durante las 24 h d<sup>-1</sup>, estimulan la síntesis de leche en las ovejas Pelibuey (Morales *et al.*, 2004), a costa de sus reservas corporales. De acuerdo a Camacho *et al.* (2009), el pico de lactancia se presenta en la tercera semana postparto, por lo que se infiere que es el momento donde la oveja moviliza y utiliza sus reservas corporales

de energía, proteína y minerales (Pond *et al.*, 1995), lo que se refleja en pérdidas de peso (Martínez, 1998). Es importante mencionar que la secreción de leche aumenta después de la inyección de rbST, alcanza su máximo en la primera semana (Sallam *et al.*, 2005) y se mantiene elevada mientras el tratamiento continúa, pero rápidamente regresa al nivel del control cuando se retira su aplicación (Arkes, 2006). La administración exógena de rbST puede incrementar la producción de leche hasta en un 27 % y la leche producida requiere una cantidad adicional de nutrientes (Sallam *et al.*, 2005). La primera inyección de rbST fue al día 18 postparto, lo que coincidió con la mayor producción de leche que se da en ovejas Pelibuey, y se relaciona con la pérdida de peso en ovejas del AC+rbST.

### **5.7 Comportamiento del peso corporal en corderos**

El peso de los corderos durante la lactancia fue similar entre tratamientos ( $p>0.05$ ; Figura 5). Lo cual difiere con algunos estudios donde se reporta un mejor comportamiento de peso para corderos Pelibuey en amamantamiento continuo, en la 2a, 3a y 4a semana de lactación y se explica que es debido a la mayor producción de leche de las ovejas (Morales *et al.*, 2004). La rbST mostró una baja en el peso de las ovejas asociada con un incremento en la producción de leche, pero ésta no fue suficiente para mejorar el peso de las crías.



**Figura 5.** Comportamiento del peso corporal en corderos Pelibuey durante los primeras siete semanas de edad de madres sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Se sugiere que el amamantamiento controlado por dos periodos de 30 min (mañana y tarde) son suficientes para que el cordero consuma por más tiempo la leche producida por la madre y esto aunado al consumo temprano de alimento sólido en los corderos (Arroyo *et al.*, 2000). Además, evita problemas al momento del destete, dado que los corderos con amamantamiento controlado son más dependientes del alimento sólido que de la leche materna.

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados indican que la aplicación de rbST en ovejas Pelibuey amamantando reduce las manifestaciones de estro, y no mejora el porcentaje de gestación, así mismo, reduce el peso corporal de las ovejas, pero no incrementa el peso de los corderos. Además, independiente de los tratamientos, inducir la ovulación en ovejas amamantando a los 30 días postparto con CIDR por cinco días y una aplicación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , se logra que el 100 % de las ovejas ovulen.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aisen E. G. 2004. Reproducción ovina y caprina. En: Preparación de las hembras. Detección y control del estro y la ovulación. Figueiredo V. (ed). Inter-Médica, S.A.I.C.I., Buenos Aires, Argentina.
- Álvarez A. G., Z. M, Valencia, y R. O. L. Rodríguez. 1984. Manejo de la lactación para reducir el intervalo parto-primer celo en borregas Pelibuey. Memorias del X Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Gro. pp 247.
- Arkes R. M. 2006. Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1222-1234.
- Arkins S., R. Dantzer, and K. W. Kelley. 1993. Somatolactogens, somatomedins, and immunity. *J. Dairy Sci.* 76: 2437.
- Arreguín J. A. A., R. E. Santos, A. Villa-Godoy, H. Román-Ponce. 1997. Dinámica folicular ovárica en vacas Cebú con diferente condición corporal y frecuencia de amamantamiento durante el periodo anovulatorio posparto. División de Educación Continua, UNAM, F.M.V.Z. (Eds.), VII Curso Internacional de Reproducción Bovina.
- Arroyo L. J., H. Magaña S. y M. A. Camacho E. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 301 - 312.
- Arroyo L. J., P. Pérez H., A. A. I Porras, H. H. Vázquez, A. Pro M., J. Gallegos S. 2000. Amamantamiento y concentración sérica de progesterona (P4) postparto en ovejas Pelibuey. *Rev. Chapingo* 3:47-54.
- Arteaga C. J. D, 2012. Mensaje institucional en el acto Inaugural del VII Foro Ovino del Estado de México. INIFAP. ICAMEX.
- Áscari I. J., A. C. Alves., J. R. O. Pérez, R. R. Lima, I. F. F. Garcia, G. P. Nogueira, F. B. Junqueira, T. R. Castro, W. L. B. Aziani, N. G. Alves. 2013. Effects on body condition, return to postpartum ovarian cyclicity in Santa Ines ewes, and performance of lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 140: 153– 163.

- Badinga L. A., T. Guzeloglu, and W. W. Thatcher. 2002. Bovine Somatotropin attenuates phorbol ester-induced prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  production in bovine endometrial cells. *J. Dairy Sci.* 85:537-542.
- Bauman D. E., R. G. Vernon. 1993. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annu Rev. Nutr.* 13: 437-461.
- Bauman S. M. G. 1992. Bovine Somatotropin. Review of on emergency animal technology. *J. Dairy sci.* 75:3432-3451.
- Beam S. W., and W. R. Butler. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three of dietary fat. *Biol. Reprod.* 56: 133-142.
- Berbigier P., 1988. Effet du climat tropical sur la reproduction des ruminants domestiques: ame'liorations possibles. In: Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. INRA Publ., Versailles VII, pp. 165–189.
- Berisha B., D. Schams. 2005. Ovarian function in rumiants. *Dom. Anim. Reprod.* 9:305-317.
- Blache D. 2003. Balance de energía y reproducción en Rumiantes: Procesos endócrinos y neuroendócrinos. III Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados. Septiembre 151-168.
- Blache D., M. Batailler, C. Fabre-Nys C .1994. Oestrogen receptors in the preoptic hyphtalamic continuum: inmunohistochemical study of the distribution and cell density during oestrous cycle in ovariectomized ewe. *J. Neuroendocrin.* 6: 329-339.
- Blundell T. L., E. R. Humbell. 1989. Hormone families. Pancreatic hormones and homologous growth factors. *Nature.* 287:781-787.
- Brozos C. N., P. H. Saratsis, C. Boscós, S. C. Kyriakis, C. Alexopoulos. 1999. The effect of bovine somatotropin (bST) administration on reproduction, progesterone concentration during lactation and LH secretion during estrus, in dairy ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 56: 177–187.
- Caldeira R. M., A. T. Belo, C.C. Santos, M. I. Vazques., A.V. Portugal. 2007. The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Rum. Res.* 68:233-241.

- Camacho R. J. C., O. A. Villarreal E., J. E. Hernández H., F. J. Franco G., J. del C. Rodríguez C., D. García C., J. Gallegos S. 2009. Restricción del amamantamiento en la eficiencia reproductiva postparto de ovejas Pelibuey. XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC): Barbastro, 16-19 de septiembre de 2009. pp 346-350.
- Carrillo F., V. Orozco, J. A. Hernández, C. G. Gutiérrez, and J. Hernández-Cerón. 2007. A single dose of bovine somatotropin five days before the end of progestin synchronization improves prolificity in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 102:31-37.
- Castellanos A., M Valencia. 1982. Estudio cuantitativo y cualitativo de la producción láctea de las borregas Pelibuey. *Prod. Anim. Trop.* 7: 245-255.
- Castillo M. P. P. 2012. Manejo reproductivo postparto en ovejas de pelo. Colegio de Postgraduados. Tesis de maestría. 55 p.
- Castillo M. P. P., H. Vaquera H., L. Tarango A., P. Pérez H., A. C. Herrera C., J. Gallegos S. 2013. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Arch. Zootec.* 62 (239): 419-428.
- Chay C. A. J., A. J. Ayala Burgos, J.C. Kú-Vera, J. G. Magaña-Monforte, and L.O. Tedeshi. 2011. The effects of metabolizable energy intake on body fat depots of adult pelibuey ewes fed roughage diets under tropical condition. *Trop. Anim. Health Prod.* 43:929-936.
- Church D. C. 1993. *Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes*. Ed. Acribia, Zaragoza. 483 p.
- Clarke I. J., P. J. Wright, W. A. Chamley, K. Burman. 1984. Differences in the reproductive endocrine status of ewes in the early postpartum period and during seasonal anestrus. *J. Reprod. Fert.* 70:591-597.
- Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN) <http://www.conargen.mx/index.php/asociaciones/ovinos>. 19 agosto 2014.
- Cortes Z. J. 1993. Reinicio de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey paridas en diferentes épocas del año. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional autónoma de México. México, D. F., México. Tesis de doctorado. 124 p.
- Custhaw J. L., J. F. Hunter, and G. L. Williams. 1992. Effects of transcutaneous thermal and electrical stimulation of teat on pituitary luteinizing hormone, prolactin and

- oxytocin secretion in ovariectomized, estradiol-treated beef cows following acute weaning. *Theriogenology*. 37:915-934.
- De Fries C. A., D. A. Neuendorff and R. D. Randel. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.* 76:864-870.
- De la Isla H. G., J. R. Aké-López., A. Ayala-Burgos., González-Bulnes. 2010. Effect of body condition and season of the year on estrous cycle, estrous, follicular development and ovulation rate in Pelibuey ewes under tropical conditions. *Vet. Méx.* 41:167-175.
- De Vos A. M., M. Ultsh, and A. A. Kossiakoff. 1993. Human growth hormone and extracellular domain of its receptor: crystal structure of the complex. *Science* 255:306.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dixon A. B., M. Knights, J. L. Pate, P. E. Lewis, E. K. Inskeep. 2006. Reproductive performance of ewes after 5-day treatment with intravaginal inserts containing progesterone in combination with injection of prostaglandin F<sub>2</sub>α. *Reprod. Dom. Anim.* 41:142-148.
- Driancourt M. A., W. R. Gibson, L. P. Cahill. 1985. Follicular dynamics through the oestrus cycle in sheep. A review. *Reprod. Nutr. Dev.* 25:1-15.
- Etherton D. Terry, and Dale E. Bauman. 1998. Biology of Somatotropin in Growth and Lactation of Domestic Animals. *Physiol. Rev.* 78: 745–761.
- Evans N. P., T. A. Richter, D. C. Skinner, J. E. Robinson. 2002. Neuroendocrine mechanisms underlying the effects of progesterone on the oestradiol-induced GnRH/LH surge. *Reprod. Suppl.* 59: 57-66.
- Franco G. F. J., J. E. Hernández, O. A. Villareal E., C. Quiroz R., J. Gallegos S, J. C. Camacho R. 2012. Nota técnica: Variables productivas de corderos y ovejas Pelibuey inducidas al estro con hormonas exógenas y con diferentes tipos de amamantamiento. *Archivos Latinoamericanos de producción Animal*. Vol 20, Núm. 1-2:47-53.

- Funston R. 2005. Nutrition and Reproduction Interactions. Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle. October 3 and 4, 2006, Rapid City, South Dakota.
- Galaviz R. J. R. 2006. Nivel de alimentación sobre la condición corporal de las ovejas Pelibuey, un reflejo en la producción de corderos. SAGARPA-INIFAP. Fichas Tecnológicas por sistema producto. 2 p.
- Galina M. A., R. Morales, E. Silva, B. López. 1996. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in México. *Small Rum. Res.* 22: 31-37.
- Gallegos S. J., P. P. Hernández, A. Albarrán. 1999. Neuroendocrinología del ciclo reproductivo de la oveja. En Memorias del curso internacional en fisiología de la reproducción en rumiantes. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. pp. 1-26.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, México, Offset Larios. 217 p.
- Garverick, H. A., W. G. Zollers, M. F. Smith. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Anim. Reprod. Sci.* 28:111-114.
- Gong J. G., T. A. Bramley, R. Webb. 1993. The effect of recombinant bovine somatotropin on ovarian function in heifers: follicular populations and peripheral hormones. *Biol. Reprod.* 45, 941-949.
- González A., B. D. Murphy. J. De Alba, J. G. Manns. 1987. Endocrinology of the postpartum period in the pelibuey ewe. *J. Anim. Sci.* 64:1717-1724.
- González R. A., J. Valencia, W. C. Foot, B. D. Murphy. 1991. Hair sheep in México: Reproduction in the Pelibuey sheep. *Animal Breeding Abstracts*, 59: 509-524.
- González S. C., J. Ferreira Nunes, N. Madrid Bury, Z. Chirinos. 2002. Involución uterina en ovejas deslanadas west african en el medio tropical. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XII, N° 5*, 329-337.
- Goodman G. A. 1996. Bases farmacológicas de la terapéutica. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 9ª edición. México, D. F.

- Gregg D. W., G. E. Moss, R. E. Hudgens, P. V Malven. 1986. Endogenous opioid modulation of luteinizing hormone and prolactin secretion in postpartum ewes and cows. *J. Anim. Sci.* 63: 838-847.
- Hafez E. S. E., B. Hafez. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en animales. 7ma ed. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México, D. F. 523 p.
- Hansel W., E. M. Convey. 1983. Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 57:404–424.
- Hayder M., A. Ali. 2008. Factors affecting the postpartum uterine involution and luteal function of sheep in the subtropics. *Small Rum. Res.* 79:174–178.
- Hernández C. J y O. Rodríguez. 2008. La somatotropina bovina recombinante: una alternativa para mejorar la fertilidad y Prolificidad en rumiantes. In: Memorias del IV curso internacional de la fisiología de la reproducción de rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillos. Edo de México, México pp 16-29.
- Hernández C. L. J., Q. A. Zarco. 1998. Función del cuerpo lúteo y muerte embrionaria en rumiantes. *Ciencia Veterinaria.* 8:1-28.
- Herrera C. C. A. 2008. Efecto de la restricción del amamantamiento y el aceite de soya en el desarrollo folicular y el retorno a la actividad ovárica postparto en ovejas de pelo. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 109 p.
- Hunter G. L. 1968. Increasing the frequency of pregnancy in sheep. II. Artificial control of rebreeding and problems of conception and maintenance of pregnancy during the post partum period. *Anim. Breed. Abst.* 36 (4): 533-553.
- Jousan F. D., L. A. de Castro e Paula, J. Block, and P. J. Hansen. 2007. Fertility of lactating dairy cows administered recombinant bovine somatotropin during heat stress. *J. Dairy Sci.* 90: 341-351.
- Kerbler T. L., M. M. Buhr, L. T. Jordan, K. E. Leslie, J. S. Walton. 1997. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by conceptus in cattle. *Theriogenology.* 47: 703-714.
- Kiesling D. O., M. A. Akinbami, S. Meredith, J. E. Warren Jr. 2000. Uterine contraction patterns and fertility in early postpartum ewes. *Small Rum. Res.* 38:51-56.
- Legan J. S., J. F. Karsh. 1979. Neuroendocrine regulation of the estrous cycle and season breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 20: 74-85.

- Lenz M. I., F. Ramírez, y F. Uribe. 2007. Papel del factor de crecimiento semejante a la insulina (IGF-1) en la regulación de la función ovárica. *Biosalud*. 6: 149-159.
- Lindsay D. R., G. B. Martin, I. H. Williams. 1993. Nutrition and reproduction. In: King, G.J. Ed., *Reproduction in Domesticated Animals*. World Anim. Sci. pp 459–491.
- Loerch S. C., K. E. McClure, C. F. Parker. 1985. Effects of number of lambs suckled and supplemental protein source on lactating ewe performance. *J. Anim. Sci.* 60:6.
- López S. A. 1991. Descarga preovulatoria de LH y momento de la ovulación en ovejas con celo inducido mediante progestágenos y PMSG. *Investigación Agraria*. 6 (2): 123-131.
- López S. A., M. J. Santiago, G. A. De Bulnes y L. M. García. 1993. Aspectos característicos de la fisiología reproductiva de la oveja. *Rev. Científica, FCV-LUZ* Vol. III, No. 2. 3: 123:133.
- Lozano J. M., F. Forcada. J. A. Abecia. 1998. Opioidergic and nutritional involvement in the control of luteinizing hormone secretion of postpartum Rasa Aragonesa ewes lambing in the mid-breeding season. *Animal Reproduction Science*, 52: 267-277.
- Lucy M. C. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1635–1647.
- Lucy M. C., C. R. Staples, W. W. Thatcher, P. S. Ericson and B. O. Brodie. 1992. Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim. Prod.* Vol. 54. Num. 3. pp 323-331.
- Macedo R. y A. Alvarado. 2005. Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Arch Zootec*, 54: 51-62.
- Macedo R., y Y. Castellanos. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de reproducción ovino en el trópico. *Avances de investigación Agropecuaria*. Vol. 8, número 3. 9 p.
- Malven, P. V., R. E. Hudgens. 1987. Naloxone reversible inhibition of luteinizing hormone in postpartum ewes: effects of suckling and season. *J. Anim. Sci.* 65:196-202.

- Mann G. E., E. Lamming, S. Robinson, and C. Wathes. 1999. The regulation of interferon-tau production and uterine hormone receptors during early pregnancy. *J. Reprod. Fertil.* 54:317-328.
- Martin G. B., y H. G. Banchemo. 1999. Nutrición y reproducción en rumiantes. Memorias I Curso Internacional. Fisiología de la reproducción en rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. pp 27-58.
- Martínez A. M., G. Gutiérrez, Y. Domínguez, y J. Hernández. 2011. Respuesta estral y tasa de preñez en cabras en anestro estacional tratadas con progestágenos y somatotropina bovina. *Rev. Méx. Cienc. Pec.* 2(2):221-227.
- Martínez H. P. A. 1998. Manejo alimenticio de la oveja de cría. *In: Memorias de las Bases de la Cría Ovina IV. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, México.* pp: 29-38.
- Matamoros R., C. Gómez, M. Andaur. 2002. Hormonas de utilidad diagnóstica en medicina veterinaria. *Arch. Med. Vet.* 34 (2): 167-182.
- Mattos R., R. S. Charles, W. William. Thatcher. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.* 5: 38–45.
- Mbayahaga J., S. N. M. Mandiki, J. L. Bister, R. Paquay. 1998. Body weight, oestrous and ovarian activity in local Burundian ewes and goats after parturition in the dry season. *Anim. Reprod. Sci.* 51, 289–300.
- McNeilly A. S. 2001. Lactational control of reproduction. *Reproduction Fertility and Development*, 13: 583-590.
- Montero A., J. Hernández, J. Valencia, C. G. Gutierrez, S. Rojas, J. Hernández Cerón. 2007. Treatment with bST during progestin. Synchronization increases the blastocyst rate in ewes. *J. Anim. Sci.* 85:324.
- Montiel C. M. I. 2014. “Efecto macho” en la ovulación postparto de ovejas pelibuey amamantando. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 54 p.
- Morales T. G. 2010. Estrategias de manejo del anestro postparto en ovejas pelibuey. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 94 p.
- Morales T. G., A. P. Martínez, B. F. Sandoval, C. Sánchez del R., J. Gallegos S. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia.* vol. 38, núm. 2: 165-171.

- Morales T. G., C. A. Herrera C., P. Pérez H., J. Salazar O., J. Gallegos S. 2011. Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of Postpartum ovarian activity in pelibuey sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 13, núm. 3: 493-500.
- Nancarrow C. D. 1994. Embryonic mortality in the ewe and doe. in: M. T. Zavy, R.D. Geisert (Eds.) *Embryonic Mortality in Domestic Species*. CRC Press, Boca Raton, FL. 79–97.
- Naqvi S. M. K., A. Joshi, V. P. Maurya. 2007. Application of reproductive technologies for improving reproductive efficiency of sheep-a review. *Indian J. Small Rum.* 13(2): 115-143.
- Navarrete S. L. F., A. A. C. Tamayo, E. I. G. Parra, R. E. P. Aguilar, J. R. S. García, V. T. López y J. P. R. Ugalde. 2008. Efecto de la aplicación de la hormona de crecimiento recombinante (rbST) sobre la respuesta superovulatoria y la viabilidad embrionaria en ovejas de pelo. *Revista Científica XVIII*: 175-179.
- Newton G. R., K. K. Schillo, L. A. Edgerton. 1988. Effects of weaning and naloxone on luteinizing hormone secretion in postpartum ewes. *Biol. Reprod.* 39: 532-535.
- Parvizi N. 2000. Neuroendocrine regulation of gonadotropins in the male and the female. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 31-47.
- Pawel M. B., T E. Baby, J. L. Giffin. 2011. Reproductive cycles in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 124: 259–268.
- Peel C. J., and D. E. Bauman.1987. Somatotropin y lactation. *J. Dairy Sci.* 70:474.
- Pérez H. P., M. García Winder and J. Gallegos-Sánchez. 2002. Postpartum anoestrus is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual purpose cows. *Anim. Reprod. Sci.* 73: 159-168.
- Pérez H. P. V., M. H. Valdez, B. F. Sandoval, G. T. Hernández, P. Díaz Rivera, J. Gallegos-Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica postparto de ovejas pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Revista Científica*, Vol. XIX, Núm. 4, julio-agosto. pp 343-349.
- Pond W. G., D. C. Church, and R. R. Pond. 1995. *Basic animal nutrition and feeding* 4ta. ed. John Wiley and sons. USA. pp 415-443.

- Programa Nacional Ganadero (PROGAN 2010) SAGARPA. Recuperado el 15 abril 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.asp>  
x.
- Ramón V. J. 1997. Factores de mortalidad embrionaria en ovejas. *Agrociencia* 31:113-120.
- Rawlings N. C., P. M. Bartlewski. 2007. Clinical reproductive physiology of ewes. In: Youngquist, R.S., Threlfall, W.R. (Eds.), *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. , 2nd ed. Elsevier Inc, St. Louis, MO, USA. Rawlings.
- Rhodes F. M., S. Macdougall, C. R. Burke, G. A. Verkek and K. L. Macmillan. 2003. Invited Review: Treatment of cows with and extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy Sci.* 86: 1876-1894.
- Rivera, F., C. Narciso, R. Oliveira, R. L. Cerri, A. Correa-Calderón, R. C. Chebel, and J. E. P Santos. 2010. Effect of bovine somatotropin (500 mg) administered at ten-day intervals on ovulatory responses, expression of estrus, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93: 1500-1510.
- Robinson J. J., J. A. Rooke, T. G. McEvory. 2002. Nutrition for conception and pregnancy. In: *sheep Nutrition*, CABI Publishing, Wallingford, U.K. pp 189-211.
- Rodríguez L. O., A. M. Heredia, J. Quintal, y A. L. Carrillo. 1986. Manejo de la lactación para incrementar la eficiencia reproductiva en ovejas Pelibuey. I. Presencia del cordero en destetes temporales. *Téc. Pec. Méx.* 51: 104-110.
- Sallam S. M. A., M. E. A Nasser, M. I. Yousef. 2005. Effect of recombinant bovine somatotropin on sheep milk production, composition and some hemato-biochemical components. *Small Rumin. Res.* 56:165–171.
- Savio J. D., M. P. Boland and J. F. Roche. 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J. Reprod. Fertility.* 88: 581-591.
- Scaramuzzi R. J., B. K. Campbell, J. A. Downing, N. R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez, A. Somchit. 2006. Pituitary responsiveness to LH-RH, the occurrence of oestradiol-17- $\beta$ -induced positive feedback and the resumption of oestrous cycles in ewes post-partum. *J. Reprod. Nut. Dev.* 46, 339–354.

- Scaramuzzi R. J., J. F. Murray, J. A. Downing, B. K. Campbell. 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Domestic Anim. Endocrinol.* 17: 269–277.
- Schillo K. K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70, 1271–1282.
- Schirar A., Y. Cognie, F. Louault, N. Poulin, M. C. Levasseur, J. Martinet. 1989. Resumption of oestrous behaviour and cyclic ovarian activity in suckling and non-suckling ewes. *J. Reprod. Fertility*, 87: 789-794.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Recuperado el 15 de abril de 2014. <http://infosiap.siap.gob.mx>
- Short, R. E., R. A. Bellows, R. B. Staigmiller, J. G. Berardinelli, E. E. Custer. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799–816.
- Skinner D. C., A. Caraty, R. Allingham. 2001. Unmasking the progesterone receptor in the preoptic area and hypothalamus of the ewe: no colocalization with gonadotropin-releasing neurons. *Endocrin.* 142: 573-579
- Sirotkin A. V. and V. Makarevich. 1999. GH regulates secretory an apoptosis in cultures bovine granulosa cells through the activation of the cAMP/protein kinase a system. *J. Endocrinol.* 163: 317-327.
- Smart D., I. Singh, R.F. Smith, and H. Dobson. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *J. Reprod. Fertility*, 101:115-119.
- Snyder J.L., Clapper, J.A., Roberts, A.J., Sanson, D.W., Hamernik, D.L., Moss, G.E. 1999. Insuline-like growth factor-I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes. *Biol. Reprod.*, 61:219-224.
- Sosa P. G., P. Pérez H., H. Vaquera H., J. Salazar O., C. Sánchez del R., S. Cadena V., J. Gallegos S. 2014. Somatotropina bovina recombinante en sincronización de estros y prolificidad de ovejas Pelibuey. *Arch. Zootec.* vol. 63, núm. 241. pp 219-222.

- Spicer L. J., C. A. Santiago, T. R. Davidson, T. S. Bridges, C. S. Chamberlain. 2005. Follicular fluid concentrations of free insulin-like growth factor (IGF-1) during follicular development in mares. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29: 573-581.
- Stehr W., B. Twele, L. Rosales. 2001. Uso de somatotropina recombinante en vacas lecheras. *Arch. Zootec.* 50: 419-422.
- Ungerfeld R. 2009. The induction of oestrus in ewe during the non-breeding season using preused CIDRs and oestradiol-17 $\beta$  treatment. *Small Rum. Res.* 84: 129-131.
- Valencia M., y E. González, 1993. Pelibuey sheep in Mexico. En "Hair sheep of western Africa and the Americas". Edit.H.A. Fithugh.G.E. Bradford. Publ. Westview press. USA. Chap. 2.1:55 -73.
- Van Der walt J. G. 1994. Somatotropin physiology- a review. *S. Afr, Tydskr. veek.* 24:1-8.
- Villagómez A.E., J. M. Zárate, H. M. Arellano, G. A. Villa, E. E. González. 1999. Efectos de la suplementación energética y del amamantamiento sobre el desarrollo folicular y el anestro de vacas de doble propósito. XXXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Yucatán, México. p 27.
- Wade G.N., J. E. Jones. 2004. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287: R1277-R1296.
- Wathes D. C., C. M. Peras, A. J. Davis, P. A. Denning-Kendall. 1995. Regulation of insulin-like growth factor-I and progesterone synthesis by insulin and growth hormona in the ovine ovary. *Biol. Reprod.* 882-889.
- Webb R., K. J. Woad, D. G. Armstrong. 2002. *Domestic Anim. Endocrin.* 23: (277-285).
- Wettemann R. P. 1980. Postpartum endocrine function of cattle, sheep and swine. *J. Anim Sci.* 51:2-15.
- Williams G. L., O. S. Gazal, V. G. A. Guzmán and R. L. Stanko. 1996. Mechanism regulating suckling- mediated anovulation in the cow. *Anim. Reprod. Sci.* 42:289-297.
- Wright P.J., J. Malmo. 1992. Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet. Clin. North. Am.: Food Anim. Pract.* 8, 57-89.

Yavas Y., W. H. Jonson and J. S. Walton. 1999. Modification of follicular dynamics by exogenous FSH and progesterone and the induction of ovulation using hCG in postpartum beef cows. *Theriogenology*. 52:949-963.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Comportamiento del peso corporal en ovejas pelibuey sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	Semana Postparto						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	60.5 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.7 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	56.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	56.4 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>	56.2 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>	56.7 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.0 <sup>a</sup> <sub>x</sub>
T2	56.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	55.7 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	52.0 <sup>ab</sup> <sub>y</sub>	52.2 <sup>ab</sup> <sub>y</sub>	51.3 <sup>b</sup> <sub>y</sub>	51.2 <sup>b</sup> <sub>y</sub>	51.8 <sup>ab</sup> <sub>y</sub>
T3	58.3 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.3 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.3 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.1 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.4 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.2 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>
T4	58.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.7 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.1 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	58.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	57.0 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	56.2 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>	56.9 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>

<sup>a</sup>Valores con distinta literal en fila no difieren estadísticamente (P>0.05).

<sup>x</sup>Valores con la misma literal en columna no difieren estadísticamente (P>0.05).

AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).

**Anexo 2.** Comportamiento del peso corporal en corderos pelibuey durante los primeras siete semanas de edad de madres sometidas a amamantamiento continuo (AC) y controlado (Ac), con y sin somatotropina bovina recombinante (rbST).

Tratamiento	Semana de edad						
	1	2	3	4	5	6	7
AC	6.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	8.1 <sup>b</sup>	9.8 <sup>c</sup>	10.7 <sup>cd</sup>	12.0 <sup>de</sup>	13.5 <sup>e</sup>
AC+rbST	7.0 <sup>a</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>b</sup>	9.9 <sup>c</sup>	10.8 <sup>c</sup>	12.3 <sup>d</sup>	14.3 <sup>e</sup>
Ac	6.5 <sup>a</sup>	7.4 <sup>ab</sup>	8.5 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>	11.3 <sup>c</sup>	12.8 <sup>d</sup>	14.6 <sup>e</sup>
Ac+rbST	6.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>ab</sup>	7.9 <sup>b</sup>	9.4 <sup>c</sup>	10.5 <sup>c</sup>	11.8 <sup>d</sup>	13.0 <sup>e</sup>

<sup>a</sup>Valores con la misma literal en fila no difieren estadísticamente (P>0.05).

AC (Amamantamiento continuo); AC+rbST (Amamantamiento continuo con somatotropina bovina recombinante; Ac (Amamantamiento controlado); Ac+rbST (amamantamiento controlado con somatotropina bovina recombinante).