



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

SOMATOTROPINA BOVINA RECOMBINANTE (rbST) EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PELIBUEY

GUSTAVO SOSA PÉREZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

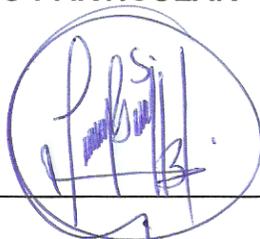
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2012

La presente tesis, titulada: "**Somatotropina Bovina recombinante (bST) en la sincronización de estros y prolificidad de ovejas Pelibuey**", realizada por el alumno: **Gustavo Sosa Pérez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____



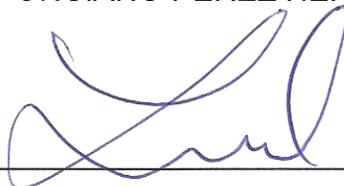
DR. JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ

ASESOR: _____



DR. PONCIANO PÉREZ HERNÁNDEZ

ASESOR: _____



DR. JUAN SALAZAR ORTÍZ

ASESOR: _____



MC. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Agosto de 2012.

SOMATOTROPINA BOVINA RECOMBINANTE (rbST) EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PELIBUEY

Gustavo Sosa Pérez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si la administración de la Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) dos días antes del retiro del progestágeno, influye en la sincronización de estros y prolificidad en ovejas Pelibuey. Se utilizaron 180 ovejas de 4 ± 0.32 años de edad, a las cuales se les inserto un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P₄ 0.3 g) por nueve días. Dos días antes del retiro del dispositivo, las ovejas se asignaron aleatoriamente a tres tratamientos: (**T1** n=60; CIDR), (**T2** n=60; CIDR+250 mg de rbST), y (**T3** n=60; CIDR+ 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) 48 horas antes del retiro del progestágeno). No se observaron diferencias ($p > 0.05$) en la respuesta a tratamiento en la sincronización de estros, porcentaje de retorno a estro, gestación y parición, así como en la fecundidad, prolificidad y peso de corderos al nacimiento. El tiempo a inicio del estro fue menor ($p < 0.05$) en las ovejas tratadas con rbST (31.95 ± 2.85 h) y eCG (32.55 ± 3.00 h), en comparación a las tratadas con solo progesterona (43.67 ± 3.55 h). 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 eCG (13.47 %). La administración de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) en ovejas Pelibuey, dos días antes del retiro del progestágeno reduce el tiempo a la presentación de estro e incrementa la proporción de partos triples.

Palabras clave: Ovejas Pelibuey, Sincronización, rbST, Partos múltiples.

RECOMBINANT BOVINE SOMATOTROPIN (rbST) IN ESTRUS SYNCHRONIZATION AND PROLIFICACY IN PELIBUEY SHEEP

Gustavo Sosa Pérez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

SUMMARY

The aim of this study was to determine whether administration of recombinant bovine somatotropin (rbST) two days before at the end of treatment progestin influences the synchronization of estrus and litter size in Pelibuey sheep. To synchronize estrus 180 sheep with 4 ± 32 years were treated with, controlled internal drug release (CIDR) devices containing 300 mg of progesterone, for nine days and two days before the withdrawal of the device, were randomly assigned to three treatments. (T1, n = 60) CIDR, (T2, n = 60) CIDR +250 mg (rbST) and (T3, n = 60) CIDR + 300 IU equine chorionic gonadotropin (eCG) 48 hours before at the end of progestin. No differences were observed ($p > 0.05$) for, response to treatment in the synchronize of estrus, return to estrus, pregnancy and calving percentage, as well as fertility, prolificacy and lamb weight at birth. The time to onset of estrus was lower ($p < 0.05$) in treatments which rbST (31.95 ± 2.85 h) and eCG (32.55 ± 3.00 h) were applied compared with the treatment that was apply only progesterone (43.67 ± 3.55 h). The number of ewes with single and double delivery was similar between treatments, but different triplets was greater ($p < 0.05$) in rbST treatment (32.73%) and lowest in the eCG group (13.47%). The administration of 250 mg of recombinant bovine somatotropin (rbST) in Pelibuey ewes, two days before at the end of progestin treatment improves estrus synchronization with less time presenting external signs of estrus, and increases the proportion of multiple births.

Keywords: sheep Pelibuey, synchronization, rbST, multiple births.

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 la **línea de investigación LPI-5** y al **Laboratorio de Reproducción de ovinos y Caprinos (LaROCa)**.

Al **Dr. Jaime GALLEGOS SÁNCHEZ** por la oportunidad y la confianza que me brindo para pertenecer a su equipo de trabajo, por la dirección de esta tesis y principalmente por las enseñanzas, comentarios y su valiosa amistad.

Al **Dr. Ponciano PÉREZ HERNÁNDEZ** por ser la persona que me dio la oportunidad de desarrollarme como profesional, por los logros obtenidos al trabajar a su lado, por la motivación a seguir superándome y principalmente por el tiempo invertido en la revisión de la presente, así como su valiosa amistad, mil gracias doctor.

Al **Dr. Juan SALAZAR ORTÍZ**, al **MC. Carlos SÁNCHEZ DEL REAL** y al **Dr. César CORTEZ ROMERO** por su tiempo, dedicación y sus valiosas observaciones en la redacción final de esta tesis.

Al **Dr. Humberto VAQUERA HUERTA** por su gran apoyo en el análisis estadístico de esta investigación, por sus consejos y su amistad.

A mis compañeros del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos. Al **MC. Said CADENA VILLEGAS**, **MVZ. Elizabeth PEREZ RUIZ**, **MC. Silvia FRAIRE CORDERO**, **MVZ. Marco AYALA MONTER** y al **IAZ. Amado ALVAREZ CEPEDA** por su sincera amistad y gran apoyo en la fase experimental de esta investigación

DEDICATORIAS

A Dios por la vida que me regalo y por ayudarme a cumplir una más de las metas en mi vida.

A mis Padres, Guillermo Sosa López y Rosa María Pérez Zamudio, por darme la dicha de nacer. A ti Padre, porque de tu ejemplo trato de aprender la seguridad, la seriedad y la constancia en el trabajo y a ti Madre, por tenerme tanta comprensión apoyándome en los momentos difíciles y por llenarme de amor. ¡Los adoro!

A mí adorada Jacqueline gracias por ser mi compañera incondicional en todos nuestros sueños y deseos de superación, por ser mi apoyo para seguir adelante aunque el camino parezca difícil, gracias amor por que con tu comprensión e inigualable amor hemos cumplido una más de nuestras metas, este logro es tuyo **negrita** ¡Te amo!

A mi pequeña Evelyn porque a tu llegada cambiaste nuestras vidas, eres el eje de mi vida y fuente de energía para seguir adelante día con día, gracias princesa por apoyarme para seguir superándome ¡Te amo!

A mis hermanas Tony y Naty porque siempre encontrado en ustedes el apoyo y la comprensión en los momentos difíciles de mi vida. Gracias Tony por todos tus consejos, eres para mí un ejemplo a seguir y Naty este logro para ti no es un límite, tú tienes mucha capacidad para poder llegar más lejos ¡Las amo!

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Situación actual de la ovinocultura en México	3
2.2 Características reproductivas de la oveja Pelibuey	4
2.2.1 Fertilidad	4
2.2.2 Prolificidad	5
2.2.3 Fecundidad	5
2.3 Reconocimiento materno de la gestación.....	6
2.4 Inducción y sincronización del estro en la oveja.....	6
2.4.1 Métodos de sincronización de estros.....	7
2.5 Somatotropina bovina recombinante (rbST).....	10
2.5.1 rbST en la fertilidad y Prolificidad.....	11
2.5.2 rbST en la sobrevivencia embrionaria.....	12
2.6 Somatomedinas (IGF-1).....	13
2.6.1 El IGF-1 en la foliculogénesis	14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
IV. MATERIALES Y METODOS	17
4.1 Localización.....	17
4.2 Animales experimentales y alimentación.....	17
4.3 Protocolos de sincronización y tratamientos	17
4.4 Detección de estros.....	18
4.5 Inseminación artificial	19
4.6 Retorno a estro.....	20

4.7	Diagnostico de gestación	20
4.8	Prolificidad.....	20
4.9	Variables de estudio.....	21
4.10	Análisis estadístico.....	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1	Respuesta a tratamientos en la sincronización del estro.....	23
5.2	Inicio y distribución del estro.....	25
5.3	Retorno a estro.....	28
5.4	Porcentaje de gestación y parición.....	29
5.5	Fecundidad.....	32
5.6	Prolificidad.....	34
5.7	Tipo de parto	37
5.8	Peso de corderos al nacimiento.....	39
VI.	CONCLUSIONES	42
VII.	LITERATURA CITADA	43

CONTENIDO DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Descripción de tratamientos utilizados en la sincronización del estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.....	18
Cuadro 2. Porcentaje de incidencia de estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	23
Cuadro 3. Inicio del estro (media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.....	25
Cuadro 4. Tasa de retorno al estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	28
Cuadro 5. Tasa de gestación y parición en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	30
Cuadro 6. Fecundidad en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	32
Cuadro 7. Prolificidad de ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	34
Cuadro 8. Tipo de parto de ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	37
Cuadro 9. Pesos al nacimiento de corderos por tipo de parto de ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.....	39
Cuadro10. Pesos al nacimiento de corderos machos y hembras procedentes de diferente tipo de parto, nacidos de ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.....	40

CONTENIDO DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Principales estados con población ovina en México durante el año 2010. SIAP-SAGARPA, 2012.....	3
Figura 2. Curva de supervivencia del inicio al estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno	27

I. INTRODUCCIÓN.

En México, la ovinocultura ha crecido en los últimos años, siendo los estados del centro los que mayor aportan al inventario ovino nacional (Cuellar, 2006; SIAP-SAGARPA, 2012). El objetivo de estas unidades de producción ovina está enfocado a producir ganado para pie de cría y corderos para abasto, bajo los sistemas de producción intensiva, extensiva, semi-extensivos y de traspatio. De acuerdo a las cifras proporcionadas por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2012, la población en el 2010 fue de 8 105 562 cabezas de ganado y se sacrificaron 2.7 millones, indicando que sólo se sacrifica el 34.2 % de la población, lo cual no cubre la demanda nacional de carne de esta especie, esto debido a los bajos índices productivos y reproductivos de estas unidades de producción, afectando la rentabilidad de las mismas (SIAP-SAGARPA, 2012).

Algunas prácticas como la buena nutrición de las ovejas a lo largo del ciclo productivo (González *et al.*, 1991), la manipulación del ciclo estral por medio de hormonas de la reproducción (Aisen, 2004), o la posibilidad de utilizar otros compuestos, como la Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) (Hernández y Rodríguez, 2008), podrían mejorar la productividad de los rebaños.

La rbST también conocida como hormona de crecimiento es una molécula proteica de 191 aminoácidos en una sola cadena; de forma natural es producida por la hipófisis anterior (Goodman, 1996). La somatotropina no es una gonadotropina, sin embargo, participa en el desarrollo de los folículos (Gong *et al.*, 1993) y su administración en ovejas incrementa las cantidades del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I), así como las concentraciones de insulina (Montero *et al.*, 2007). Tanto la hormona de crecimiento, como la insulina y el IGF-I tienen efectos en la esteroidogénesis folicular, foliculogénesis, así como en la maduración del ovocito y el desarrollo embrionario (Gong *et al.*, 1993; Lorenzo *et al.*, 1994).

El tratamiento con rbST antes del estro en ovejas incrementa la proporción de ovocitos fertilizados y el porcentaje de embriones que llegan a la etapa de blastocisto (Montero *et al.*, 2007), y la administración de rbST cinco días previo al estro, incrementa la proporción de partos múltiples (Carrillo *et al.*, 2007).

Por lo anterior, se planteó la hipótesis de que la aplicación de rbST dos días antes del retiro del CIDR mejora el porcentaje de sincronización de estros y la prolificidad en ovejas Pelibuey, y para probarla se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la administración de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST), dos días antes del retiro del progestágeno en la sincronización del estro y la prolificidad en ovejas Pelibuey.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Situación actual de la ovinocultura en México.

En la actualidad, la ovinocultura nacional sigue sin satisfacer la cada vez más grande demanda de carne de esta especie (Cuellar, 2006; SIAP-SAGARPA, 2012). Entre los problemas que afectan la ovinocultura nacional desde hace muchos años, y causan una baja productividad de las unidades de producción ovina se destaca la pobre eficiencia productiva de los rebaños. La población ovina en el 2010 fue de 8.1 millones de animales y se sacrificaron 2.7 millones, que representó el 34.2 % de la población, cuando en otros países se sacrifican más del 50% (SIAP-SAGARPA, 2012). Según cifras proporcionadas por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2012, la población en 2010 fue de 8 105 562 cabezas de ganado, representando esta especie el 8.2 % del inventario nacional ganadero. Los estados de la región centro del país cuentan con la mayor población ovina (Figura 1), el Estado de México con 1 289 321 cabezas ocupando el primer lugar, seguido de Hidalgo con 1 055 678 cabezas (SIAP-SAGARPA, 2012).

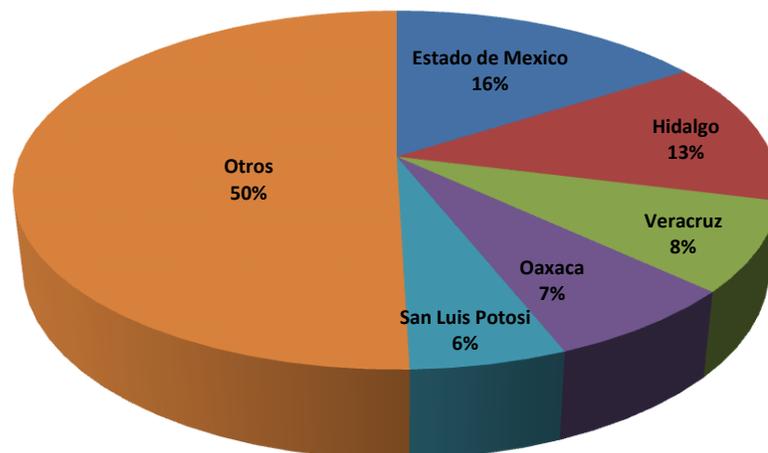


Figura 1. Principales estados con población ovina en México durante el año 2010. SIAP-SAGARPA, 2012.

2.2 Características reproductivas de la oveja Pelibuey.

La población de ovinos Pelibuey se ha incrementado tanto en climas cálidos, templados y secos de muchas regiones del país (Cruz, 1995; De Lucas y Arbiza, 2000), debido principalmente por su rusticidad, alta resistencia a los parásitos y excelente índice de fertilidad (80 %; Segura *et al.*, 1996) y un adecuado comportamiento materno reflejado en producción de leche que le permite criar hasta dos o tres corderos (Castellanos y Valencia, 1982), así como su poca estacionalidad reproductiva (Valencia *et al.*, 2006). La oveja Pelibuey posee un ciclo estral de 17 días (Hafez y Hafez, 2002), una rápida involución uterina que favorece el reinicio de su actividad ovárica entre los 22-25 días después del parto (Gonzales *et al.*, 1987; Perón *et al.*, 1991; Cortes, 1993). Las anteriores características de la oveja Pelibuey permite programar ciclos reproductivos cortos de 8 meses en diferentes épocas del año, buscando obtener tres partos en un período de dos años y superar tener un parto por hembra por año como ocurre en las razas de lana (González *et al.*, 2010).

2.2.1 Fertilidad.

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 Gonzales, 1993); depende de varios factores: edad, amamantamiento, estación reproductiva y alimentación (González-Stagnaro, 1993; Simonetti *et al.*, 2002; Herrera *et al.*, 2008). En general en ovejas Pelibuey la fertilidad oscila entre 75 y 93 % (Martínez-Rojero *et al.*, 2011). Los mejores resultados para fertilidad se han encontrado en hembras secas o que amamantan a un cordero en comparación a las que lactan dos o más (González-Stagnaro, 1993) y cuando la época de empadre se realiza en los meses de Octubre-Noviembre en comparación a Febrero-Marzo (Heredia *et al.*, 1991; De la Isla *et al.*, 2010), o bien cuando las cubriciones se realizan en época abundante de alimento (González-Stagnaro, 1999).

2.2.2 Prolificidad.

La prolificidad es el número total de corderos nacidos entre el total de ovejas paridas (Valencia y Gonzáles, 1993); en la oveja Pelibuey varía de 1.26 a 2.20 (Macedo *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010); dependiendo de factores genéticos y ambientales, entre los que destacan el estado nutricional antes y después del periodo de empadre, número de parto y edad de la oveja, así como la sincronización de celos con hormonas exógenas (Rojas y Rodríguez, 1995; González-Stagnaro, 1999; Germán, 2002). Los mejores resultados obtenidos para prolificidad es en ovejas bien alimentadas durante todo el ciclo reproductivo, o con suplementación durante el empadre (González *et al.*, 2003). La edad incrementa la prolificidad siendo más elevada en ovejas adultas que en primas (González-Stagnaro, 1993). Martínez-Rojero *et al.* (2011) observaron una mayor prolificidad en ovejas empadradas en los meses octubre a noviembre (1.53), comparado con el índice observado en los apareamientos de junio a julio (1.38) y de febrero a marzo (1.23).

2.2.3 Fecundidad.

La fecundidad es el número total de corderos nacidos entre el total de ovejas expuestas al empadre, conjuga la fertilidad y la prolificidad, es dependiente de estos así como de factores que ejercen influencia sobre los mismos (Rattray *et al.*, 1981). El incremento en este índice depende del estado nutricional y la condición corporal que presentan las ovejas antes y durante el empadre (Ramón y Sanginés, 2002), observándose los mejores resultados cuando los animales presentan una condición corporal mayor a 3.0 al momento del empadre (Fernández y Formoso, 2007). La administración de fármacos para modificar la tasa ovulatoria mejora la fecundidad. Quintero *et al.* (2011) mencionan que la aplicación de 200 UI de eCG 48 h antes de retirar el progestágeno incrementa en 33 % la fecundidad de ovejas Pelibuey con respecto al grupo testigo.

2.3 Reconocimiento materno de la gestación.

El reconocimiento materno de la gestación o reconocimiento materno embrionario, es el proceso fisiológico en el cual el embrión, mediante señales moleculares informa de su presencia al sistema materno. Este proceso involucra una relación funcional entre el útero, cuerpo lúteo y el embrión mismo (Spencer, 1998).

En ovejas, el mantenimiento de la gestación depende principalmente de la secreción de progesterona por el cuerpo lúteo y que esta se mantenga más allá del día 13 después de la concepción, esto como resultado de la inhibición de la luteólisis, debido a la secreción de la proteína trofoblástica ovina (oTP) (Arosh *et al.*, 2004; Woclawek *et al.*, 2004), posteriormente a esta proteína se le dio el nombre de interferón tau (IFN_τ), por sus actividades antivirales, antiproliferativas e inmunosupresoras (Roberts *et al.*, 1992).

La síntesis de IFN_τ se inicia en el día 10 de gestación y se continúa hasta el día 21, presentando máximas concentraciones en el día 14 de la gestación (Godkin *et al.*, 1982; Farin *et al.*, 1990; Spencer *et al.*, 2004). La mayor producción de IFN_τ está asociada a la elongación del embrión, pero el incremento en su concentración se debe principalmente al aumento del tamaño del trofoblasto más que a un incremento en su síntesis (Goff, 2002). Por lo tanto, la elongación del embrión y su producción de IFN_τ son eventos críticos para inhibir los mecanismos de la luteólisis, y por ende, favorecer la producción de progesterona por el cuerpo lúteo, asegurándose la continuidad del desarrollo embrionario (Spencer *et al.*, 2004).

2.4 Inducción y sincronización del estro en la oveja.

De forma natural, las ovejas se reproducen en ciertas épocas del año sin embargo, la sincronización de calores permite controlar el momento en que se presenta el celo y la ovulación en un grupo de animales, de tal manera que todos puedan aparearse en

un momento determinado. Lo anterior, permite planear la época de partos con el fin de aprovechar de manera eficiente la estacionalidad de la producción de pastos, facilitar el destete, la engorda y la comercialización de grupos uniformes de animales, y tal vez, lo más importante, la implementación de la inseminación artificial con la cual se incrementa el progreso genético (Hafez y Hafez, 2002; Akif y Kuran, 2003; Martínez *et al.*, 2007).

2.4.1 Métodos de sincronización de estros.

La inducción y sincronización del celo, se ha llevado a cabo en ovinos mediante el empleo de métodos farmacológicos como naturales, los cuales consisten en la manipulación de la fase lútea y folicular del ciclo estral. Entre los métodos farmacológicos se encuentran, el uso de la progesterona (P_4) y sus análogos, administrados principalmente en forma de dispositivos intravaginales; la administración intramuscular de eCG (gonadotropina coriónica equina) y el uso de prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$) y sus análogos. Entre los métodos naturales, se encuentra el uso de la bioestimulación ejercida por la presencia del carnero más conocido como “efecto macho” (Herrera *et al.*, 1990; Chemineau *et al.*, 1992; Noel *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 2001; Horoz *et al.*, 2003; Martínez-Tinajero *et al.*, 2006).

2.4.1.1 Métodos farmacológicos.

2.4.1.1.1 Progestágenos.

Los progestágenos naturales o sintéticos son una estrategia flexible en la sincronización de estros, ya que pueden ser utilizados durante el anestro o la estación reproductiva (Scaramuzzi y Martin, 1984). El efecto de los progestágenos es inhibir el hipotálamo e impedir así la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), suprimiendo el desarrollo folicular durante la fase lútea extendida artificialmente, de modo que al eliminarse el bloqueo farmacológico después de un periodo de tratamiento, al mismo tiempo todos los animales entran en

la fase folicular. En general, los progestágenos inducen un incremento en el crecimiento folicular y la secreción de 17β estradiol a las 24 horas después de haberse retirado el progestágeno, produciéndose la aparición de celos sincronizados entre las 32 y 56 horas después (López Sebastián, 1991; Viñoles *et al.*, 2001). La aplicación de los progestágenos para sincronizar estros puede ser vía oral, en forma de implantes subcutáneos o mediante esponjas o dispositivos intravaginales (Gordon, 1997; Horoz *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2007).

2.4.1.1.2 Prostaglandina.

Los protocolos basados en prostaglandinas para sincronizar estros en ovinos sólo es aplicable a hembras ciclando y de ahí que este sistema limita su uso durante la época de reproducción. La prostaglandina $F_{2\alpha}$ es el factor luteolítico en rumiantes; por ello, esta hormona o sus análogos sintéticos, se utilizan para inducir y sincronizar celos y la ovulación (Weems *et al.*, 2006). Los tratamientos tradicionales con prostaglandinas en una o dos dosis separados por 11 días, produce una dispersión en la manifestación de estros (24 a 120 horas), y consiguientemente una baja fertilidad (Hackett *et al.*, 1981). Esta dispersión de estros se relaciona con la edad del cuerpo lúteo y el estado de desarrollo folicular al momento de aplicar la Prostaglandina (Kastelic y Ginther, 1991; Viñoles y Rubianes, 1998). Cuanto más desarrollado esté el cuerpo lúteo, más tardará la progesterona en alcanzar concentraciones subluteales y la oveja en manifestar estro y ovulación (Houghton *et al.*, 1995; Hernández *et al.*, 2001).

La demostración de que es posible inducir la luteólisis a partir del día 3 pos-ovulación (Rubianes *et al.*, 2003), ha permitido desarrollar protocolos de sincronización de estros con la administración de dos dosis de prostaglandinas separadas por siete días. De esta manera, sin conocer el momento del ciclo estral durante el cual se administra la primera dosis de $PGF_{2\alpha}$, al momento de administrar la segunda dosis, los cuerpos lúteos tendrán tres a cinco días de vida y todas las ovejas se encontrarán en la primer onda de desarrollo folicular (Fierro, 2010). El uso de este

protocolo permite sincronizar el 78 % de los estros entre las 24 y 48 horas, y las ovulaciones entre las 48 y 72 horas después de la administración de la segunda dosis (Menchaca *et al.*, 2004).

2.4.1.1.3 eCG.

El uso de gonadotropinas se ha incorporado a los sistemas de sincronización de estros en conjunto con dispositivos intravaginales, y es utilizada para inducir ovulación en hembras en anestro. El producto más comúnmente usado es la gonadotropina coriónica equina (eCG) (Armstrong *et al.*, 1983; Martínez-Tinajero *et al.*, 2006). La eCG induce la aparición del estro, provoca la aparición de un pico de estradiol, el pico preovulatorio de LH, y mejora la fertilidad. Los mejores resultados se han obtenido cuando se aplica 48 horas antes de retirar el progestágeno (Arthur, 1991; Chimineau *et al.*, 1992; Camacho *et al.*, 2008).

2.4.1.2 Métodos naturales.

2.4.1.2.1 Efecto macho.

En las ovejas, el estro puede ser inducido a través de medios naturales mediante el uso del “Efecto Macho”, el cual consiste en la inducción del celo y la ovulación en un grupo de hembras en anestro, cuando estas son expuestas a la presencia del macho, tras un período previo de aislamiento superior a tres semanas. Este contacto hace que las hembras en anestro reciban señales olfativas vía las feromonas y no olfativas, mediante el contacto visual, físico o sonoro (Martin *et al.*, 1986; Pearce y Oldham, 1988).

Este efecto obedece a un mecanismo de estimulación del eje hipotálamo-hipófisis por sustancias que secreta el macho en las glándulas sebáceas de la región parietal, y que las percibe la hembra como aromas. Debido a una señal química mediante feromonas de naturaleza lipídica emitida por el macho que estimula el órgano

vomeronasal de la oveja, estimulando una actividad del sistema nervioso, a través de las conexiones del sistema olfativo accesorio y el hipotálamo anterior (Martin *et al.*, 1986). Esta estimulación produce cambios pulsátiles en la liberación de GnRH por el hipotálamo y un incremento tónico de LH en hipófisis. La primera ovulación inducida por el efecto macho es usualmente silenciosa y de baja fertilidad, con regresión prematura del cuerpo lúteo. La segunda ovulación, presentada a los 5 días después es acompañada de estro fértil con duración normal de la fase lútea. Morales, (2010) menciona que el control del amamantamiento y la exposición al macho en ovejas Pelibuey en anestro posparto a reiniciar más rápido la actividad ovárica, reduciendo los días a primera ovulación posparto, tal como ha sido observado en hembras bovinas de doble propósito (Pérez-Hernández y Gallegos-Sánchez, 2010). La respuesta al efecto macho está influenciada por muchos factores como la capacidad de servicio y la libido del carnero (Perkins y Fitzgerald, 1994).

2.5 Somatotropina bovina recombinante (rbST).

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, con un peso molecular de 22 kDa. Los aminoácidos que la componen difieren de acuerdo a la especie; así, la somatotropina bovina varía en un 35 % en comparación con la hormona de crecimiento humana, pero es casi idéntica con la ovina (Bauman, 1992). La hormona de crecimiento es secretada por la hipófisis anterior, por células somatotropas (Goodman, 1996), y actúa directamente sobre la síntesis de proteínas, incrementando la retención de nitrógeno y de fósforo en el organismo, aumentando el transporte de nutrientes hacia el interior de la célula (Bauman, 1992).

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, movilizando los ácidos grasos del tejido adiposo, para una mayor utilización de los mismos y producir más energía (McCutcheon y Bauman, 1986). La

forma de acción de la somatotropina bovina sobre los procesos metabólicos es principalmente de manera directa, 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 folicular y la foliculogénesis al estimular la producción de insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo-1 (Gong *et al.*, 1993).

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). En ovinos como en bovinos las concentraciones de progesterona se elevan cuando se administra la somatotropina al inicio del ciclo estral y no cuando se administra a la mitad del ciclo. Estos efectos son mediados principalmente por el factor de crecimiento parecido a la insulina -1 (IGF-1) y su administración estimula la actividad de la enzima aromatasa e incrementa la síntesis de esteroides como la progesterona (Adashi *et al.*, 1985; Carson *et al.*, 1989). En vaquillas tratadas con rbST durante la fase lútea se incrementa la concentración de progesterona y el cuerpo lúteo es de mayor tamaño que en las vaquillas testigo (Lucy *et al.*, 1994). Rosas (2001) encontró que 100 mg de rbST al momento de detectado el estro aumento la concentración de progesterona hasta el día 6 después de la aplicación.

2.5.1 Somatotropina bovina recombinante en la fertilidad y Prolificidad.

El mecanismo por el cual la rbST mejora la fertilidad aún se desconoce, se considera que actúa de manera directa e indirecta, mediante el IGF-I en los procesos reproductivos, ejercen su efecto, en la etapa que ocurre la mayor parte de pérdidas embrionarias (Mann *et al.*, 1999), y corresponde a la fertilización y al desarrollo

embrionario durante los primeros siete días. Así, en estudios *in vivo* la administración de rbST al momento del servicio aumenta el porcentaje de ovocitos fertilizados y la proporción de embriones transferibles (Morales, 2000; Moreira *et al.*, 2002).

En vacas repetidoras, una inyección con 500 mg de rbST en el momento del estro y una segunda aplicación diez días después, mejora significativamente el porcentaje de concepción (Morales-Roura *et al.*, 2001). Así mismo Martínez *et al.* (2011) mencionan que la administración de 125 mg de hormona de crecimiento bovino (rbST) durante el tratamiento para inducir la ovulación en cabras en anestro estacional mejora la fertilidad. Mientras que en ovejas, 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). En cuanto a prolificidad Carrillo *et al.* (2007) mencionan que la administración de 125 mg de rbST cinco días antes del retiro del progestágeno en la inducción del estro en ovejas Pelibuey, incrementa la proporción de partos múltiples, asociado con un aumento de las concentraciones circulantes de IGF-I en el período periovulatorio.

2.5.2 Somatotropina bovina recombinante en la sobrevivencia embrionaria.

La administración de rbST modifica el ambiente uterino, lo cual favorece las condiciones de desarrollo embrionario. La rbST disminuye la sensibilidad del mecanismo de secreción de la $PGF_{2\alpha}$, al reducir la actividad de la enzima ciclooxigenasa en las células del endometrio (Badinga *et al.*, 2002) e incrementa la síntesis de interferón τ (IFN τ), lo que favorece el rescate del cuerpo lúteo (Kerbler *et al.*, 1997; Mann *et al.*, 1999). Moreira *et al.* (2002) encontraron efecto de la somatotropina sobre los embriones de bovino *in vitro* e *in vivo*; observaron que al adicionar somatotropina en el medio de cultivo de los embriones se mostró un incremento en la proporción de embriones que llegaron a la etapa de blastocito (Moreira *et al.*, 2002a).

2.6 Somatomedinas (IGF-1).

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 un 45 % de secuencia homóloga con la insulina (Blundell y Humbell, 1989). El IGF-1 es el principal mediador de muchas acciones realizadas por la somatotropina, es sintetizado en órganos de importancia reproductiva como hipotálamo, hipófisis, ovario, oviducto y útero, además de otros órganos como, pulmón, riñón, hígado, y páncreas. Los principales tejidos sobre los que actúa en conjunto con la hormona del crecimiento son los músculos, cartílagos, huesos, hígado, riñones, nervios, piel, ovarios y pulmones (Daftary y Gore, 2005).

El IGF-1 promueve la diferenciación de tejidos, proliferación celular, síntesis de proteínas y ADN, razones por las que actúan en la replicación de varios tipos celulares como los del ovario, placenta, tejido fetal y embrionario. Posee actividad similar a la insulina, además de actividad en la lipogénesis, gluconeogénesis y modulación de acciones de la hormona de crecimiento (D'Ercole *et al.*, 1984; Zulu *et al.*, 2002).

También el IGF-1 provee la actividad de factores de crecimiento con mayor capacidad mitogénica y actúa en el proceso de selección y maduración del folículo dominante, que depende de la interacción de las hormonas folículo estimulante (FSH), luteinizante (LH) y factores de crecimiento (Yuan *et al.*, 1998; Webb *et al.*, 1999). A partir de las características para mediar el crecimiento y la diferenciación celular, el IGF-1 puede actuar sobre el útero y el embrión para participar de manera positiva en la comunicación entre el embrión y la madre durante el reconocimiento materno de la gestación (Simmen *et al.*, 1993).

2.6.1 El IGF-1 en la foliculogénesis.

El sistema factores de crecimiento, formado por IGF-1 e IGF-2, receptores tipo 1 y tipo 2, seis proteínas de unión para IGFs (IGFBP-1, -2, -3, -4, -5 y -6) y proteasas específicas que degradan las IGFBPs (Spicer, 2004), participan en el desarrollo folicular y en la selección del folículo dominante (Donadeu y Ginther, 2002).

En todos los mamíferos, el IGF-1 estimula la proliferación mediante la mitogénesis y esteroidogénesis en las células ováricas. El IGF-I tiene un efecto estimulante sobre las células de la granulosa (Lenz *et al.*, 2007), se encuentra en concentraciones elevadas en folículos grandes, y su síntesis se estimula por la acción sinérgica de FSH y estradiol, a pesar de la acción de la progesterona de las células de la granulosa (Khalid *et al.*, 2000). En ovejas, IGF-1 estimula la producción de estradiol (Scaramuzzi *et al.*, 1999), y el incremento en la síntesis de IGF-1 estimula la actividad de la enzima aromatasa e incrementa el número de receptores para LH en las células de la granulosa (Adam *et al.*, 1998).

Existe cierta relación entre las concentraciones de IGF-1 folicular y la fase de desarrollo del folículo. Así, su aplicación en ovejas durante el ciclo estral aumenta la secreción de estradiol durante la fase folicular al estimular folículos estrogénicos adicionales (Scaramuzzi *et al.*, 1999). El estradiol previene la producción de una cantidad excesiva de IGF-1 dentro del folículo y evita la diferenciación prematura de las células de la teca y de la granulosa (Spicer, y Chamberlain, 2000). En condiciones fisiológicas, el IGF-1 regula la actividad esteroidogénica de las células de la granulosa de cabras, cultivadas bajo condiciones libres de suero (Behl y Pandey, 1999). En ovinos, los efectos del IGF-1 dependen de la fase de maduración folicular, y su producción aumenta bajo la influencia del estradiol. En ovejas cíclicas se observaron cantidades séricas de IGF-1 decrecientes entre los días 1 y 5, y un aumento entre los días 8 y 17 después del estro (Spicer *et al.*, 1993).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La productividad de los sistemas de producción ovina en el país, depende en gran medida del número de corderos nacidos, lo cual se encuentra relacionado con la fertilidad y prolificidad, siendo éstos, dos de los indicadores más importantes que inciden sobre las utilidades en las unidades de producción, debido a que el costo fijo por vientre es básicamente el mismo independientemente de su nivel productivo, por lo que el incremento de estos indicadores determina la viabilidad de un sistema de producción (Macedo y Castellanos, 2004). Esta productividad, es afectada principalmente por factores como: la nutrición, parásitos, problemas sanitarios y el manejo reproductivo dentro de los rebaños (Arteaga, 2000).

Tomando como base esta problemática, se han realizado varios estudios para implementar estrategias que ayuden a incrementar la productividad de las unidades de producción. El estudio de la fisiología de la reproducción ha permitido conocer los mecanismos que regulan la secreción hormonal, y proponer alternativas para mejorar el manejo reproductivo de las unidades de producción, mediante la implementación de técnicas que permitan controlar el ciclo estral, como la sincronización o inducción de estros; esta manipulación del ciclo estral puede controlarse por medio de hormonas de la reproducción, como progestágenos, agentes luteolíticos, gonadotropinas y la combinación de estos (Aisen, 2004). Sin embargo, la fertilidad después de la inseminación en estos métodos de sincronización es muy variable, por lo cual es importante buscar otros métodos que mejoren la fertilidad, como la posibilidad de utilizar la Somatotropina Bovina Recombinante (rbST), que es una hormona de origen peptídico, que en forma natural es producida por la hipófisis anterior (Goodman, 1996).

En estudios con rumiantes han demostrado el efecto de la somatotropina bovina en la fertilidad y prolificidad. Mendoza (2000) observó un incremento en la fertilidad en vacas repetidoras expuestas a una aplicación de rbST al momento de la inseminación. En ovinos, 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). Mientras que en cabras en anestro, la administración de la hormona del crecimiento bovina, aumenta la proporción de animales en estro y la tasa de preñez (Martínez *et al.*, 2011). Lo anterior por los efectos favorables de la rbST y del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo 1 (IGF-1), en la sobrevivencia embrionaria y en el reconocimiento materno de la gestación (Hernández y Rodríguez, 2008). En cuanto a prolificidad Carrillo *et al.* (2007) mencionan en ovejas Pelibuey un incremento en la proporción de partos múltiples al aplicar 125 mg de rbST 5 días antes de retirar el progestágeno en comparación al grupo testigo. Este incremento en la prolificidad puede deberse a los efectos de la rbST sobre el desarrollo embrionario y no sobre la tasa de ovulación (Joyce *et al.*, 1998).

Con base a lo anterior, se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la administración de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST), dos días antes del retiro del progestágeno en la sincronización del estro y la prolificidad en ovejas Pelibuey.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 Localización.

El presente estudio se realizó durante los meses de Julio a Diciembre de 2011, en las instalaciones del Laboratorio de Reproducción Ovina y Caprina (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el Km 36.5 de la carretera federal México - Texcoco en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México; localizado geográficamente a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano Cb (wo)(w)(i) g, con precipitación anual de 636.5 mm y temperatura media anual de 15.2°C (García, 1988).

4.2 Animales experimentales y alimentación.

Se utilizaron 180 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con una edad de 4 a 5 años y un peso promedio de 51.7 ± 5.24 kg. Los animales antes de iniciar el experimento se desparasitaron con Panacur® 10% (Fenbendazol 100 mg) y se vitaminaron con Vigantol® (Vitamina A. 500,000 U.I., Vitamina D3. 75,000 U.I., Vitamina E1 alfa-tocoferolacetato 50 mg) en las dosis recomendadas por los laboratorios fabricantes.

Durante la fase experimental las ovejas estuvieron alojadas en corrales, provistos de sombra, comederos y bebederos. Las ovejas recibieron una alimentación a partir de una dieta integral ($2.0 \text{ kg oveja}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de heno de avena (70%) y concentrado comercial con 15% de PC y 2.9 Mcal de EM kg^{-1} (30%).

4.3 Protocolos de sincronización y tratamientos.

Con la finalidad de lisar cualquier cuerpo lúteo y homogenizar el estado reproductivo en el cual iniciaban el experimento las ovejas, a cada una de ellas, se les administró 1 mL de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (5 mg de dinoprost, Lutalyse®, Laboratorios Pharmacia Animal Health). Todas las ovejas se sincronizaron mediante la aplicación de

progestágenos por medio de dispositivos intravaginales (CIDR® Laboratorios Pfizer), por un periodo de nueve días, revisando diariamente a cada una de las ovejas para asegurar su permanencia. Dos días antes del retiro, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de tres tratamientos: T1) Inserción de CIDR impregnado con 0.3 g de progesterona durante nueve días; T2) Inserción de CIDR impregnado con 0.3 g de progesterona durante nueve días y la aplicación de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST; Boostin-S®, Schering-Plough, México) dos días antes del retiro del progestágeno; y T3) Inserción de CIDR impregnado con 0.3 g de progesterona durante nueve días más la aplicación de 300 UI de (eCG) gonadotropina coriónica equina (Folligon®, Intervet, México), dos días antes del retiro del progestágeno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos utilizados en la sincronización del estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	n	Composición
T1= CIDR	60	CIDR por nueve días
T2= CIDR + rbST	60	CIDR por nueve días y 250 mg de rbST
T3= CIDR + eCG	60	CIDR por nueve días y 300 UI eCG

4.4 Detección de estros.

La detección de estros se realizó cada cuatro horas durante 60 minutos en los tres grupos de animales a partir de las cuatro horas después de haber retirado el progestágeno, con apoyo de carneros provistos de mandil para evitar la copula. Se determinó que una oveja estaba en estro, cuando aceptaba la monta por el carnero, mostrando inmovilidad total. Las ovejas que presentaron estro, se identificaron y

separaron en corrales sin acceso a alimento y agua, para su posterior inseminación por la técnica de la laparoscopia, doce horas después de haber sido detectadas en estro.

4.5 Inseminación artificial.

La inseminación de las ovejas se realizó por la técnica de laparoscopia, utilizando pajillas de 0.25 mL de semen diluido refrigerado, con una concentración de 230×10^6 espermatozoides mL. Previo a la inseminación, las ovejas se dietaron por 12 horas y se les aplicó 1.5 mL de anestésico local (Xilocaina al 2%, Astra) vía subcutánea, aplicando 1 mL de lado izquierdo y 0.5 del derecho, aproximadamente de 3 a 5 cm de la parte anterior de la ubre. Posteriormente se lavó y desinfectó el vientre con cloruro de Benzalconio al 1 %. Una vez anestesiadas y desinfectadas, las ovejas se colocaron decúbito dorsal, en una camilla para inseminación, reclinada a un ángulo de 45° con la cabeza del animal hacia abajo, con el propósito de inducir el desplazamiento de vísceras hacia el diafragma, para evitar daños al introducir los trocar en la pared del abdomen y para descubrir al útero del omento (*omentum*) o mesenterio mayor. Los trocar y endoscopio se desinfectaron con una solución antiséptica de cloruro de benzalconio al 1%, posteriormente se introdujo el trocar del lado derecho para insuflar aire en la cavidad abdominal, con el objetivo de distender y permitir una buena visibilidad del útero con la lente del endoscopio. Después que el trocar y el manipulador se insertaron en la cavidad peritoneal, localizando la curvatura mayor del cuerno uterino mediante el endoscopio, se procedió a retirar el manipulador e introducir la pistola previamente preparada con la pajilla de 0.25 mL y se administró el semen. Una vez retirada la pistola y trocar se aplicó un cicatrizante (Topazone Furazolidona, Laboratorios PiSA) en las incisiones para evitar futuras infecciones y se aplicó un antibiótico (Emicina LA Oxitetraciclina, 1 mL 10 kg^{-1} P.V., laboratorios Pfizer).

Doce horas después de realizada la inseminación artificial, se proporcionó un nuevo servicio por monta natural a las ovejas que permanecían en estro, utilizando carneros previamente evaluados en calidad seminal y estado de salud.

4.6 Retorno a estro.

Para determinar el retorno a estro, se utilizaron carneros provistos de mandil durante 60 minutos por la mañana (8:00 a 9:00 h) y 60 minutos por la tarde (16:00 a 17:00 h), durante un periodo de 17 días, iniciando el día de la inseminación. Se consideró que una oveja retornó estro, cuando aceptaba la monta por el carnero y mostraba inmovilidad total.

4.7 Diagnóstico de gestación.

El diagnóstico de gestación se realizó con ayuda de un ecografo Sonovet 2000, a los 45 días posteriores a la inseminación por laparoscopia, considerando como positivos o negativos aquellas ovejas que presentaron o no producto(s) fetal (es) bien delimitados, en los cuales se observaron estructuras como el corazón, la osificación del cráneo y la columna vertebral, para considerar gestante a la oveja.

4.8 Prolificidad.

La prolificidad se determinó al momento del parto en cada una de las ovejas, contabilizándose los corderos nacidos por oveja. También se registró el sexo, peso y se identificaron con placas metálicas, asignando un número consecutivo y la identificación de la madre.

4.9 Variables de estudio.

- **Respuesta a tratamiento**, determinada como el número de ovejas que presentaron manifestaciones externas de estro (MEE) después de retirar el progestágeno y detectadas por el carnero, con respecto al número total de animales en cada tratamiento, expresado en porcentaje (%).
- **Inicio del estro**, es el tiempo transcurrido en horas (h) después de retirado el CIDR hasta el momento en que las ovejas presentaron manifestaciones de estro a la presencia del carnero, realizando la detección con intervalos de cuatro horas.
- **Retorno al estro**, determinada por el número de ovejas que presentaron manifestaciones externas de estro a la presencia del macho, durante 17 días después de realizar la inseminación.
- **Porcentaje de gestación**, es el número de ovejas gestantes con respecto al total de ovejas que respondieron al tratamiento y que manifestaron estro e inseminadas, multiplicado por 100.
- **Porcentaje de parición**, es el número de ovejas que parieron con respecto al total de ovejas gestantes, multiplicado por 100.
- **Prolificidad**, determinado como el número total de corderos nacidos, con respecto al total de ovejas paridas.
- **Fecundidad**, es el número total de corderos nacidos con respecto al total de ovejas expuestas a cada tratamiento.
- **Tipo de parto**, es el número de corderos nacidos por oveja parida.
- **Peso de corderos al nacimiento**, es el peso del cordero tomado una vez que el cordero fue secado por la madre y antes del consumo de calostro.

4.10 Análisis estadístico.

Las variables inicio a estro y tipo de parto se analizaron con el método de curvas de sobrevivencia Log-Rank, utilizando el procedimiento Life Test (SAS, 2011); y la comparación de medias se realizó por el método de Bonferroni (SAS, 2011).

Las variables respuesta a tratamiento, retorno a estro, porcentaje de gestación, porcentaje de parición, prolificidad y fecundidad, se analizaron mediante el modelo de regresión logística utilizando el procedimiento Logistic (SAS, 2011). La variable peso de corderos al nacimiento se analizó utilizando el procedimiento MIXED y la comparación entre medias se realizó con el método de LSMEANS (SAS, 2011). El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + (T_i \times TP_i) + (S_i \times TP_i) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor de la variable peso del cordero al nacimiento correspondiente al i-ésimo tratamiento en j-ésima repetición.

μ = media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (i= 1,2,3)

$(T_i \times TP_i)$ = Interacción tratamiento por tipo de parto

$(S_i \times TP_i)$ = Interacción sexo por tipo de parto

ε_{ij} = error aleatorio asociado a cada observación (j= 1,2,3,...) del i-ésimo tratamiento

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Respuesta a tratamientos en la sincronización del estro.

El porcentaje de respuesta en la sincronización del estro fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos (Cuadro 2), presentando en promedio 97.22 % de respuesta a la sincronización del estros, indicando la efectividad de la administración de eCG y rbST en el día siete en un protocolo a base de progestágenos por nueve días, en la sincronización de estros en ovejas Pelibuey.

Cuadro 2. Porcentaje de incidencia de estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Ovejas en estro (n)	Porcentaje (%)
T1= CIDR	60	58	96.67 ^a
T2= CIDR + rbST	60	59	98.33 ^a
T=3 CIDR + eCG	60	58	96.67 ^a
Media			97.22

^a Valores con misma literal en columna no difieren estadísticamente ($P>0.05$).

Una alternativa para mejorar el manejo reproductivo de las unidades de producción, es mediante la implementación de técnicas que permitan controlar el ciclo estral, como la sincronización o inducción de estros. En ovejas, la sincronización de estros se realiza mediante la manipulación de la fase lútea y folicular del ciclo estral. Siendo la fase lútea la que responde mejor a la manipulación para controlar el estro (Scaramuzzi y Martin, 1984).

Desde los primeros trabajos realizados por Robinson, en 1964 y 1988 en época reproductiva y época de anestro, se mostró la efectividad de los progestágenos para

sincronizar el estro en ovejas, utilizando esponjas intravaginales impregnadas con FGA por periodos de 12 a 14 días, mientras Sharkey *et al.* (2001) al evaluar métodos de sincronización de estros en ovejas mediante la aplicación de CIDR (300 mg de progesterona), esponjas intravaginales (500 mg de progesterona) por un periodo de 12 días, lapso similar para los CIDR y la aplicación de prostaglandina $F_{2\alpha}$ utilizando dos dosis de 15 mg vía intramuscular con un intervalo de 10 días encontraron una respuesta del 100, 94.4 y 72.2 %, respectivamente, para cada uno de los tratamientos, indicando la efectividad de los progestágenos en la sincronización de estros.

Se ha determinado una alta respuesta en la sincronización de estros en la combinación de progestágenos y la administración de eCG 48 horas antes de finalizar el tratamiento. Maxwell y Barnes (1986) determinaron que la incidencia de estros en ovejas tratadas con FGA en combinación con eCG, es similar a aquella encontrada en ovejas tratadas con CIDR más eCG, con 100 % de ovejas en estro a las 48 horas posteriores de la remoción del progestágeno. Por su parte Rosado *et al.* (1998) reportaron 97 % de ovejas Pelibuey que presentaron estro al someterlas a un protocolo de sincronización con esponjas intravaginales impregnadas con FGA por 12 días y 500 UI de eCG 48 horas antes de retirar el progestágeno. Mientras que la administración de rbST en la inducción del estro muestra un efecto favorable, lo cual podría estar relacionado al incrementar las cantidades séricas de IGF-1 e insulina, estimulando la esteroidogénesis, el desarrollo folicular y la maduración del folículo dominante (Martínez *et al.*, 2011). En ovejas Pelibuey Aguirre (2005) reportó una incidencia del 100 % en la presentación de estros al sincronizarlas mediante la aplicación de esponjas intravaginales impregnadas de 40 mg de fluorogestona por 12 días; cinco días antes de la remoción de la esponja se aplicó subcutáneamente 125 mg de rbST y dos días antes del retiro de la esponja 15 mg de prostaglandinas $F_{2\alpha}$. A su vez Álvarez (2010) reportó el 100 % de estros al utilizar el mismo protocolo de sincronización solo con la modificación de la aplicación de 125 mg de rbST dos días antes de la presentación del estro.

El porcentaje de respuesta para sincronizar el estro en la presente investigación, es similar para las ovejas tratadas con CIDR y CIDR + eCG a los obtenidos por Hernández (2009) y Fraire (2010) realizados en la misma unidad de investigación, al obtener el 100 % de respuesta al estro al manejar un protocolo de sincronización a base de dispositivos intrauterinos (CIDR) por un periodo de nueve días y al utilizar 300 UI de eCG dos días previo al retiro del CIDR. Esto evidencia la efectividad de los progestágenos y eCG (95 a 100 %; Molina *et al.*, 2005). A su vez el porcentaje obtenido con la aplicación CIDR + rbST, presentó valores similares a los de Aguirre (2005) y Álvarez (2010), confirmando la efectividad de estas hormonas a la inducción y sincronización de estros en ovejas Pelibuey.

5.2 Inicio y distribución del estro.

El inicio del estro fue diferente ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3). Las ovejas tratadas con CIDR + rbST, iniciaron el estro en menor tiempo, presentando valores similares al grupo que se aplicó CIDR + eCG, mientras que las ovejas tratadas con solo progestágenos, iniciaron el estro en mayor tiempo ($p < 0.05$) con respecto a los otros dos grupos.

Cuadro 3. Inicio del estro (media \pm error estándar) en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Ovejas en estro	Inicio del estro *
T1=CIDR	60	58	43.67 \pm 3.55 ^b
T2=CIDR + rbST	60	59	31.95 \pm 2.85 ^a
T3=CIDR + eCG	60	58	32.55 \pm 3.00 ^a

^{a b} Medias con diferente literal en columna son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

* Media \pm EE

La somatotropina es una hormona que sin ser una gonadotropina participa en la esteroidogénesis folicular y en la foliculogénesis al estimular la producción de insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo-1 (Gong *et al.*, 1993). El incremento en la secreción de IGF-1, incrementa la actividad de la FSH, la producción de androstenediona y estradiol en el folículo (Gong *et al.*, 1994; Khalid *et al.*, 2000). En vacas posparto la aplicación de rbST aumenta la concentración de estradiol intrafolicular (Pinto-Andrade *et al.*, 1996). Así la aplicación de rbST favorece la maduración del folículo preovulatorio, resultando en mayores concentraciones séricas de estradiol y, en consecuencia, mejor tiempo y respuesta al estro (Scaramuzzi *et al.*, 1999).

La combinación de progestágenos con la eCG en protocolos de sincronización, reduce el inicio del estro y la ovulación se manifiesta más rápido y de manera más uniforme (Cardwell *et al.*, 1998). Se ha discutido, el momento adecuado para administrar la eCG, obteniéndose los mejores resultados cuando se aplica 48 horas antes de retirar el progestágeno, ocurriendo la mayoría de los estros dentro de las 28 a 36 horas (Arthur, 1991). La reducción del intervalo de inicio del estro (32.25 ± 3.00 h) en las ovejas tratadas con CIDR +eCG es similar a lo reportado por Kohno *et al.* (2005); pero difiere a lo encontrado por Godfrey *et al.* (1999) e Iida *et al.* (2004) 26.5 ± 2.3 y 23 ± 1.84 h, respectivamente. Esta reducción en el intervalo de inicio del estro se debe a la acción de las gonadotropinas (eCG) en el desarrollo folicular (Oliveira *et al.*, 2001), en la aparición de un pico importante de estradiol, así como del pico preovulatorio de LH y la aparición del estro (Chimineau *et al.*, 1992).

En general, los progestágenos aplicados de manera exógena actúan como un cuerpo lúteo, inhibiendo la frecuencia de secreción de gonadotropinas. Al retirar el tratamiento, la hipófisis aumenta la frecuencia de secreción de gonadotropinas, lo que estimula el crecimiento folicular y la secreción de $E_2-17 \beta$ a las 24 horas después de retirado el progestágeno; produciéndose la aparición de estros sincronizados entre las 32 y 56 horas (López-Sebastián, 1991; Sharkey *et al.*, 2001). Además, el tiempo de inicio del estro en animales sincronizados con progestágenos suelen ser

más largos, en comparación con animales tratados con progestágenos y eCG (Husein *et al.*, 1998; Kridli y Al Khetip, 2006), tal como se obtuvo en este estudio en ovejas con CIDR (43.67 ± 3.55 h), valor que es similar a las 45.9 ± 3.4 h obtenido por Hernández (2009).

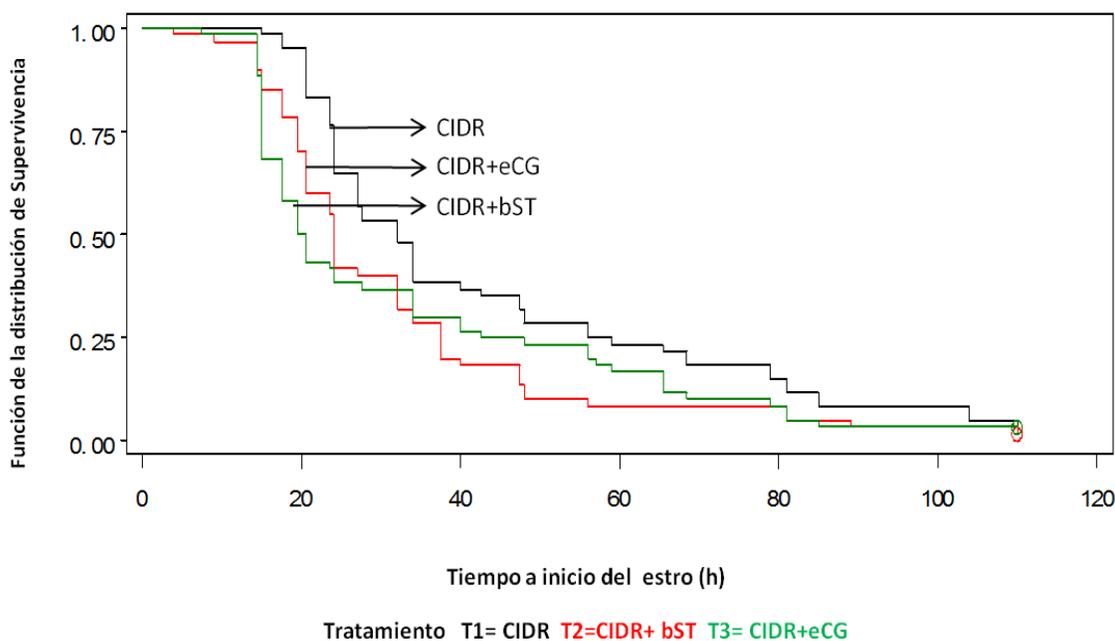


Figura 2. Curva de supervivencia del inicio al estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Las ovejas tratadas con CIDR + rbST y CIDR + eCG presentaron una mayor concentración de estros en menor tiempo, con respecto a las ovejas tratadas solo con CIDR (Figura 2), debido a la acción de estas dos hormonas en la foliculogénesis, favoreciendo la maduración del folículo preovulatorio, resultando en mayores concentraciones séricas de estradiol y, en consecuencia, mejor tiempo al estro (Scaramuzzi *et al.*, 1999).

5.3 Retorno a estro.

El porcentaje de ovejas con retorno a estro no fue diferente ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4), indicando que la administración de eCG y rbST en el día siete en un protocolo de sincronización a base de progestágenos por nueve días no afecta la tasa de retorno al estro.

Cuadro 4. Tasa de retorno al estro en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Ovejas en estro	Ovejas que retornaron estro	
			(n)	Porcentaje (%)
T1= CIDR	60	58	5	8.33 ^a
T2= CIDR + rbST	60	59	4	6.66 ^a
T3= CIDR + eCG	60	58	6	10.00 ^a
Media				8.33

^a Valores con misma literal en columna no difieren estadísticamente ($P>0.05$).

El bajo porcentaje de retorno al estro, en los tres tratamientos es debido a la doble inseminación sugiriéndose que esta doble inseminación incrementa la fertilidad (Salamon y Maxwell, 2000); la eficiencia de esta práctica depende de la técnica de inseminación, la concentración espermática y el tiempo de inseminación en relación al estado del estro, así como el intervalo de tiempo entre inseminaciones.

La condición corporal de las ovejas afecta el porcentaje de retorno al estro, observándose mayor cantidad de ovejas que retornan al estro cuando tienen baja condición corporal (menor a 2), mientras que ovejas con condición corporal mayor, presentan un menor porcentaje de retorno, presentándose valores mayores para

fertilidad cuando las ovejas al empadre tienen una condición corporal entre 3.5 a 4 (Albuérne y Perón, 1996; Fernández *et al.*, 2006), valores como los que tuvieron los animales en la presente investigación.

La nutrición es un factor determinante en la expresión de la actividad reproductiva de las hembras. En la mayoría de las ocasiones la nutrición de las ovejas se basa en forrajes que no satisfacen las necesidades de los animales, lo que ocasiona una baja fertilidad (Downing y Scaramuzzi, 1991). Una mayor eficiencia reproductiva depende de la cantidad de nutrientes ingeridos durante todo el ciclo productivo y no únicamente durante el periodo de monta, por lo que la fertilidad es afectada por el nivel nutricional de la hembra durante la lactancia y el periodo de recuperación entre esta y la monta (Doney, 1979). En la presente investigación las ovejas utilizadas estuvieron bien alimentadas en etapas previas al empadre lo que explica en parte el bajo porcentaje de retorno a estro.

5.4 Porcentaje de gestación y parición.

La aplicación de CIDR solo o en combinación con rbST ó eCG no afectó ($p>0.05$) el porcentaje de gestación y parición (Cuadro 5) entre tratamientos, en promedio fue 88.33 %. El porcentaje de parición en todos los tratamientos presentó el 100 % de ovejas paridas con respecto al número de ovejas que se determinaron gestantes.

Existen varios factores que interactúan y determinan la tasa de concepción, entre los cuales se tiene la nutrición antes y durante la época de empadre, el sistema de apareamiento (monta natural o inseminación artificial), edad de la hembra (Simonetti *et al.*, 2002), duración del tratamiento con progestágenos y el tiempo de aplicación y dosis de la eCG administrada antes o después de retirarse el progestágeno (Wildeus, 1999; Zeleke *et al.*, 2005), así como el reconocimiento materno de la gestación (Morales, 2000; Moreira *et al.*, 2002).

Cuadro 5. Tasa de gestación y parición en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Número de ovejas gestantes		Número de ovejas paridas	
		(n)	(%)	(n)	(%)
T1= CIDR	60	52	86.67 ^a	52	100 ^a
T2= CIDR + rbST	60	55	91.66 ^a	55	100 ^a
T3= CIDR + eCG	60	52	86.67 ^a	52	100 ^a
Media			88.33		100

^a Valores con misma literal en columna no difieren estadísticamente ($P>0.05$).

La tasa de gestación después de la sincronización del estro varía dependiendo del fármaco utilizado, duración y dosis del mismo. Ungerfeld y Rubianes (1999) y Viñoles *et al.* (2001) evaluaron el efecto de los tratamientos cortos y largos a base de progestágenos en la inducción de estros y fertilidad, siendo mejor los tratamientos cortos (9 días 75 %; 6 días 87 %) con respecto a los tratamientos largos (13 días 63 %; 12 días 63 %). Lo anterior concuerda con los datos obtenidos en ovejas tratadas con CIDR de esta investigación presentando un porcentaje de gestación del 86.67 %. La menor fertilidad con los tratamientos largos está asociada con la ovulación de folículos con vida media prolongada, confirmando que los tratamientos largos con progestágenos promueven la ovulación de ovocitos viejos con poca probabilidad de ser fertilizados o de ocurrir, el desarrollo embrionario es anormal resultando en muerte embrionaria prematura.

La combinación de gonadotropinas (eCG) y progestágenos en la sincronización de estros incrementa la tasa de ovulación y como consecuencia el porcentaje de gestación (Vázquez *et al.*, 2004). Los resultados obtenidos en el presente estudio en

ovejas tratadas, a base de progestágenos más una aplicación de eCG 48 horas antes del retiro del progestágeno, presentó un porcentaje de gestación de 86.67 %, valor que difiere del 50 al 70 % obtenido por Rosado *et al.* (1998) en ovejas Pelibuey tratadas con FGA por 12 d y 500 UI de eCG en las diferentes estaciones del año. Mientras que Macías *et al.* (2012) en un protocolo de sincronización en ovejas Pelibuey consistente en administrar 30 mg de un progestágeno sintético FGA por 12 días y previo al retiro de la esponja (48 h); administrar intramuscularmente una dosis de 250 UI de eCG y utilizando empadre controlado con monta natural, encontraron del 90 al 100 % de gestaciones.

La participación de sementales es importante para obtener buenos resultados en el porcentaje de gestación en cualquier programa reproductivo. La doble inseminación realizada en la presente investigación incrementó el porcentaje de gestación, similar a lo reportado por Martínez *et al.* (2007) en ovejas barbados panza Negra en época de baja fertilidad (Marzo-Abril) al mejorar la eficiencia reproductiva realizando monta dirigida mediante tres servicios con diferencia de doce horas por servicio. Lo anterior concuerda a lo registrado por Salamon y Maxwell (2000), quienes mencionan que para obtener altos porcentajes de gestación, es mejor inseminar dos veces a las ovejas después de detectar el estro.

La administración de hormona de crecimiento rbST favorece la fertilización 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. A su vez Martínez *et al.* (2011) mencionan que la administración de 125 mg de hormona de crecimiento bovino (rbST) durante el tratamiento para inducir la ovulación en cabras en anestro estacional, mejora la fertilidad. Mientras en vacas repetidoras, una inyección con 500 mg de rbST en el momento del estro y una segunda aplicación a diez días después,

mejoró significativamente el porcentaje de concepción (Morales-Roura *et al.*, 2001). Con base en lo anterior se concluye que el efecto positivo de la rbST en el porcentaje de gestación (91.66 %) es debido a que el IGF-I favorece el desarrollo embrionario (Montero *et al.*, 2007) actuando como un factor de supervivencia embrionaria cuando los embriones son expuestos en ambientes desfavorables (Jousan *et al.*, 2004).

En cuanto al porcentaje de parición Hernández, (2009) menciona que el porcentaje de pariciones en ovejas de la raza Pelibuey son superiores al 90%, lo cual coincide con el presente estudio. Mientras que Valencia y González, (1983) reportan un incremento en el porcentaje de parición cuando los animales son sometidos a una nutrición adecuada durante el ciclo productivo.

5.5 Fecundidad.

La fecundidad fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos (Cuadro 6), presentando en promedio 1.78 ± 0.95 corderos oveja⁻¹, indicando la efectividad de la administración de eCG y rbST en el día siete en un protocolo a base de progestágenos por nueve días, y que no afecta la fecundidad de ovejas Pelibuey.

Cuadro 6. Fecundidad en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Número total de corderos	Número de corderos nacidos*
T1=CIDR	60	107	1.78 ± 0.11^a
T2=CIDR + rbST	60	117	1.95 ± 0.11^a
T3=CIDR + eCG	60	98	1.63 ± 0.11^a
Media			1.78 ± 0.95

^a Valores de medias con misma literal en columna no difieren estadísticamente ($P>0.05$).

* Media \pm EE

La fecundidad es un índice donde se conjuga la fertilidad y la prolificidad, es dependiente de éstos así como de factores que ejercen influencia sobre los mismos. Dentro de estos, la administración de fármacos y la alimentación de la oveja, modifican la tasa ovulatoria incidiendo sobre la fecundidad (Rattray *et al.*, 1981).

La fecundidad es mayor en ovejas bien alimentadas y con una favorable condición corporal durante el periodo de empadre, Ramón y Sanginés (2002) evaluaron el comportamiento de primas Pelibuey en pastoreo sometidas a efecto macho y suplementación, mostrando diferencias ($p < 0.05$) en fecundidad, observando 0.7 corderos por oveja para el caso de efecto macho y 1.0 para el caso de efecto macho más suplementación. Mientras que Fernández y Formoso (2007) mencionan que la condición corporal de las ovejas determina su desempeño reproductivo, observando en ovejas Polwarth con condición corporal de 2.25 a 2.75 una menor tasa ovulatoria y fertilidad (1.08 y 89 %), con respecto a ovejas con condición corporal de 3.0-3.75 (1.33 y 93.9 %), afectando la fecundidad.

La administración de diferentes dosis de eCG (0, 100, 200 y 400 UI) en ovejas Pelibuey y Blackbelly, en un protocolo de sincronización con 40 mg FGA, por 10 días y utilizando monta natural, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en fecundidad, reportando valores de 0.791, 0.682, 1.13 y 1.172 corderos por oveja, respectivamente (Quintero *et al.*, 2011). Mientras que Avendaño *et al.* (2007) obtuvieron diferencias significativas en fecundidad en ovejas Pelibuey al sincronizarlas con 40 mg de FGA por 12 días y 500 UI de eCG, inseminando a 48 h después del retiro de las esponjas, utilizando semen de diferentes razas (Katahdin, Pelibuey y Dorper), presentando 1.08, 1.31 y 1.64 corderos por oveja, respectivamente. Este aumento en la fecundidad se debe a la acción de la eCG en el incremento de tasa ovulatoria y por consiguiente en la prolificidad (Vázquez *et al.*, 2004). En cuanto a la rbST en fecundidad no se reportan resultados. Martínez *et al.* (2011) indicaron que la inyección de rbST en cabras aumentó la proporción de

animales que mostraron estro, lo que resultó en un incremento de la tasa de preñez, pero no la cantidad de partos múltiples. Mientras que la administración de 125 mg de rbST cinco días antes del retiro del progestágeno en la inducción del estro en ovejas Pelibuey, incrementa la proporción de partos múltiples (Carrillo *et al.*, 2007).

La fecundidad, indica la verdadera efectividad del tratamiento, en el presente estudio los valores son superiores a los reportados por los autores mencionados, esto debido a que los animales presentaron una alimentación adecuada previa al empadre, mostrando una condición corporal de 3.5 a 4. Aunado a la doble inseminación que se realizó, incrementando con esto el número de ovejas gestantes y la prolificidad en cada tratamiento.

5.6 Prolificidad.

La prolificidad fue similar ($P > 0.05$) en todos los tratamientos (Cuadro 7), presentando en promedio 2.02 ± 0.8 corderos oveja⁻¹, indicando que la aplicación de CIDR solo o en combinación con rbST o eCG no afectó la prolificidad de ovejas Pelibuey.

Cuadro 7. Prolificidad en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Número de ovejas paridas	Número total de corderos	Número de corderos nacidos*
T1= CIDR	60	52	107	2.08 ± 0.94^a
T2= CIDR + rbST	60	55	117	2.13 ± 0.91^a
T3= CIDR + eCG	60	52	98	1.88 ± 0.86^a
Media				2.02 ± 0.8

^a Medias con misma literal en columna, no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).

* Media \pm EE

En estudios realizados, se ha observado un incremento en prolificidad cuando los animales son bien alimentados durante todo el ciclo reproductivo (Doney, 1979), así mismo Macedo y Castellanos (2004) indican que la suplementación en ovejas Pelibuey durante el empadre y la gestación temprana permite elevar el tamaño de camada, obteniendo una prolificidad de 2.2 crías por oveja.

La época de monta ejerce efecto sobre la prolificidad de las ovejas Pelibuey, Martínez-Rojero *et al.* (2011) concluyen que bajo condiciones semi-extensivas, utilizando empadre controlado con monta natural, la prolificidad en la oveja Pelibuey es afectada por la estación del año en la que se establece el empadre. Estos índices son mayores cuando los apareamientos se realizan durante el otoño (1.53 ± 0.06 crías parto⁻¹) y menores en primavera (1.23 ± 0.05 crías parto⁻¹). Mientras que Macedo y Alvarado (2005) observaron que la época de monta no afectó ($p > 0.05$) la prolificidad, al evaluar dos épocas de monta: primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI), sobre la prolificidad de ovejas Pelibuey manejadas en un sistema intensivo, presentando 2.21 y 2.37 cría vientre⁻¹ para Primavera-Verano y Otoño-Invierno, respectivamente.

En ovejas la aplicación de gonadotropinas en protocolos de sincronización incrementa la tasa ovulatoria, y la prolificidad (Rosado *et al.*, 1998). Quintero *et al.* (2011) mencionan que en un protocolo de sincronización en ovejas Pelibuey y Blackbelly, con 40 mg FGA, por 10 días más la aplicación de eCG en diferentes tiempos 0, 24 y 48 horas antes de retirar el progestágeno y utilizando monta natural, no se observó diferencias significativas ($p > 0.05$) en prolificidad, con 2.1 ± 0.2 , 1.9 ± 0.2 y 1.8 ± 0.2 corderos por oveja, respectivamente. De igual forma, Martínez *et al.* (2007) no observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) para prolificidad, en ovejas Barbados panza Negra en un protocolo de sincronización mediante el uso de esponjas impregnadas con 65 mg de acetato de medroxiprogesterona y la aplicación

de 200 U.I. de eCG 48 h antes del retiro (1.4), al momento del retiro del progestágeno (1.08) y durante la monta del semental (1.22).

En cabras primíparas la administración de 125 mg de rbST, 5 y 10 días antes del retiro de la esponja de FGA, presentó una tasa de ovulación similar entre el grupo tratado y testigo. Mientras que para la variable prolificidad mostró incremento en los grupos tratados con rbST con respecto al grupo testigo (Domínguez *et al.*, 2001), así mismo, en un estudio en ovejas Pelibuey, realizado por Carrillo *et al.* (2007) observaron una prolificidad de 1.64 corderos por oveja parida, al aplicar 125 mg de rbST 5 días antes de retirar la esponja con FGA, mientras que el grupo testigo presentó 1.25 corderos. La administración de rbST en protocolos de sincronización, no aumenta la tasa de ovulación, pero si aumenta la prolificidad, este mecanismo lo hace al aumentar los factores de crecimiento insulínicos tipo I, aumento en la fertilidad, sobrevivencia embrionaria y reconocimiento materno de la gestación (Hernández y Rodríguez, 2008).

La prolificidad en el presente estudio es similar a la presentada por los autores antes mencionados, pero difiere de la reportada en sistemas extensivos y semiextensivo (1.19 a 1.48 corderos oveja⁻¹, Perón *et al.*, 1991; 1.23 corderos oveja⁻¹, Segura *et al.*, 1996 y 1.53 a 1.23 Martínez-Rojero *et al.*, 2011). Esta variación ha sido atribuida principalmente a factores como la nutrición, ya que al 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). Existe una relación entre la condición corporal de las ovejas y la tasa ovulatoria, de tal manera que ovejas con una buena condición corporal, tendrán un mayor porcentaje de partos múltiples (Downing y Scaramuzzi, 1991). Lo cual concuerda con los resultados obtenidos ya que la mayoría de las ovejas presentaban una condición corporal mayor a 3.5 al momento del servicio.

5.7 Tipo de parto.

Con el tipo de parto no hubo diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8), para ovejas que presentaron partos sencillos y dobles, pero si en partos triples ($p<0.05$), observándose mayores porcentajes en las ovejas tratadas con rbST (32.73 %), mientras que las ovejas tratadas con eCG presentaron la menor proporción (13.47 %), indicando que la administración de rbST en el día siete en un protocolo de sincronización a base de progestágenos por nueve días, mejora la proporción de partos triples.

Cuadro 8. Tipo de parto en ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	(n)	Número de ovejas paridas	Tipo de parto					
			Sencillo		Doble		Triple	
			(n)	%	(n)	%	(n)	%
T1= CIDR	60	52	9	(17.31) ^a	31	(59.62) ^a	12	(23.08) ^{ab}
T2= CIDR + rbST	60	55	11	(20.00) ^a	26	(47.27) ^a	18	(32.73) ^a
T3= CIDR + eCG	60	52	13	(25.00) ^a	32	(61.54) ^a	7	(13.47) ^b

^{a,b} Valores con diferente literal en columna, son diferentes estadísticamente ($P<0.05$).

La proporción de partos triples (13.47 %) obtenida al aplicar eCG en combinación con progestágenos es inferior a la obtenida con solo progestágenos (23.08 %), lo cual es similar a lo reportado por Kridli *et al.* (2006) en ovejas Awassi, donde observaron diferentes porcentajes de partos múltiples (0 % y 40 %) entre ovejas que recibieron 600 y 0 UI de eCG. Por su parte Quintero *et al.* (2011) mencionan que la

aplicación de eCG en ovejas Pelibuey y Blackbelly en diferentes dosis (0, 100, 200 y 400 UI), mostraron porcentajes de partos sencillos del 30, 60, 35.7 y 22.3 %, respectivamente, mientras que en partos múltiples se observaron porcentajes de 70, 40, 64.3 77.8 % para cada una de las dosis aplicadas. Este incremento en la proporción de partos múltiples que se presenta en el grupo de animales que no fueron tratados con eCG, puede ser debido a la sensibilidad del ovario para la hormona eCG o bien por la formación de anticuerpos a dicha hormona por el uso repetido en estos animales experimentales (Emsen y Yaprak, 2006).

El incremento observado en la proporción de partos triples en ovejas tratadas con rbST, es similar a lo reportado por Carrillo *et al.* (2007) en ovejas Pelibuey, observaron un incremento en la proporción de partos múltiples (Sencillos 43.5 %, Dobles 48.7 % y Triples 7.7 %), al aplicar 125 mg de rbST 5 días antes de retirar la esponja con FGA, en comparación al grupo testigo (Sencillos 74.3 %, Dobles 25.7 % y Triples 0 %). Mientras que Martínez *et al.* (2011) reportaron que la inyección de rbST en cabras en época de anestro, resultó en un incremento de la tasa de preñez, pero no incrementó la cantidad de partos múltiples (rbST, 59 % y testigo, 63 %), el incremento en partos múltiples en este grupo es debido a un aumento de la tasa de fertilización y sobrevivencia embrionaria más no a un aumento de la tasa de ovulación (Carrillo *et al.*, 2007).

Factores como: alimentación, época del año, genotipo, condición corporal así como tratamientos hormonales que incrementen la tasa ovulatoria y supervivencia embrionaria, mejoran la proporción de partos múltiples y por consiguiente la prolificidad, lo cual permite obtener un mayor número de corderos nacidos, y por lo consiguiente mejorar las utilidades en las unidades de producción, debido a que el costo fijo por vientre es básicamente el mismo independientemente de su nivel productivo, por lo que el incremento en este indicador determina la viabilidad de un sistema de producción.

5.8 Peso de corderos al nacimiento.

El peso de los corderos al nacimiento fue similar ($p>0.05$) entre tratamientos, en promedio fue 3.26 ± 0.77 kg (Cuadro 9), indicando que la administración de eCG y rbST en el día siete en un protocolo de sincronización a base de progestágenos por nueve días no afecta el peso de los corderos. En relación al tipo de parto se observó diferencias significativas ($P < 0,05$) en el peso de los corderos, presentando los pesos más altos corderos nacidos de parto sencillo (4.09 ± 0.80), mientras que los pesos más bajos se observaron en corderos nacidos en parto triple (2.68 ± 0.58).

De acuerdo al sexo de los cordero, se observó diferencias significativas ($p<0.05$) en cuanto al peso promedio, siendo los machos superiores (3.35 ± 0.78) respecto al grupo de hembras (3.31 ± 0.75). Además, dentro de los corderos nacidos en parto triple los machos fueron más pesados ($p< 0,05$) con respecto al grupo de hembras, mientras que en partos sencillos y dobles no se observó diferencia en peso de los corderos en relación al tipo de sexo (Cuadro 10).

Cuadro 9. Pesos al nacimiento de corderos por tipo de parto de ovejas Pelibuey tratadas con CIDR por nueve días (T1) y la aplicación de 250 mg de rbST (T2) ó 300 UI de eCG (T3) 48 h antes del retiro del progestágeno.

Tratamiento	Tipo de parto			Media*
	Sencillos	Dobles	Triple	
T1=CIDR	4.31 ± 0.25 ^{a_x}	3.35 ± 0.07 ^{a_y}	2.76 ± 0.09 ^{a_z}	3.52 ± 0.91 ^a
T2=CIDR + rbST	4.07 ± 0.22 ^{a_x}	3.58 ± 0.08 ^{a_y}	2.68 ± 0.08 ^{a_z}	3.27 ± 0.91 ^a
T3=CIDR + eCG	3.96 ± 0.21 ^{a_x}	3.35 ± 0.07 ^{a_y}	2.50 ± 0.09 ^{a_z}	3.27 ± 0.78 ^a
Media*	4.09 ± 0.80 _x	3.40 ± 0.61 _y	2.68 ± 0.58 _z	3.26 ± 0.77

^{a b} Valores con diferente literal por columna es diferente ($P<0.05$).

_{x y z} Valores con diferente literal por hilera es diferente ($P<0.05$).

* Media \pm EE

Cuadro 10. Pesos al nacimiento de corderos machos y hembras procedentes de diferente tipo de parto.

Sexo	Tipo de parto			Media*
	Sencillos	Dobles	Triple	
Machos	4.18±0.20 ^{a_x}	3.47±0.06 ^{a_y}	2.76±0.08 ^{a_z}	3.35±0.88 ^a
Hembras	3.97±0.18 ^{a_x}	3.37±0.06 ^{a_y}	2.57±0.08 ^{b_z}	3.31±0.86 ^b

^{a_b} Valores con diferente literal por columna es diferente (P<0.05).

^{x_{y_z}} Valores con diferente literal por hilera es diferente (P<0.05).

* Media ± EE

Diversos estudios establecen que a medida que aumenta el número de crías nacidas por parto disminuye el peso al nacimiento (Robinson *et al.*, 1977; Rodríguez *et al.*, 1999; Quesada *et al.*, 2002). Trabajos realizados para la raza Pelibuey (Carrillo *et al.*, 1987; Carrillo y Segura, 1993; Albuene y Perón, 1996) han confirmado previamente la superioridad de los corderos provenientes de nacimiento sencillo con respecto a los de nacimiento múltiple, tal como se observó en este estudio.

El promedio del peso de los corderos al nacimiento entre tratamientos fue 3.26 ± 0.77 kg valor diferente a lo reportado por Fonseca *et al.* (2002), Rico *et al.* (2001) y Fonseca (2003) (2.74, 2.49 y 2.95 kg respectivamente) en condiciones de pastoreo. Esto debido al efecto de la alimentación de las ovejas durante todo el ciclo reproductivo y la condición corporal de las ovejas (Perón, 2008). En cuanto al peso de los corderos por tipo de parto se observan valores similares a los reportados por González *et al.* (1998) con 4.02 kg para los de partos simples y 3.66 kg para los de partos múltiples. Estas diferencias en el peso al nacimiento se atribuyen principalmente a que la cría única durante su permanencia en el útero no tiene competencia alguna por nutrimentos y por espacio, contrario a lo que sucede con las crías múltiples. Esto parece estar correlacionado positivamente con el número y peso de los cotiledones del útero (Black, 1983). En gestaciones múltiples el número de

cotiledones por feto disminuye y aunque el peso por cotiledón aumenta, el intercambio de nutrientes por feto se reduce disminuyendo el crecimiento fetal y por consiguiente el peso al nacimiento. Macías *et al.* (2012) mencionan pesos al nacimiento de 3.08 a 3.57 kg en partos simples, 2.92 a 3.05 kg en partos dobles y 2.37 a 2.40 kg para partos triples al sincronizar ovejas con FGA y 250 UI eCG, valores que difieren al tratamiento con progestágenos y eCG con 3.96, 3.35 y 2.50 kg para partos simples, dobles y triples respectivamente. Mientras que Escalera (2005), reporta pesos de 3.7, 2.5 y 2.0 kg para partos simples, dobles y triples al aplicar 125 mg de rbST 5 días antes de retirar el progestágeno en un protocolo por doce días, valores que difieren del grupo tratadas con rbST presentando valores de 4.07 kg en partos simples, 3.58 kg para partos dobles y 2.68 kg en partos triples.

En cuanto a la influencia del sexo de la cría sobre el peso al nacimiento se estima que los corderos machos son superiores del 5 a 10 % con respecto a las hembras (Rhind *et al.*, 1980). En este estudio, la interacción tipo de nacimiento por sexo influyo en el peso al nacimiento de los corderos, el cual fue mayor en machos nacidos en parto sencillo que en machos y hembras nacidos en parto doble y triples, al igual que en hembras nacidas en parto sencillo. Adicionalmente, tanto machos y hembras nacidos en partos triples tuvieron los pesos más bajos. Lo anterior se observa frecuentemente y puede deberse a las diferencias que existen en desarrollo gestacional entre productos de diferente sexo, el cual es favorable para machos (Hinojosa-Cuellar *et al.*, 2009); así como también a la competencia por los nutrientes y espacio uterino cuando se desarrolla más de un producto dentro de la oveja (Gardner *et al.*, 2007). En ovinos, la tasa de crecimiento del esqueleto durante la gestación es más rápida en machos que en hembras debido a la hormona testosterona que es producida abundantemente por fetos machos (De Zegher *et al.*, 1998). Así mismo, otros estudios (González *et al.*, 2002; Avendaño *et al.*, 2004; Macías-Cruz *et al.*, 2009) realizados con razas de pelo también reportaron menor peso al nacimiento en corderos producto de partos múltiples y en hembras comparado con los machos.

VI. CONCLUSIONES.

La administración de 250 mg de Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) en ovejas Pelibuey, dos días antes del retiro del progestágeno, mejora la sincronización del estro, con un menor tiempo a presentar manifestaciones externas de estro, presentando valores similares a los obtenidos al utilizar eCG en protocolos de sincronización.

El incremento en la proporción de partos múltiples en el grupo tratado con rbST es debido a un aumento de la tasa de fertilización y sobrevivencia embrionaria más no a un aumento de la tasa de ovulación.

El efecto de los tratamientos no influyo en el porcentaje de gestación y parición, así como para fecundidad y prolificidad, observándose un incremento en cada una de las variables para el grupo de ovejas tratadas con progestágenos en combinación con rbST, siendo una posible alternativa para mejorar rentabilidad de las unidades de producción.

VII. LITERATURA CITADA.

- Adashi, E. Y., C. E. Resnick., M. E. Svoboda, and J. J. Van Wyk. 1985. Somatomedin-C enhances induction of luteinizing hormone receptors by follicle-stimulating hormone in cultured rat granulosa cells. *Endocrinology*. 116: 2369-2375.
- Adam, C., P.A. Findlay, and H.A. Moore. 1998. Effects of insulin-like growth factor-1 on luteinizing hormone secretion in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 50:45-56.
- Aguirre, H. Y. 2005. Efecto de la somatotropina bovina recombinante (rRBST) sobre la prolificidad de ovejas Pelibuey sincronizadas. Tesis de Licenciatura de Med. Vet. Zoot. U.A.N. Compostela, Nayarit.
- Aisen, E.G. 2004. Reproducción ovina y caprina. Capítulo 7. En: Figueredo, V., Rubianes, E. (Eds) Preparación de las hembras detección y control del estro y la ovulación, 1ª Ed. Inter-Médica S.A.I.C.I., Buenos Aires, Pp87-98.
- Akif, C. and M. Kuran. 2003. Effects of a single injection of hCG or GnRH agonist on day 12 postmating on fetal growth and reproductive performance of sheep. *Vet. Méx.* 80(1-2): 81-90.
- Albuerne, R y N. Perón. 1996. Condición corporal y peso vivo de la oveja Pelibuey. 2 Efecto sobre la tasa reproductiva. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 22:21.
- Albuene, R. y N. Perón. 1996a. Condición corporal y peso vivo de la oveja Pelibuey. 1. Peso al nacer y tasa de crecimiento de los corderos. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 22: 15-20.
- Álvarez, M. Y. 2010. Efecto de la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rbST) aplicada dos días antes de la presentación del celo sobre la fertilidad en ovejas de la raza Pelibuey. Tesis de licenciatura de Med. Vet. Zoot. U.A.N. Compostela, Nayarit.
- Armstrong, D. T., A. P. Pfitzner, G. M. Warnes, M. M. Raph, and R. F. Seamark. 1983. Endocrine responses of goats after induction of superovulation with PMSG and FSH. *J. Reprod. Fertil.* 67: 395-401.
- Arosh, J.A., K. Banu, S. Kimmins, P. Chapdelaine, A. Maclaren and A. Fortier. 2004. Effect of interferon T on prostaglandin biosynthesis, transport, and signaling at the time of maternal recognition of pregnancy in cattle: evidence of polycrine actions of prostaglandin E2. *Endocrinology*. 145(11): 528-533.
- Arteaga, C.J. de D. 2000. Problemática de la ovinocultura en México. Memorias del V curso: bases de la cría ovina; Texcoco Edo. De México: Asociación Mexicana de Técnicos y Especialistas en Ovinocultura, AC: 124-127.

- Arthur, G. H., D. E. Noakes, y H. Peterson. 1991. Reproducción y orbSTetricia en veterinaria. (6 ed.). Ed. Interamericana Mc Graw.-HiLL. Madrid, España.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, L. Molina-Ramírez, R. Rangel-Santos, A. Correa-Calderón, J. Rodríguez-García, M. Cruz-Villegas, P. H. Robinson, and T. R. Famula. 2007. Reproduction performance of Pelibuey ewes in response to estrus synchronization and artificial insemination in Northwestern Mexico, *J. of Animal and Veterinary Advances*. 6: 807–812.
- Avendaño R. L., F. D. Álvarez, S. Quintero, L. Molina and F.J. Cisneros. 2004. Assessment of some productive traits of the Pelibuey sheep in northwestern Mexico: Preliminary results. *Cuban J Agr. Sci*. 38: 129-134.
- Badinga, L. A., T. Guzeloglu, and W. W. Thatcher. 2002. Bovine somatotropin attenuates phorbol ester-induced prostaglandin F₂ α production in bovine endometrial cells. *J. Dairy Sci*. 85: 537-542.
- Bauman, S. M. G. 1992. Bovine Somatotropin: Review of on emergency animal technology. *J. Dairy Sci*. 75: 3432-3451.
- Behl, R. and R. Pandey. 1999. Effect os recombinant insulin like growth factor-1 on caprine granulose cell steroidogenesis, in vitro. *Small Rum. Res*. 33: 165-169.
- Black, J.L. 1983. Growth and development of lambs. In: W. Haresign (Ed.) *Sheep Production*. London. U.K. p. 21-58
- Blundell, T. L. and E. R. Humbell. 1989. Hormone families. Pancreatic hormones and homologous growth factors. *Nature*. 287: 781-787.
- Camacho, R. J.C., J del C. Rodríguez, J.E. Hernández, A. Pró, C.M. Becerril y J. Gallegos. 2008. Características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*. 16: 18-24.
- Cardwell, B.E., Q Fitch, and D. Geisert. 1998. Ultrasonic evaluation for the time of ovulation in ewes treated with norgestomet and norgestomet followed by pregnant mare's serum gonadotropin. *J. Anim. Sci*. 76: 2235-2238.
- Carrillo, A.L. and J.C. Segura. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in Mexico. *Trop. Anim. Health. Prod*. 23: 517-540.
- Carrillo, A.L., M.A. Velázquez y G.T. Órnelas. 1987. Algunos factores ambientales que afectan el peso al nacer y al destete de corderos Pelibuey. *Tec. Pec. Mex.*, 25: 289-295.

- 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.
- Carson, R. S., Z. Zhang, L. A. Hutchinson, A. C. Herington, and J. K. Findlay. 1989. Growth factors in ovarian function. *J. Reprod. Fert.* 85: 735-746.
- Castellanos, R. y M. Valencia. 1982. Estudio cuantitativo de la producción láctea de la borrega Pelibuey. *Prod. Anim. Tropical.* 7 (3): 245-253.
- Chemineau, P., B. Malpoux, J.D. Delgadillo, Y. Guerin, J.P. Ravault, J. Thimonier, and J. Pelletier. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.
- Cortes, Z. J. 1993. Reinicio de la actividad ovárica posparto 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 Grado. Pp. 124.
- Cruz, L.C. 1995. Generalidades de ovinos de pelo: Origen, distribución, razas, características. Memorias del curso Experiencia en la Producción de ovinos de pelo en el CE1EGT. Universidad Nacional Autónoma de México. México pp. 8-16.
- Cuellar, O. J.A. 2006. La producción ovina en México. Memorias "Primer Semana Nacional de la Ovinocultura, Tulancingo, Hidalgo, pp 11-15
- Daftary, S.S. and A.C. Gore. 2005. IGF-1 in the brain as a regulator of reproductive neuroendocrine function. *Experimental Biology and Medicine.* 230: 292-306.
- D'Ercole, A. J., D. Stiles, and E. Underwood. 1984. Tissue concentrations of somatomedin C: Further evidence for multiple sites of synthesis and paracrine or autocrine mechanisms of action. In: *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 935-939.
- De Lucas, T. y S. I. Arbiza. 2000. Producción Ovina en el Mundo y México. Editores mexicanos unidos S.A. México.
- De La Isla, H.G., L.J.R Aké, B. A. Ayala, and A. González-Bulnes. 2010. Effect of body condition and season of the year on estrous cycle, estrous, follicular development and ovulation rate in Pelibuey ewe under tropical conditions. *Vet. Méx.* 41: 167-175.
- De Zegher, F., I. Francois, A.L.M. Boehmer, G. Saggese, J.M.O. Hiort, C. Sultan, P. Clayton, R. Brauner, E. Cacciari, L. Ibenez, G. Van Vliet, A. Tiulpakov, N.

- Saka, M. Ritzen and W.G. Sipell. 1998. Androgens and fetal growth. *Horm Res* 50: 243-244
- Domínguez, Y., J. Hernández, A. Rodríguez, y C.G. Gutiérrez. 2001. Efecto de la inyección de 100 mg de RBST 5 y 10 días antes del retiro de la esponja de FGA en la tasa ovulatoria y la fertilidad en cabras (resumen). Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Donadeu, F.X. and J. Ginther. 2002. Changes in concentrations of follicular fluid factors during follicle selection in mares. *Biol. Reprod.* 66: 1111-1118.
- Downing, J.A., and R. J. Scaramuzzi. 1991. Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *J. Reprod. Fertil.* 43: 209-227.
- Emsen, E. and M. Yaprak. 2006. Effect of controlled breeding on the fertility of Awassi and Red Karaman ewes and the performance of the offspring, *Small Rum. Res.* 66: 230–235.
- Escalera, V. F. 2005. Efecto de la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre el peso de las crías al nacimiento en ovejas Pelibuey. Tesis de licenciatura de Med. Vet. Zoot. U.A.N. Compostela, Nayarit.
- Farin, C.E., K Imakawa, T. Hansen, J. McDonnell, C. Murphy, W. Farin, and M. Roberts.. 1990. Expression of trophoblastic interferon genes in sheep and cattle. *Biol. Reprod.* 43: 210-218.
- Fernández Abella, D., W. Ibáñez y M. De Mora. 2006. Efecto del momento del servicio, número de servicio y período entre servicios, sobre la fertilidad de ovejas Merino sincronizadas con servicio a corral. *Producción Ovina.* 18: 49 - 55.
- Fernández Abella, D., y D. Formoso. 2007. Estudio de la mortalidad embrionaria y fetal en ovinos. II. Efecto de la condición corporal y de la dotación sobre las pérdidas embrionarias y fetales. *Producción Ovina* 19: 5 – 13.
- Fierro, S. 2010. Pérdidas reproductivas en ovejas sincronizadas con prostaglandina. Tesis de Maestría. Programa de Postgrados. Universidad de la República: Montevideo.
- Fonseca, N. 2003. Contribución al estudio de la alimentación del ovino Pelibuey cubano. Tesis Dr. Ciencias Veterinarias. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Univ. Granma. Cuba.

- Fonseca, N., N. Miranda, J. Costa, M. La O, I. Ponce, J. Vázquez, J. Sánchez y M. Miranda. 2002. Caracterización biológica productiva y efecto de la suplementación de la oveja Pelibuey cubana. En: XVIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. 18-22 de noviembre. Palacio de las Convenciones. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Fraire, C. S. 2010. Selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona. Tesis de Maestría. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, 3^a ed. Editorial FOCET. pp 246.
- Gardner, D.S., P.J. Buttery, Z. Daniel and M.E. Symonds. 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *J Reprod Fertil* 133, 297-307.
- German, A. C. G. 2002. Influencia de la condición corporal y la alimentación en el comportamiento reproductivo de las ovejas de pelo. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo de México.
- Godkin, J.D., W. Bazer, J. Moffatt, F. Sessions, and M. Roberts. 1982. Purification and properties of a major, low molecular weight protein released by the trophoblast of sheep blastocysts at day 13-21. *J. Reprod. Fertil.* 65: 141- 150.
- Godfrey, R. W., J. R. Collins, E. L. Hensley, and J. E. Wheaton. 1999. Estrus synchronization and artificial insemination of hair sheep in the tropics. *Theriogenology.* 51(5): 985-987.
- Goff, A.K. 2002. Embryonic signals and survival. *Reprod Domest Anim.* 37: 133-139.
- Gong, J. G., T. A. Bramley, and R Webb. 1993. The effect of recombinant bovine somatotropin on ovarian function in heifers: follicular populations and peripheral hormones. *Biol. Reprod.* 45: 941-949.
- Gong, J. G., D. McBride, A. Bramley, and R. Webb. 1994. Effects of recombinant bovine somatotrophin, insulin-like growth factor-I and insulin on bovine granulosa cell steroidogenesis in vitro. *J. Endocrin.* 143: 157- 164.
- González, A., J. Valencia, W. C. Foote and D. Murphy. 1991. Hair sheep in Mexico: Reproduction in the Pelibuey sheep. *Anim. Breed. ArbSTr.* 59: 509-524.
- González, E., M. Castellano y O. Cáceres. 1998. Ritmo de crecimiento del ovino Pelibuey de Cuba hasta el destete. *Pastos y Forrajes* 21: 271.

- González G.R, G. Torres, M. Castillo. 2002. Growth of Blackbelly lambs between birth and final weight in the humid tropics of Mexico. *Ver Méx* 33: 443-453.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández y J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Trop.* 28(1): 51-56.
- González-Reyna, A. B., D. Murphy, J. De Alba, and G. Mans. 1987. Endocrinology of the postpartum period in the Pelibuey ewe. *J. Anim. Sci.* 64: 1717-1723.
- González, R.A., M.M. Higuera, A.H. Hernández. B.P. Estrada, O.E. Gutiérrez, N.J. Colín y R.E. Cienfuegos. 2003. Eficiencia reproductiva y punto de equilibrio para el costo del kilogramo de cordero al destete en ovinos de pelo en el Noreste de México. *Livestock Research for Rural Development.* 15: 1-11.
- González-Stagnaro, C. 1993. Commercial hair sheep production in a semiarid region of Venezuela. En "Hair sheep of Western Africa and the Americas". Ed. H.A. Fitzhugh. G.E. Bradford. Winroch. International study, Publ. Westview. Press. USA. Chap. 2.4: 85 - 104.
- González-Stagnaro, C. 1999. Control hormonal del ciclo estral en pequeños rumiantes del área tropical. *Reproduction des Ruminants en zone tropicale. Pointe - a - Pitre (F.W.I) 8 - 10 juin 1988.* Ed. INRA. Publ, (Les Colloques de INRA; No. 20: 433 - 471.
- Goodman, G. A. 1996. Bases farmacológicas de la terapéutica. Editorial McGraw-Hill. Interamericana. 9ª edición. México, D.F.
- Gordon, I. 1997. Controlled reproduction in sheep and goats. CAB International. London, U.K. Pp 86-115.
- Hackett, A.J., H. A. Robertson, P. Penner, And G. R. Mclaughlin. 1981. Comparison of two methods of synchronizing estrus and subsequent lambing in a commercial sheep flock. *Canadian Journal of Animal Science.* 61: 67-72.
- Hafez, E. S. E. y Hafez, B. B. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en animales. (7ªed.). Ed. Mc Graw-Hill Interamericana, México, D. F. p. 33 – 53, 56-70, 177-87.
- Heredia, A. M., M. Menéndez, y A. Velázquez. 1991. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey (resumen). *Memorias de la Reunión Nacional Pecuaria Tamaulipas 1991.* Cd. Victoria 11/22-27, Tamps., México. 115 pp.

- 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 p.16-29.
- Hernández, C. J., J.M. Valencia y L.Q. Zarco. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con ocho días de intervalo. *Tec. Pec. Mex.* 39: 53-58.
- Hernández, M. J. 2009. L-arginina y su relación con la tasa ovulatoria en ovejas. Tesis de Maestría. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Herrera, H. L., S. D. Feldman, y Q. L. Zarco. 1990. Evaluación del efecto luteolítico de la prostaglandina F₂ alfa en diferentes días del ciclo estral de la borrega. *Vet Mex* 21: 143-147.
- Herrera, J., P. Pulgarón, R.J. Stuart, y Aida. C. Noda. 2008. Balance alimentario y comportamiento reproductivo de ovejas Pelibuey en un sistema de bajos insumos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 42: 41-44.
- Hinojosa-Cuellar J.A., F.M. Regalado y J. Oliva. 2009. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Rev Cient FCV LUZ* 19: 522-532.
- Horoz, H., G. Kasiksi, K. Kemal, S. Alkan and C. Sonmez. 2003. Controlling the breeding season using melatonin and progesterone in Kivircik ewes. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 27: 301-305.
- Houghton, J.A., N. Liberati, N. Schrick, C. Townsend, A. Dailey, and K. Inskeep. 1995. Day of estrous cycle affects follicular dynamics after induced luteolysis in ewes. *J. Anim. Sci.* 73(7): 2094-101.
- Husein, M.Q.,T. Bailey, M. Ababneh, E. Romano, G. Crabo, and E. Wheaton. 1998. Effect of eCG on the pregnancy rate of ewes transcervically inseminated with frozen-thawed semen outside the breeding season. *Theriogenology.* 49: 997–1005.
- Iida, K., N. Kobayashi, H. Kohno, A. Miyamoto, and Y. Fukui. 2004. A comparative study of induction of estrus and ovulation by three different intravaginal devices in ewes during the non-breeding season. *J. Reprod. Dev.* 50(1): 63-69.

- Joyce, I. M., M. Khalid, and W. Haresign. 1998. Growth hormone priming as an adjunct treatment in superovulatory protocols in the ewe alters follicle development but has no effect on ovulation rate. *Theriogenology*. 50: 873-884.
- Jousan, F. D., J. Hernández-Cerón, M. Franco, and J. Hansen. 2004. Insulinlike growth factor-1 and interleukin-11 as possible survival factors for the bovine preimplantation embryo exposed to stress. *Reprod. Fertil. Dev.* 16: 188.
- Kastelic, J.P. and J. Ginther. 1991. Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. *Animal Reprod. Sci.* 261-2: 13-24.
- Kerbler, T. L., M. Burh, T. Jordan, E. Leslie, and S. Walton. 1997. Relationships between maternal plasma progesterone concentration and interferon tau synthesis by the conceptus in cattle. *Theriogenology*. 47: 703-714.
- Khalid, M., W. Haresign, and R. Luck. 2000. Secretion of IGF-1 by ovine granulosa cells: effects of growth hormone and follicle stimulating hormone. *Animal Reprod. Sci.* 58: 261-272.
- Kohno, H., C. Okamoto, K. Lida, T. Takeda, E. Kaneko, C. Kawashima, A. Miyamoto, and Y. Fukui. 2005. Comparison of estrus induction and subsequent fertility with two different intravaginal devices in ewes during the non-breeding season. *J. Reprod. Dev.* 51(6): 805-12.
- Kridli, R. T. and S. S. Al-Khetib. 2006. Reproductive response in ewes treated with eCG or increasing doses of royal jelly. *Anim. Reprod. Sci.* 92: 75–85.
- 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.
- López-Sebastián, A. 1991. Descarga preovulatoria de LH en ovejas con celo inducido mediante progestágenos y PMSG. *Invest. Agr.* 6: 123-131.
- Lorenzo, P. L., M. J. Illera, J. C. Illera, and M. Illera. 1994. Enhancement of cumulus expansion and nuclear maturation during bovine oocyte maturation in vitro by the addition of epidermal growth factor and insulin-like growth factor I. *J. Reprod. Fertil.* 101: 697-701.
- Lucy, M. C., T. Curran, J. Collier, and J. Cole. 1994. Extended function of the corpus luteum and earlier development of the second follicular wave in heifers treated with bovine somatotropin. *Theriogenology*. 41: 561- 572.
- 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 en Investigación Agropecuaria*. Año/Vol. 8, numero 3.
- Macías, C. U., F.D. Álvarez, H. A. Olgúin, L. Molina, y L. Avendaño-Reyes. 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de razas Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el período predestete. *Arch. Med. Vet.* 44: 29-37.
- Macías-Cruz U., F.D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, L. Molina- Ramírez, A. González-Reyna, S. Soto-Navarro and L. Avendaño-Reyes. 2009. Pelibuey ewe productivity and subsequent pre-weaning lamb performance using hair-sheep breed under a confinement system. *J Appl Anim Res* 36, 255-260.
- 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., M. Oldham, Y. Cognie, and T. Pearce. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams—a review. *Livestock Prod. Sci.* 15: 219-247.
- 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. Mex. Cienc. Pecu.* 2 (2): 221-227.
- Martínez-Rojero, R., L. Reyna, G. Torres, A. Mastache y A. Michel. 2011. Evaluación de la fertilidad y prolificidad en ciclos reproductivos de ocho meses durante tres estaciones en ovejas Pelibuey en el trópico seco mexicano. *Revista Científica. FCV-LUZ / Vol. XXI. N° 5: 383–387.*
- Martínez-Tinajero, J.J., M.T. Sánchez-Torres, L. Bucio, R. Rojo, G. Mendoza, J.L. Cordero y O. Mejía. 2006. Efecto de eCG e inseminación laparoscópica sobre el comportamiento reproductivo en ovejas F1 (Damara X Merino). *Rev. Cientif. FCV-LUZ. XVI* 1: 72-76.
- Martínez, T. J., F. Izaguirre, L. Sánchez, C. García, G. Martínez, y G. Torres. 2007. Comportamiento reproductivo de ovejas barbados barriga negra sincronizadas con MPA y diferentes tiempos de aplicación de eCG durante la época de baja fertilidad. *Revista Científica, FCV-LUZ/Vol. XVII, N° 1: 47-52.*
- Maxwell, W. M. C. and R. Barnes. 1986. Induction of estrus in ewes using a controlled internal drug release device and PMSG. *J. Agric. Sci.* 106: 201-203.
- McCutcheon, S. N. and E. Bauman. 1986. Effect of pattern of administration of bovine growth on lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 38.

- Menchaca, A., V. Miller, J. Gil, A. Pinczak, M. Laca, and E. Rubianes. 2004. Prostaglandin F₂ alpha treatment associated with timed artificial insemination in ewes. *Reprod.Domest. Anim.* 39(5): 352-355.
- Mendoza, M.G. 2000. Efecto de una dosis de 500 mg de somatotropina bovina recombinante (rrbST) en la fertilidad de vacas Holstein al primer servicio y repetidoras. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México D.F.
- Molina-Mendoza, P., T Sánchez Torres-Esqueda, E. García-Flores, A. Martínez-García, L. Cárdenas, J. Peralta-Ortiz, J. Cordero-Mora, A Hizarza-Espinosa, y E. Ortega- cerrilla. 2005. Manipulación de la presencia del cuerpo lúteo en la sincronización del estro en ovejas Dorset. *Agrociencia.* 39:001: 11-18 pp.
- Montero, A., J. Hernández, J. Valencia, G. Gutiérrez, S. Rojas, and J. Hernández-Cerón. 2007. Treatment with rbST during progestin synchronization increases the blastocyst rate in ewes. *J. Anim. Sci.* 85: 324.
- Morales, R. S. 2000. Efecto de un tratamiento corto de somatotropina bovina sobre niveles hormonales, actividad ovárica y desarrollo embrionario en hembras Holstein (tesis de doctorado). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morales-Roura, J.S., L. Zarco, J. Hernández-Cerón and G. Rodríguez. 2001. Effect of short-term treatment with bovine somatotropin at estrus on conception rate and luteal function of repeat-breeding dairy cows. *Theriogenology.* 55: 1831–1841.
- Morales, T. G. 2010. Estrategias de manejo del anestro postparto en ovejas Pelibuey. Tesis de Doctorado. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Moreira, F., L. Badinga, C. Burnley, and W. Thatcher. 2002. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. *Theriogenology* 57: 1371-1387.
- Moreira, F., F. Paula-Lopez, J. Hansen, L. Badinga, and W. Thatcher. 2002a. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor on development of in vitro derived bovine embryos. *Theriogenology.* 57: 895-907.
- Navarrete, S. L., A. Cruz, E. González, R. Piña, J. Sangines, V. Toledo, y J. Ramón. 2008. Efecto de la aplicación de la hormona de crecimiento recombinante (rrbST) sobre la respuesta superovulatoria y la viabilidad embrionaria en ovejas de pelo. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVIII, N° 2: 175–179.*

- Noel, B., J. L. Bister, B. Pierquin. 1994. Effects of FGA and PMSG on follicular growth and LH secretion in Suffolk ewes. *Theriogenology*. 41: 719-727.
- Oliveira, M. A., S. I. Guido, and P.F. Lima. 2001. Comparison of different protocols used to induce and synchronize estrus cycle of Saanen goats. *Small Rum. Res.* 40: 149–153.
- Pearce, G.P., and M. Oldham. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84: 333-339.
- Pérez-Hernández, P y J. Gallegos-Sánchez. 2010. Efecto macho en la reproducción de las hembras bovinas. En: Cuadernos Científicos Girarz 8. N Madrid-Bury (Ed.). Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. PP. 125-136.
- Perkins, A. and A. Fitzgerald. 1994. Luteinizing hormone, testosterone, and behavioral response of male-orientated rams to estrous ewes and rams. *J. Anim. Sci.* 72: 51-55.
- Perón, N., T. Limas, y J.L. Fuentes. 1991 El ovino Pelibuey de Cuba. Revisión bibliográfica de algunas características reproductivas. *Anim. Zoot.* 66: 32-39.
- Pinto-Andrade, L., M. Rhind, A. Wright, R. Mcmillen, J. Goddard, and A. Bramley. 1996. Effects of bovine somatotrophin (rbST) on ovarian function in post-partum beef cows. *Reprod. Fertil. Dev.* 8: 95-960.
- Quesada, M., C. McManus e F.A. D'Araújo Couto. 2002. Efeitos genéticos e fenotípicos sobre características de produção e reprodução de ovinos deslanados no Distrito Federal. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 342-349.
- Quintero, Elisea, J., U. Macías Cruz, F. Álvarez Valenzuela, A. Correa Calderón, A. González-Reyna, F. Lucero-Magaña, S. Soto-Navarro, and L. Avendaño-Reyes. 2011. The effects of time and dose of pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) on reproductive efficiency in hair sheep ewes *Trop. Anim. Health. Prod.* 43:1567–1573.
- Ramon, U. J y J. R. Sangines. 2002. Respuesta al efecto macho de primaras Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Tec. Pec. Mex.* Año / vol 40, 003.
- Ratray, P., K. Jagusch, J. Smith, G. Winn, and K. Maclean. 1981. Effects of genotype, liveweight, pasture type and feeding level on ovulation responses in ewes. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 41: 174-182.
- Rhind, S.M., J.J. Robinson and I. McDonald. 1980. Relationships among uterine and placental factors in prolific ewes and their relevance to variations in foetal weight. *Anim. Prod.*, 30: 115-124

- Rico, C., T. Planas, S. González, y G. Febles. 2001. Tecnologías integrales para el mejora-miento de la productividad de ovejas Peli-buey en granjas genéticas. Informe Investigación. La Habana: Instituto de Ciencia Animal.
- Roberts, R. M., C. Cross, and W. Leaman. 1992. Interferons as hormones of pregnancy. *Endocr. Rev.* 13: 432-452.
- Robinson, J.J., I. McDonald, C. Fraser and R.M.J. Crafts. 1977. Studies in reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *J. Agric. Sci.*, 88: 539-552.
- Rodríguez, M., L.N. Huerta, S.M. Ventura, L.J. Rivero y D. Esparza. 1999. Factores que afectan el comportamiento productivo de corderos mestizos mantenidos bajo condiciones semiintensivas de explotación en el trópico muy seco venezolano. *Rev. Fac. Agron.*, 16: 64-78.
- Rojas, R.O. y L. Rodríguez. 1995. Factores que modifican la Prolificidad en ovejas Blackbelly en clima tropical. *Tec. Pec. Mex.* 33 (3): 159-167.
- Rosado, J., E. Silva, and A. Galina. 1998. Reproductive management of hair sheep whit progesterone and gonadotropins in the tropics. *Small Rum. Res.* 27: 237-242.
- Rosas, P J. 2001. Efecto de un tratamiento corto de rbST (lactotropina) sobre la función ovárica y el desarrollo embrionario temprano con ovejas superovuladas. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Rubianes, E., T. de Castro, and B. Carbajal. 1996. Effect of high progesterone levels during the growing phase of the dominant follicle of wave 1 in ultrasonically monitored ewes. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 473-475.
- Rubianes, E., A. Menchaca and B. Carbajal. 2003. Response of the 1-5 day-aged ovine corpus luteum to prostaglandin F2alpha. *Anim. Reprod. Sci.* 78: 47-55.
- Salamon, S. y M. Maxwell. 2000. Storage of ram semen. *Review. Anim. Repr. Sci.* 62: 77-111.
- SAS, 2011. JMP. Statistic visual. Version 9.2 institute inc. campus Drive. Cary. NC 27517.
- Scaramuzzi, R.J. and G. Martin. 1984. Pharmacological agents for manipulating oestrus and ovulation in the ewe. In: *Reproduction in sheep*, D.R. Lindsay and D.T. Pearce, Editors. 1984, Australian Academy of Science Australian Wool Corporation: Canberra. 316-325.

- Scaramuzzi, R. J, F.Murray, A. Downing, K. Campbell. 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Domestic. Anim. Endocrinol.* 17: 269-277.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) – Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2012. <http://infosiap.siap.gob.mx>.
- Segura, J. C., L. Sarmiento and O. Rojas. 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in México under extensive management. *Small Rum. Res.* 2: 57-62.
- Sharkey, S., J. Callan, R. Mortimer, and C. Kimberling. 2001. Reproductive techniques in sheep. *Review. Food. Anim. Pract.* 17: 435-455.
- Simmen, R. C., Y. Ko, and A. Simmen. 1993. Insulin-like growth factors and blastocyst development. *Theriogenology.* 39: 163-175.
- Simonetti, L, G. Ramos, and C. Gardon. 2002. Effect of estrous synchronization and artificial insemination on reproductive performance of Merino sheep. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 39: 143-146.
- Sirotkin, A. V. and V. Makarevich. 1999. GH regulates secretory and apoptosis in cultured bovine granulosa cells through the activation of the cAMP/protein kinase A system. *J. Endocrinol.* 163: 317-327
- Spencer, T. E. 1998. Pregnancy, maternal recognition of. *Encyclopedia of Reproduction*, ed. K. Ernst. Vol. 3: 1006-1015
- Spencer, T.E., C. Burghardt, A. Johnson, and W. Bazer. 2004. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 537-550.
- Spicer, L, and C. Chamberlain. 2000. Production of insulin-like growth factor-1 by granulosa cells but not thecal cells is hormonally response in cattle. *J. Anim. Sci.* 78: 2919-2926.
- Spicer, L., J. Hanrahan, M. Zavy, and W. Enright. 1993. Relationship between ovulation rate and concentrations of insulin-like growth factor-1 in plasma during the estrous cycle in various genotypes of sheep. *J. Rep. Fert.* 97: 403-409.

- Ungerfeld, R., and E. Rubianes. 1999. Effectiveness of short-term progestogen priming for the induction of fertile oestrus with eCG in ewes during late seasonal anoestrus. *Anim. Sci.* 68: 349-353.
- Valencia, J., A. Porras, O. Mejía, M. Berruecos, J. Trujillo, y L. Zarco. 2006. Actividad reproductiva de la oveja Pelibuey durante la época del anestro: influencia de la presencia del macho. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 16: 136-141.
- Valencia, M., y E. González. 1993. Pelibuey sheep in México. 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.
- Valencia, M. and P. E. González. 1983. Pelibuey sheep in Mexico. In: Fitzhugh, H.A., G.E. Bradford (eds) Hair sheep of western Africa and the Americas. Winrock International, Westview press Boulder, CO, p.319.
- Van der Walt, J. G. 1994. Somatotropin physiology – a review. *S. Afr, Tydskr.veek.* 24: 1-8.
- Vázquez, A. J. F., H.F.M. Loya, E.J.A. Quintero, R.E.G. Cienfuegos, y R.A. González. 2004. Efecto de la dosis de eCG y tiempo de aplicación sobre la manifestación de estro y tasa de ovulación en ovejas de pelo. En: XXXII Reunión anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Monterrey, Nuevo León, México pp. 67-71.
- Viñoles, C., M. Forsberg, G. Banchemo, E. Rubianes. 2001. Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology.* 55(4): 993-1004.
- Viñoles, C. and E. Rubianes. 1998. Origin of the preovulatory follicles after induced luteolysis during the early phase in ewes. *Canadian J. Anim. Sci.* 51: 1351-1361.
- Weems, C.W., S. Weems, and D. Randel. 2006. Prostaglandins and reproduction in female farm animals-Review. *Vet. J.* 171: 206-28.
- Webb, R., G. Gosden, E. Telfer, and M. Moor. 1999 Factors affecting folliculogénesis in ruminants. *Anim. Sci.* 68: 257-284.
- Wildeus, S. 1999. Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats. *J. Anim. Sci.* 77: 1-14.

- Woclawek, P.I., K. Deptula, M. Bah, Y. Lee, K. Okuda, and J. Skarzynski. 2004. Effects of nitric oxide and tumor necrosis factor-alpha on production of prostaglandin F2alpha and E2 in bovine endometrial cells. *J. Reprod. Dev.* 50(3): 333-340.
- Yuan, W., B. Bao, H. Garverick, R. Yougquist, and M. Lucy. 1998. Follicular dominante in cattle is associated with divergent patterns of ovarian gene expression for insulin-like growth factor (IGF-1), IGF-II and IGF binding protein-2 in dominant and subordinate follicles. *Dom. Anim. Edocr.* 15: 55-63.
- Zeleke, M., C. Greyling, J. Schwalbach, T. Muller, and A. Erasmus. 2005. Effects of PMSG dose on oestrous synchronization and fertility in Dorper ewes during transition period. *Small Rum. Res.* 56: 47-53.
- Zulu, V. C., T. Nakao, and Y. Sawamukai. 2002. Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle. *J. Vet. Medical Sci.* 64: 657-665.