



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

MANEJO DEL AMAMANTAMIENTO Y NUTRICIÓN Y SU EFECTO EN EL INICIO DE LA PUBERTAD Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CORDERAS DE PELO

CANUTO MUÑOZ GARCIA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

La presente tesis, titulada: "**Manejo del amamantamiento y de la nutrición y su efecto en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo en corderas de pelo**" realizada por el alumno: **Canuto Muñoz García**, 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. JUAN SALAZAR ORTÍZ

ASESOR: _____



DR. JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ

ASESOR: _____



M.C. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2015.

MANEJO DEL AMAMANTAMIENTO Y NUTRICIÓN Y SU EFECTO EN EL INICIO DE LA PUBERTAD Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN CORDERAS DE PELO

Canuto Muñoz García, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

RESÚMEN

El manejo del amamantamiento ayuda a restablecer más rápido la actividad ovárica postparto en las hembras. El objetivo de esta investigación fue determinar si el manejo del amamantamiento durante la crianza y la nutrición post destete repercuten en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo en corderas de pelo. Se utilizaron 36 corderas prepúberes (19 con amamantamiento continuo permanecieron junto a sus madres las 24 horas del día y 17 con amamantamiento restringido, solo tuvieron contacto con sus madres dos veces al día, 30 min por la mañana y 30 min por la tarde) posteriormente al destete se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos T1 (amamantamiento restringido más dieta alta en energía y proteína n=10), T2 (amamantamiento restringido más dieta normal n=9), T3 (amamantamiento continuo más dieta alta en energía y proteína n=9) y T4 (amamantamiento continuo más dieta normal n=8). La ganancia de peso fue diferente ($p < 0.05$) entre los grupos; pesaron más las alimentadas con la dieta alta respecto a la normal. Sin embargo, la edad y peso a la pubertad no fueron diferentes ($p > 0.05$), en promedio ocurrió a los 197.4 ± 11.4 días de edad con un peso de 30.5 ± 4.4 kg. Una vez que las corderas iniciaron la pubertad, se sincronizaron y el porcentaje de inducción fue igual entre grupos ($p > 0.05$). El inicio del estro no fue diferente ($p > 0.05$) y en promedio se presentó a las 40.3 h. El porcentaje de retorno a estro no fue diferente ($p > 0.05$). La tasa de gestación promedio fue de 67.0 % y parición del 100 %. La fecundidad no fue diferente ($p > 0.05$) para ningún tratamiento y en promedio fue de 0.86 corderos oveja⁻¹. La prolificidad no fue diferente ($p > 0.05$) en los tratamientos y en promedio fue de 1.29 corderos oveja⁻¹. El tipo de amamantamiento y dietas suministradas no influyeron en el inicio de la pubertad y el comportamiento reproductivo después del inicio de la pubertad fue similar entre los grupos evaluados.

Palabras clave: Crianza, nutrición pubertad, comportamiento reproductivo en corderas.

MANAGEMENT OF SUCKLING AND NUTRITION IN THE ONSET OF PUBERTY AND REPRODUCTIVE BEHAVIOR IN HAIR EWE LAMBS

Canuto Muñoz García, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

ABSTRACT

The suckling helps to restore the management of postpartum ovarian activity in the fastest female. The aim of this research was to determine whether the management of suckling and nutrition affect the onset of puberty and reproductive behavior in hair lambs. 36 ewe lambs (19 suckling stayed with their mothers 24 hours a day and 17 controlled feeding, only had contact with their mothers twice a day, 30 minutes in the morning and 30 minutes in the evening) were used later weaning were randomized to one of four treatments T1 (restricted suckling plus diet high in energy and protein $n = 10$), T2 (restricted suckling normal diet $n = 9$), T3 (continuous suckling and the highest dietary energy and protein $n = 9$) and T4 (continuous suckling more normal diet $n = 8$). Weight gain was different ($p < 0.05$) between groups. They outweighed the fed high relative to the normal diet. However, age and weight at puberty were not different between groups ($p > 0.05$), the average was 197.4 ± 11.4 days of age with a weight of 30.5 ± 4.4 kg. Once the lambs started puberty, were subjected to estrus synchronization and induction rate was equal between groups ($p > 0.05$), 100% showed estrus. The estrus was not different between groups ($p > 0.05$) and was presented to average 40.3 h. The percentage of return to estrus did not differ ($p > 0.05$). The gestation and farrowing rate did not differ ($p > 0.05$); average pregnancy rate was 67.0% and 100% calving. Fertility was not different ($p > 0.05$) for any treatment and was on average 0.86 lambs sheep⁻¹. Prolificacy did not differ ($p > 0.05$) between treatments and averaged 1.29 lambs sheep⁻¹. The type of suckling and delivered diets did not influence the onset of puberty and reproductive behavior after the onset of puberty it was similar in all groups evaluated.

Keywords: weight gain, age and weight at puberty, percentage and hours to estrus, return to estrus, fertility, prolificacy.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

A la **Línea Prioritaria de Investigación 5 (LPI5): Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal** por el financiamiento de la investigación y al **Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa)**.

Al **Dr. Juan SALAZAR ORTIZ** por la dirección de esta tesis, comentarios emitidos y observaciones realizadas para la realización de esta tesis.

Al **Dr. Jaime GALLEGOS SÁNCHEZ** por sus enseñanzas, comentarios y aportaciones valiosas en la realización de esta tesis, por su apoyo, confianza y amistad.

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

Al **M.C. Carlos SÁNCHEZ DEL REAL y Dr. César Cortés Romero** por su tiempo, dedicación y sus valiosas observaciones en la redacción final de esta tesis.

A mis compañeros del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos. A la **IAZ. Emma Anayantzin SANTILLÁN GÓMEZ, M.C. Gustavo SOSA PÉREZ, M.C. Said CADENA VILLEGAS, M.C. Elizabeth PÉREZ RUIZ**, por su gran apoyo brindado en la fase experimental de esta investigación.

DEDICATORIA

A **Dios** por permitirme llegar a este momento y darme la oportunidad de cumplir una meta más en la vida.

A **mis padres**, el Sr. **Eugenio Muñoz Mendoza** y la Sra. **Modesta García Mundo** por darme la vida. A mi padre por su inigualable ejemplo, sus valiosos consejos, por su lucha y tenacidad. A mi madre por su gran comprensión y consejos. A los dos por su gran apoyo y creer en mí.

A mi querida **esposa Leticia** gracias por ser el amor de mi vida y ser una gran compañera, por su gran apoyo en los momentos buenos y malos de vida. Gracias por tu comprensión e inigualable amor.

A **mis hijos Mary Carmen y Marco Manuel** por ser el gran motor de mi vida, ya que a su llegada a este mundo cambiaron nuestras vidas, son nuestra piedra angular que nos motiva e impulsa a seguir a delante. Gracias.

A **mis hermanos Ángel, Reynaldo Salvador y Ma. Estela** por su comprensión, gran apoyo y aparte de ser mis hermanos son mis amigos. Gracias por sus consejos.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Control endócrino de la pubertad en la hembra ovina	4
2.2 Factores que afectan la aparición de la pubertad en la hembra ovina.....	7
2.2.1 Nutrición	7
2.2.2 Fotoperiodo.....	10
2.2.3 Efecto macho.....	14
2.2.4 Raza.....	16
2.2.5 Época y tipo de nacimiento	17
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
IV. HIPÓTESIS.....	21
V. OBJETIVO GENERAL	21
VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
7.1 Localización	22
7.2 Animales.....	22
7.3 Tratamientos para evaluar el amamantamiento y nutrición	22
7.4 Alimentación	23
7.5 Manejo sanitario	25
7.6 Evolución del peso.....	25
7.7 Tratamiento para evaluar la inducción al estro y ovulación	25
7.8 Servicios (Monta natural).....	26
7.9 Diagnóstico gestación	26

7.10 Muestras sanguíneas para determinar la concentración de progesterona e inicio de la pubertad.....	26
7.11 Variables evaluadas	27
7.12 Análisis estadístico	28
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
8.1 Respuesta a las dietas suministradas	30
8.2 Edad y peso a la pubertad.....	33
8.3 Respuesta a la sincronización del estro.....	36
8.4 Inicio del estro	38
8.5 Retorno a estro.....	41
8.6 Porcentaje de gestación y parición	43
8.7 Fecundidad	45
8.8 Prolificidad.....	47
IX. CONCLUSIONES	50
X. LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de tratamientos utilizados en la evaluación de la alimentación y variables reproductivas en corderas de pelo.....	22
Cuadro 2. Composición de la dieta alta en energía y proteína ofrecida a corderas de pelo.	23
Cuadro 3. Análisis químico proximal+ y Van Soest+ de la dieta alta en energía y proteína ofrecida a corderas de pelo.....	24
Cuadro 4. Composición de la dieta normal proporcionada a las corderas de pelo.....	24
Cuadro 5. Análisis químico proximal+ y Van Soest+ de la dieta normal ofrecida a corderas de pelo.	25
Cuadro 6. Respuesta a la dieta normal y alta en energía y proteína sobre el peso de corderas de pelo (media \pm error estándar).	30
Cuadro 7. Edad y peso a la pubertad en corderas de pelo (media \pm error estándar)...	33
Cuadro 8. Porcentaje de incidencia de estros en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α	37
Cuadro 9. Incidencia de estros en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α (media \pm error estándar).	39
Cuadro 10. Tasa de retorno a estro en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α	42
Cuadro 11. Tasa de gestación y parición en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta alta y normal sincronizadas con CIDR y PGF2 α	43
Cuadro 12. Fecundidad en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α (Intervalo de confianza del 95 %).	46
Cuadro 13. Prolificidad en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta alta en energía y proteína y normal sincronizadas con CIDR y PGF2 α (intervalo de confianza de 95 %).	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Evolución del peso corporal de corderas de pelo.....	32
Figura 2. Relación entre edad-peso vivo y el inicio de la pubertad en corderas de pelo.	35
Figura 3. Curva de superviencia del inicio al estro en corderas de pelo.....	41

ABREVIATURAS

AR= Amamantamiento restringido

AC= Amamantamiento continuo

CL= Cuerpo lúteo

CIDR= Por sus siglas en inglés Controlled Internal Drug Release

DA= dieta alta en energía y proteína

DN= dieta normal

eCG= Gonadotropina coriónica equina

FGA= Acetato de fluorogestona

FSH= Hormona folículo estimulante

GnRH= Hormona liberadora de gonadotropinas

g= gramo

h= hora

kg= kilogramos

LH= Hormona luteinizante

Mcal EM= mega calorías de energía metabolizable

mg= miligramos

MS= Materia seca

ng= Nanogramos

P₄ = Progesterona

PC= Proteína cruda

PGF_{2α} = Prostaglandina F_{2α}

PMSG= Gonadotropina de suero de yegua preñada

UI= unidades internacionales

I. INTRODUCCIÓN

La especie ovina es de importancia económica en todo el mundo. Para el caso de México, la población ovina durante los últimos años se incrementó en un 16 %, y pasó de 7 082 776 en 2004 a 8 497 347 cabezas de ganado en 2013 (SIAP-SAGARPA, 2013). Actualmente, a nivel nacional se produjeron 59 509 t de carne ovina y la demanda para el año 2009 fue de 83,000 t de carne, lo que representó un déficit de 28 % para cubrir la demanda nacional (SIAP-SAGARPA, 2013). Debido a lo anterior, es necesario buscar alternativas necesarias para hacer más eficiente los sistemas de producción ovina.

La interacción madre-cría a través de la vista, olfato y oído desencadenan estímulos que llegan al hipotálamo para sintetizar y liberar péptidos opiodes e inducir el anestro post parto (Arroyo *et al.*, 2009). Así mismo, inhiben el restablecimiento de la actividad ovárica aumentando el intervalo parto primera ovulación debido a la pérdida de peso de las ovejas adultas durante la crianza de los corderos. Una estrategia encaminada a reducir el anestro postparto es mediante el manejo del amamantamiento restringido, que consiste en separar a las crías de las madres durante todo el día y amamantar 30 min durante la mañana y 30 min durante la tarde. Esta estrategia en ovejas adultas ha permitido el rápido restablecimiento de la actividad ovárica, lo cual, disminuye el intervalo entre el parto y la primera ovulación, reduce la pérdida de peso corporal y acorta el anestro postparto. Así mismo, durante la crianza de corderos, esta estrategia de manejo reduce la mortalidad y grado de estrés cuando se realiza el destete de los corderos. Además, el peso corporal y ganancia de peso es similar a las corderas de amamantamiento continuo (Morales *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2012; Franco *et al.*, 2012). Sin embargo, no se tiene información acerca de la influencia del tipo de amamantamiento en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo de las corderas de pelo.

De esta manera, el manejo del amamantamiento durante la crianza de las corderas es fundamental para un mayor rendimiento reproductivo de las explotaciones ovinas. Estos animales pueden ingresar al rebaño como reemplazos y de preferencia, deben reproducirse durante la época reproductiva, con el fin de que sus crías generen ingresos para el productor (Valasi *et al.*, 2012). El comienzo de la actividad reproductiva en las

ovejas jóvenes viene dado por la aparición de la pubertad; de la aparición de esta etapa fisiológica, dependerá el inicio de la vida productiva de la cordera, así como el número de crías producidas; incidiendo en la productividad total de la hembra ovina. Para que se exprese la capacidad reproductiva es, necesario alcanzar la madurez sexual que ocurre cuando la ovulación se acompaña de la fertilización y se da un desarrollo embrionario normal (Porrás *et al.*, 2003).

La pubertad se ha definido como un proceso que aparece en la etapa de desarrollo corporal de un animal joven, donde por primera vez se hace factible la reproducción, y finaliza con la madurez sexual; este proceso se ha caracterizado por la presencia de un marcado incremento de la frecuencia de pulsos de secreción de gonadotropinas. Este proceso puede ser espontáneo o inducido (Camacho, *et al.*, 2008). En términos neuroendocrinos, la pubertad es la activación de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual estimula la liberación de las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH), estas a su vez a la actividad ovárica (Ebling, 2005). Así mismo, Foster *et al.* (2006) definen la pubertad como el momento de *transición* de la inmadurez sexual a una actividad reproductiva completa, edad adulta, y para que este fenómeno suceda, se debe integrar información proveniente de fuentes internas y externas. Entonces, el inicio de la pubertad, se puede señalar como el momento de la primera ovulación. En esta primera ovulación, y, en ocasiones una segunda en ovejas, no van precedidas de signos del estro, por lo que se puede decir que comienza con la primera ovulación y la madurez sexual con el primer celo, 17-25 días después de la primera ovulación (Valasi *et al.*, 2012).

Uno de los principales factores externos que influyen en el inicio de la pubertad es la nutrición. Para que inicie este proceso, las corderas deben alcanzar un grado de desarrollo corporal mínimo para comenzar a reproducirse, siendo decisivo el nivel de nutrición, ya que de no alcanzarse, las corderas retrasarán el inicio de la pubertad hasta que las condiciones internas y externas sean las propicias; esto implica que la iniciarán hasta la siguiente temporada reproductiva. Este hecho condiciona importantes diferencias en el inicio de la pubertad que varía desde los siete meses hasta cerca de un año (López *et al.*, 1985b; Foster *et al.*, 1988; Robinson, 1996; Foster y Jackson, 2006).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar si el manejo del amamantamiento y la nutrición repercuten en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo de corderas de pelo. Bajo el supuesto, que las corderas de amamantamiento continuo alimentadas con dieta alta en energía y proteína alcanzan la pubertad más pronto que las corderas de amamantamiento restringido alimentadas con dieta normal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Control endócrino de la pubertad en la hembra ovina

2. 1.1 Efecto negativo de los estrógenos en el hipotálamo

Actualmente se sabe que no existe un "desencadenador" único o señal exclusiva que provoque el aumento en la secreción de GnRH en la pubertad. Se han identificado numerosas señales "permisivas", que sincronizan el ritmo cuando el sistema neurosecretor de GnRH aumenta su actividad. Estas señales proveen información esencial acerca, de que el individuo joven haya alcanzado un tamaño corporal adecuado, y para ello el animal se debió alimentar y acumular suficiente grasa corporal, así mismo, que haya sido expuesto a la variación anual del fotoperiodo y qué relaciones sociales estableció con otros individuos (Foster *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista endócrino, el comienzo de la pubertad requiere de la acción coordinada de una serie de mecanismos complejos en los que intervienen los centros de secreción hormonal (Foster *et al.*, 1988). Los cambios en el patrón de liberación de GnRH están bajo mecanismos de control dependientes e independientes de esteroides (Valasi *et al.*, 2012). Antes de la pubertad, en el animal sexualmente inmaduro, la frecuencia de pulsos de GnRH se mantiene baja, debido a que el sistema neurosecretor de gonadotropinas tiene una gran sensibilidad a las concentraciones bajas de estradiol producidas en los ovarios, el cual, ejerce una retroalimentación negativa sobre él. En consecuencia, la baja frecuencia de pulsos de LH no permite el desarrollo folicular y no se produce suficiente estradiol para estimular el centro de descarga preovulatoria de GnRH a nivel hipotalámico. En este momento, el estradiol ejerce una acción inhibitoria. (Wood y Foster, 1998; Ebling, 2005; Foster *et al.*, 2006). La alta sensibilidad al estradiol al inicio de la pubertad también explica por qué los ciclos estrales iniciales son a menudo anovulatorios y consisten en una fase lútea corta o función lútea inadecuada (Ebling 2005; Foster y Jackson, 2006).

2.1.2 Efecto positivo de los estrógenos en el hipotálamo

A medida que avanza la edad y se acerca la pubertad, cambio en el gonadostato, el cerebro en respuesta a señales internas (desarrollo) y externas (nutrición y fotoperiodo) disminuye la retroalimentación negativa de los esteroides gonadales, de 1 a 3 semanas antes de la pubertad, sobre el hipotálamo y aumenta la frecuencia de pulsos de GnRH y LH, lo que estimula el crecimiento folicular en el ovario en las hembras. El aumento de las concentraciones circulantes de estradiol secretado por los folículos, es capaz de estimular en el hipotálamo el pico preovulatorio de GnRH, y, como consecuencia, el de LH. La disminución de la sensibilidad al estradiol conduce a un aumento de la secreción de GnRH y LH provoca el desarrollo morfológico, fisiológico y de comportamiento sexual en la cordera y generalmente se produce en aproximadamente 25-35 semanas de edad (Wood y Foster, 1998; Ebling, 2005).

Ebling, (2005) menciona que en lugar de considerar el 'gonadostato' como un mecanismo causal de la pubertad, debe ser visto como el reajuste necesario de la retroalimentación de esteroides gonadales que permiten la actividad ovárica. Este cambio notable en el gonadostato claramente es la verdadera razón de que la pubertad aumenta la frecuencia pulsátil de GnRH/LH que parece ser la llave determinante de la función reproductiva (Valasi *et al.*, 2012).

Un importante hallazgo en neuroendocrinología reproductiva ha sido el reconocimiento del papel primordial de la Kisspectina (producto del gen Kiss-1) y su receptor GRP54, como principal regulador del inicio de la pubertad, ya que estimulan la secreción de GnRH (Smith and Clarke, 2010; Valasi *et al.*, 2012). En los ovinos, las neuronas kisspectina en el núcleo preciso parecen tener un papel tanto en la regulación de la retroalimentación negativa como positiva de la liberación de GnRH, ejercida por los esteroides sexuales (Smith y Clarke, 2010).

Smith y Clarke (2010) informaron que tanto en el anestro estacional como en el estado pre-puberal, el incremento de la retroalimentación negativa de esteroides suprime al eje

reproductivo. Esta sensibilidad a la retroalimentación negativa es potencialmente mediada por las kisspeptinas, hormona inhibidora de la gonadotropina y el sistema dopaminérgico. En la época reproductiva y en el estado postpuberal, la disminución a la retroalimentación negativa permite la acción del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. En el caso especial de la ovulación, el aumento de los niveles de estradiol conduce a la retroalimentación positiva y al aumento de LH. El interruptor de la retroalimentación negativa a la positiva involucra sistemas neuronales en el hipotálamo, en particular la kisspeptina (sobrerregulación) y hormona inhibidora de la gonadotropina (subregulación).

2.1.3 Actividad ovárica en la cordera

La actividad ovárica está gobernada principalmente por el hipotálamo, mediante inervaciones noradrenérgicas y peptidérgicas que regulan los receptores a gonadotropinas, estrógenos, progesterona y con la melatonina modifican la frecuencia y amplitud de los pulsos de secreción de GnRH y LH. Este mecanismo fomenta el crecimiento de folículos preovulatorios que producen estrógenos y estimulan la primera descarga preovulatoria de LH para producir la primera ovulación. Sin embargo, avances en fisiología reproductiva ofrecen alternativas para inducir la pubertad, mediante la utilización de hormonas exógenas (Camacho *et al.*, 2008).

En respuesta a la primera descarga preovulatoria de LH, a nivel ovárico, se forma un primer tejido luteal que provoca un incremento transitorio de progesterona con una duración no mayor a los 4-6 días. La progesterona sustituye al estradiol en la retroalimentación negativa sobre la producción de GnRH a nivel hipotalámico; los incrementos eventuales de progesterona no son precedidos generalmente por una conducta estral. La desaparición de esta estructura luteal transitoria y la consecuente disminución del nivel de progesterona, provoca que aparezca una nueva descarga preovulatoria de LH que va seguida de una ovulación, conducta de estro y formación de un cuerpo lúteo de vida media normal de 14 días que, mantendrá un ciclo sexual con un nivel de progesterona similar al de un adulto (González *et al.*, 2003; Camacho, *et al.*, 2008; Valasi, *et al.*, 2012).

2.2 Factores que afectan la aparición de la pubertad en la hembra ovina

En general, el desencadenamiento de la pubertad está influenciado principalmente por factores genéticos o internos como son la edad, peso y sexo; y los externos o ambientales, tales como las condiciones climáticas, estado nutricional, época de nacimiento, tipo de parto, edad al destete, presencia del macho, entre otros. La inadecuada interacción entre estos factores puede ocasionar que no exista sincronía en estos eventos fisiológicos, por lo que retrasa o adelanta el inicio de la pubertad, que puede variar desde los 7 meses, hasta cerca de los dos años de edad (López-Sebastián, 1999).

El desarrollo del organismo y su metabolismo se transmiten por señales neurales vía sanguínea al sistema nervioso central. Si estas señales somáticas indican que el desarrollo corporal no es el adecuado, de modo que la reproducción pondrá excesivas demandas metabólicas sobre la cordera, la maduración sexual se inhibe. De lo contrario, si el crecimiento corporal y la época reproductiva son apropiados, la madurez sexual se inicia (Wood y Foster, 1998).

2.2.1 Nutrición

Los nutrientes de la dieta como la energía y proteína promueven la manifestación de las vías metabólicas que permiten a los animales alcanzar su potencial genético para reproducirse (Robinson, 1996). La cordera, al igual que las crías hembras de otros reproductores estacionales, deben alcanzar un tamaño corporal suficiente en la temporada de abundancia de alimentos para satisfacer los requerimientos crecientes de su primer preñez (Foster y Jackson, 2006).

La aparición de la pubertad en corderas, suele alcanzarse entre las 25 a 35 semanas de edad. El punto que determina la aparición de este estado fisiológico depende de dos factores, que son el estado de desarrollo, *peso y edad*, y el fotoperiodo, época de nacimiento. Esto significa, que el grado de desarrollo necesario debe coincidir con la

estación favorable de la reproducción. Existe evidencia de que si el desarrollo es insuficiente, las señales del fotoperiodo pueden ser percibidas, pero la respuesta no se puede expresar hasta que el desarrollo corporal del animal sea el apropiado (Foster *et al.*, 1988).

Se ha propuesto que el sistema neuroendocrino de la hembra en desarrollo, reconoce las señales que reflejan el estado metabólico para iniciar o retrasar la secreción de GnRH. Dichas señales desencadenarán una cascada de eventos que culminarán en el aumento de la secreción de GnRH/LH (Foster y Jackson, 2006). De esta manera, Sepúlveda *et al.* (2001) reportaron que la suplementación a ovejas un mes antes y un mes después del parto, las corderas iniciaron la pubertad a un peso de 38 kg con respecto al testigo que fue de 37 kg. La edad a la pubertad fue de 178 días en crías de madres suplementadas con respecto a 210 días en crías de madres sin suplementar. Las corderas del grupo testigo no presentaron actividad ovárica, ya que los niveles de progesterona plasmática permanecieron bajos hasta finalizado el experimento. Así mismo, Robinson (1996) reportó que cuando las corderas tuvieron un consumo bajo de alimento, estas retrasaron su pubertad y a nivel ovárico presentaron un desarrollo folicular reducido.

La restricción en el consumo de alimento en corderas prepúberes de la raza Suffolk, provocó tanto una disminución de las concentraciones plasmáticas promedio de FSH, así como de la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH entre la semana 20 y 30 de edad, con respecto al grupo testigo; esto provocó que los animales iniciaran más rápido la pubertad y en las del grupo de restricción, un retraso en la aparición de esta etapa fisiológica (Recabarren *et al.*, 2003). En otro experimento, el mismo autor y sus colaboradores, reportaron que en el grupo de consumo restringido, hubo una disminución en las concentraciones de LH, además, la concentración plasmática media de leptina y la amplitud de pulso, disminuyeron después de 6 semanas de iniciado el experimento, con respecto a las exhibidas por corderas testigo de la misma edad, 26 semanas. Así mismo, reportaron que las concentraciones plasmáticas de insulina no cambiaron en el

grupo testigo, mientras que en el grupo de consumo restringido hubo una disminución significativa de esta hormona (Recabarren *et al.*, 2004).

La restricción en el consumo de nutrientes en forma crónica, inhibe la activación del pulso generador de GnRH, que impide la manifestación de la pubertad; los animales restringidos responden rápidamente a una mejoría en el estado nutricional con el aumento de la secreción de LH y el consecuente inicio de la pubertad (Foster *et al.*, 1988). En un experimento realizado por Adam *et al.* (1998) reportaron que ni el peso bajo, ni el consumo restringido de alimento, influyeron en el inicio de la pubertad en corderas Soay y que la pubertad se inició cuando los animales presentaron el 76% del peso vivo adulto. Por su parte, Villeneuve *et al.* (2010a), quienes trabajaron con corderas de la raza Dorset, reportaron que la profundidad del ojo del lomo y la grasa dorsal fue mayor en las corderas sin restricción alimenticia con respecto a las restringidas, lo que exhibió que las primeras tuvieron un mejor consumo y una mejor ganancia de peso por lo que tuvieron un mayor tamaño y fueron más corpulentas. Sin embargo, las corderas con restricción en el consumo de alimento presentaron menor tamaño y un mayor contenido de tejido secretor de leche (parenquimatoso, ADN y proteína). Las corderas, sin restricción alimenticia, como para abasto, durante la fase alométrica del desarrollo de la glándula mamaria, presentaron menos tejido secretor y menos ductos en la glándula mamaria, lo cual comprometió la producción de leche. Para comprobar este fenómeno, Villeneuve *et al.* (2010b) en un estudio posterior encontraron que las corderas de alimentación restringida produjeron más leche, más proteína y más grasa que las ovejas del grupo testigo, reflejándose en un mayor crecimiento sus crías. El alto plano nutricional antes de la pubertad durante la fase de crecimiento alométrico de la glándula mamaria, compromete su desarrollo, lo que conduce a una menor producción de leche durante al menos dos lactancias.

La restricción en el consumo de alimento en corderas durante la fase de crecimiento alométrico, reduce la cantidad total de alimento para los productores, al mismo tiempo, logra algún efecto positivo en el desarrollo de la glándula mamaria a la par de que los animales presentan un crecimiento compensatorio (Villeneuve *et al.*, 2010b). Sin embargo, el suministro de bajos niveles de proteína en la dieta a corderas prepúberes

suprimieron el crecimiento corporal, y fueron responsables de la reducción de la síntesis y liberación de LH en las células de la pituitaria, pero no en la actividad secretora de las células de FSH (Polkowska *et al.*, 2003).

La adición de diversas sustancias como cultivos lácticos al maíz picado para ensilaje, aceleraron algunos procesos bioquímicos. Así, Khalifa *et al.* (2013) cuando realizaron esta práctica y alimentaron a sus animales, las corderas tendieron a ganar más peso con respecto a las corderas que se alimentaron con maíz ensilado sin aditivo: 39 y 35 kg respectivamente; este incremento en peso lo asociaron al mayor consumo de energía y a que la dieta fue más digestible. Este aumento en peso provocó que las corderas alimentadas con maíz ensilado inoculado tuvieran una menor edad a la pubertad con respecto a las alimentadas sin el inóculo, 34 y 39 semanas respectivamente, y el nivel de progesterona a la pubertad fue de 1.53 y 1.89 ng mL⁻¹ para cada tipo de alimentación.

Durante periodos de exposición a un nivel de alimentación inadecuado o a un fotoperiodo inhibitorio, la falla en no alcanzar la pubertad, deriva del mantenimiento de una elevada sensibilidad del hipotálamo a la generación de pulsos de GnRH por la retroalimentación negativa del estradiol. Pero cuando hay un fotoperiodo favorable y una buena alimentación, se refleja en un rápido descenso en la retroalimentación negativa del estradiol, iniciando así la liberación pulsátil de LH que desencadena el inicio de la pubertad (Schillo, 1992).

2.2.2 Fotoperiodo

La cordera una vez que ha tenido su desarrollo corporal adecuado, debe asegurarse de que la actividad reproductiva se inicia durante la temporada óptima del año (Abecia *et al.*, 2012). El factor estacional en la pubertad de las hembras ovinas es el fotoperiodo. Para usar los cambios en la duración del día, las ovejas jóvenes y adultas adquieren una historia de fotoperiodo construido sobre los cambios en el patrón de secreción circadiano de la melatonina pineal (Wood y Foster, 1998).

Existe suficiente evidencia para indicar que el fotoperiodo experimentado por corderas durante el desarrollo, interactúa con la nutrición y el crecimiento. Además, pueden influir profundamente en el inicio de la pubertad. Se ha establecido que la exposición breve a días largos -fotoperiodo del solsticio de verano- seguida de días cortos -fotoperiodo del solsticio de invierno- es un requisito del desarrollo, ya que es una señal clave para que se produzca la pubertad a la edad normal en corderas (Ebling y Foster, 1988; Foster *et al.*, 1988; Ebling, 2010). Las corderas que nacen en otoño, el desarrollo apropiado se alcanza en la época del anestro estacional de los días largos del verano por lo que se vuelven acíclicas, y la actividad reproductiva se retrasará hasta la próxima estación reproductiva cuando se inicia un fotoperiodo decreciente, cerca de un año (Ebling y Foster, 1988; Foster *et al.*, 1988; Wańkowska *et al.*, 2008). Las corderas que nacen en invierno o primavera, pueden alcanzar la pubertad durante el primer otoño que sigue a su nacimiento, 25-35 semanas, siempre y cuando el crecimiento no se vea afectado por períodos de restricción alimenticia o disponibilidad de alimentos (Ebling y Foster, 1988). La duración de la vida prepúber, depende de la duración del periodo del anestro estacional de cada raza; así, la fecha de nacimiento puede afectar el inicio de la pubertad en el fotoperiodo natural (Valasi *et al.*, 2012).

Ebling (2010) menciona que una combinación de luminosidad ambiental percibida por la retina y la función circadiana del núcleo supraquiasmático conduce a la producción de melatonina durante la noche, tal duración de la secreción de esta hormona es una representación neuroquímica de longitud nocturna, por lo que la melatonina transduce información acerca del día en una señal humoral. Un ritmo anual en el patrón de secreción de melatonina, funciona como una señal neuroendocrina que relaciona al sistema reproductivo con el eje hipotálamo-hipófisis; que cambia su acción neuroendocrina en función de la retroalimentación negativa del estradiol. La terminación del fotoperiodo de días largos y el comienzo de días cortos, permite que disminuya la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los esteroides, por lo que se considera que los días cortos del otoño son más permisivos para el inicio de la pubertad (Ebling y Foster, 1988; Malpoux *et al.*, 1996). Una vez que la cordera adquiere

la información crítica de días largos, se ponen en movimiento una secuencia de eventos neuroendocrinos mencionados anteriormente para que inicie la pubertad, que no requiere ya la presencia de días cortos (Foster *et al.*, 1988).

Está bien establecido que la glándula tiroidea funcional es obligatoria para la transición entre la época reproductiva y la no reproductiva (Smith y Clarke, 2010). Ebling (2010) reporta que la hormona tiroidea transduce la información fotoperiodica que genera un cambio plástico y estructural en el hipotálamo, así como de cambios en la densidad sináptica en las neuronas GnRH asociados a la estacionalidad. Además, menciona que la mayor disponibilidad de esta hormona promueve la progresión de un estado reproductivamente activo a uno inactivo y que la regulación fotoperiodica de la expresión génica de la deiodinasa muestra consistentemente que el fotoperiodo de días largos aumenta la disponibilidad la triyodotironina mientras que fotoperiodos de días cortos la disminuyen, asociándola con la pubertad estacional. Hanon *et al.* (2008) reportaron que el sitio de acción de las hormonas tiroideas es la porción caudal del núcleo arcuato, donde la deiodinasa tipo 2 está regulada en ovejas; así mismo, los días largos aumentan la disponibilidad de la hormona tiroidea en el hipotálamo medio basal, a través de estimular la expresión génica del tipo 2 deiodinasa y, así, la conversión la T4 a T3 que es la forma más activa, que a su vez se suprime o activa la liberación de pulsos de la GnRH. Además, las hormonas tiroideas tienen un impacto directo en la plasticidad cerebral, el cual ha sido asociado con la estacionalidad reproductiva y el inicio de la pubertad (Ebling, 2010).

Smith y Clarke (2010) mencionan que la duración del día, determina los patrones de reproducción estacional a través de un mecanismo que involucra la producción de melatonina de la glándula pineal. En reproductores estacionales, la transición de la pubertad no puede ocurrir en la estación no reproductiva.

En una investigación conducida en ovejas Merino nacidas después del solsticio de verano (Wańkowska *et al.*, 2008) se reporta la eficiencia peripuberal completa de células gonadotrópicas y el peso corporal apropiado se alcanzaron después del solsticio de invierno, es decir, durante los días largos, pero retrasaron la pubertad hasta la siguiente

época reproductiva cuando las corderas tenían 14 meses de edad. En consecuencia, los ciclos reproductivos no ocurrieron en el momento esperado de la pubertad, aunque el eje gonadotrópico había llegado al perfil endocrino apropiado para el inicio de la ovulación; las corderas entraron en anestro, aunque siendo prepuberes todavía. Así mismo, en la pubertad, el porcentaje del área adenohipofisial ocupada por los gonadotrofos que contienen LH β -ARNm o FSH β -ARNm fue más alta con respecto a las corderas prepúberes. Así mismo, los eventos endocrinos intrapituitarios que ocurren en la transición de la prepubertad a la pubertad, parecen ser inherentes y tienen el rasgo histomorfológico.

Sunderland *et al.* (1995) cuando expusieron ovejas gestantes a días largos, días cortos y fotoperiodo natural antes del parto y a las corderas después del nacimiento, encontraron que el fotoperiodo afectó el número de corderas que iniciaron la pubertad. Todas las corderas expuestas al fotoperiodo natural después del nacimiento alcanzaron la pubertad 34 semanas después del nacimiento. Cuando sólo se consideraron las corderas que alcanzaron la pubertad durante el curso del experimento, no hubo diferencia entre los tratamientos en la fecha en que las corderas alcanzaron la pubertad. Esto sugiere, que las señales recibidas por la cría durante el fotoperiodo antes del nacimiento no son importantes. Los hallazgos podrían ser atribuidos a la posibilidad de que el feto de la oveja aún no es capaz de utilizar los ritmos de la melatonina como una señal foto-neuroendocrina para la regulación del momento de la pubertad.

Cuando el fotoperiodo va en aumento constituye un régimen lumínico inadecuado que interrumpe o retrasa el inicio de la pubertad, situación que se presentaría en corderas que nacen en otoño; es decir, que aun cuando las corderas tengan un desarrollo apropiado a edades tempranas, alcanzarán la pubertad hasta la siguiente época reproductiva (Urrutia *et al.*, 1998). Por ello el peso a la pubertad varía enormemente, desde los 32 hasta los 50 kg y de 25 hasta 52 semanas de edad (Ebling y Foster, 1988), para algunas especies; lo que se confirma que no existe un peso vivo límite sino más bien un peso mínimo crítico para iniciar la pubertad (López *et al.*, 1985a). Además, del estado de desarrollo del animal y del fotoperiodo; factores como la raza, nivel de

alimentación y factores sociales (efecto macho), pueden influir de forma positiva en el desencadenamiento de la pubertad. De esta manera, existe una enorme variabilidad entre razas en cuanto al momento de la aparición de la pubertad, aunque la tendencia general es a una aparición más temprana en razas prolíficas (Urrutia *et al.*, 1998).

La exposición de corderas a días largos (16 h luz: 8 h oscuridad) desde la semana 5 hasta la semana 20 de edad, seguida de días cortos (9 h luz: 15 h oscuridad) dio lugar a una mayor incidencia de la pubertad en corderas antes del tratamiento con esponjas impregnadas con acetato de fluorogestona en 28 a 30 semanas de edad con respecto a las expuestas a días cortos solamente (8 h luz: 16 h oscuridad). Esto demuestra que cambios experimentados durante varios períodos de desarrollo prepuberal son importantes en la iniciación de la pubertad en la oveja (Ainsworth *et al.*, 1991; Adam *et al.*, 1998). En otro experimento realizado por Ebling y Foster (1988) en el que sometieron a corderas gemelas de la raza Suffolk a dos tipos de fotoperiodo, las del fotoperiodo natural iniciaron la pubertad a las 28 semanas, mientras que las sometidas a un fotoperiodo inhibitorio (días largos) lo hicieron a las 52 semanas. De esta manera, concluyeron que después de la exposición a días largos, la cordera debe experimentar una disminución en la duración del día para la temporización normal de la pubertad.

2.2.3 Efecto macho

El contacto físico con el semental, induce la actividad sexual en ovejas adultas en anestro estacional, por lo tanto, podría representar una herramienta útil para acelerar el inicio de la pubertad en corderas (Álvarez y Andrade, 2008). Así, la utilización del efecto macho, después de un periodo de aislamiento total de tres a cuatro semanas induce la ovulación de estas hembras que no están ciclando (López, 1999).

En una investigación realizada por López *et al.* (1985 a,b) encontraron en corderas de la raza Manchega, que la introducción repentina de los machos fue capaz de desencadenar la actividad cíclica con la aparición de descargas preovulatorias de LH y ovulación dentro de los siguientes siete días del estímulo, apareciendo de esta forma la pubertad en los

animales que habían alcanzado el desarrollo corporal suficiente y se mantenían prepúberes en el anestro estacional. Por su parte, Ugalde y Sanginés (2002) quienes trabajaron con corderas de la raza Pelibuey en pastoreo, reportaron que las suplementadas más el efecto macho tuvieron una fertilidad del 80 %, mientras que solo el efecto macho, la fertilidad fue del 48 % con respecto al testigo que fue de 31 %. Así mismo, el porcentaje de fecundidad en corderas tratadas con suplemento más efecto macho fue de 100 %, mientras que para solo efecto macho fue de 70 % y el testigo solo con 35 %. De igual forma, reportaron que la edad promedio a la aparición de la pubertad fue de 286 días y el peso promedio fue de 23 kg para los tres tratamientos. En cuanto al efecto macho, las corderas presentaron celos fértiles entre los 18 y 27 días después de la introducción de los machos.

La introducción del macho al corral de las corderas, tendió a incrementar el número de animales en estro y con ovulación, respecto al testigo (sin macho). Estos resultados fueron debidos a que la estimulación del semental interfirió con la retroalimentación negativa de los esteroides a nivel hipotalámico. Además, el peso de las corderas con el efecto macho promedió 33 kg, mientras que las testigo promediaron 37 kg, respectivamente. Adicionalmente, las corderas con efecto macho tuvieron 26 días menos para alcanzar la pubertad con respecto a las corderas testigo (Álvarez y Andrade, 2008).

Kenyon *et al.* (2012) quienes evaluaron la exposición de sementales a corderas de la raza Romney durante dos años, encontraron que las expuestas al macho alcanzaron la pubertad más rápido que aquellas que no recibieron este estímulo. Así mismo, la mayoría de corderas que alcanzaron la pubertad, lo hicieron al menos nueve días después de la introducción del semental. Por otro lado, las corderas expuestas al macho presentaron folículos de mayor diámetro a los 9 y 12 días después del estímulo; el mayor diámetro folicular se asoció a una mayor frecuencia de pulsos de LH inducida por los machos. Curiosamente, el mayor diámetro folicular no se asoció con un cuerpo lúteo de gran tamaño. Además, tanto las corderas expuestas a los sementales como las no expuestas presentaron fases lúteas cortas. De igual forma, Bartlewski *et al.* (2002) informaron que un contacto novedoso inicial de carneros vasectomizados, con corderas prepúberes

desencadenó un aumento de la secreción pulsátil de LH. La liberación de esta hormona provocó un incremento en el diámetro folicular total de los folículos antrales en crecimiento, en corderas de 25 a 26 semanas de edad. Dos semanas después del primer contacto con el macho, se identificó un aumento de estructuras lúteas por cordera (27 semanas de edad); la aparición de más estructuras provocó que las concentraciones séricas de progesterona ascendieran. El segundo, contacto con el carnero incrementó el número de estructuras lúteas por oveja, la proporción de corderas con estructuras lúteas, y las concentraciones séricas de progesterona, de la 29 a 30 semanas de edad.

2.2.4 Raza

Las variaciones genéticas en el desarrollo corporal crítico, así como, las diferencias raciales en la duración de los periodos de anestro estacional condicionan diferencias importantes en el comienzo de la pubertad (López, 2001).

Zavala *et al.* (2008) quienes evaluaron el comportamiento reproductivo de cinco razas de pelo en el trópico seco; determinaron la edad y peso al primer cuerpo lúteo en corderas y encontraron que las diferencias en el inicio de la pubertad entre razas son debidas a su estructura genética que influye en la capacidad de adaptación al medio ambiente y a las condiciones impuestas tanto por el clima como por el manejo. De esta manera, la raza Dorper presentó su primer cuerpo lúteo a los 291 días con un peso de 43 kg, seguida de la Katahdin que fue a los 272 días y 36 kg, Blackbelly a los 250 días y 25 kg y Pelibuey a los 232 días y un peso de 28 kg.

En las razas ovinas de latitudes altas (>35°), la pubertad se presenta entre 6 y 18 meses de edad cuando los animales tienen 50-70 % de su peso adulto (Cambellas, 1993). Para el caso de las corderas de la raza Muflón se requiere el 82 % de su peso vivo adulto, mientras que para la raza Manchega solo el 70 % para iniciar la pubertad (Santiago *et al.*, 2000). La raza Muflón en un medio ambiente natural, retrasa su primer apareamiento hasta su segundo año de vida, esto se debe, a que necesita de más tiempo para crecer

y desarrollarse, ya que los machos de esta raza solo seleccionan hembras adultas. Parece más convincente que para la primer época reproductiva, el elemento sobresaliente para determinar el inicio de la pubertad es alcanzar un peso fisiológico crítico (Santiago *et al.*, 2000).

La raza Pelibuey en condiciones tropicales presentó en promedio la edad a la pubertad a los 331 días con un peso de 30 kg y una edad al primer parto de 550 días; esta raza desde el nacimiento hasta la pubertad presentó una ganancia diaria de peso de 83 g (Fuentes *et al.*, 1990).

La pubertad en la raza Rambouillet estuvo directamente relacionada con la alimentación para la obtención de un peso corporal crítico, el cual, podría ubicarse alrededor de los 36 kg. El porcentaje del peso adulto señalado previamente en México para esta estos animales es del 68 % (Urrutia *et al.*, 1998).

La duración del periodo prepúber viene determinado por el grado de desarrollo corporal. Generalmente cuando las hembras han alcanzado las dos terceras partes de su peso adulto, pueden ser púberes si coinciden con la época reproductiva favorable; de lo contrario, el periodo prepúber se continúa con el anestro estacional (López, 1999).

La principal limitante para el comienzo de la pubertad en la cordera, es que no alcanza el peso corporal crítico y grado de desarrollo necesario para ser púber (López, *et al.*, 1985b).

2.2.5 Época y tipo de nacimiento

La influencia de la época de nacimiento provoca variaciones en la duración del período prepúber. Así, el mes de nacimiento influye en la edad a la pubertad. Además, se ha observado en varias razas de ovinos, que las corderas nacidas en invierno y primavera alcanzan la pubertad en la misma época del año, ellas son mucho más jóvenes al primer apareamiento con respecto a las que nacen en otoño que alcanzan la pubertad hasta la

próxima época reproductiva, cerca de un año (López *et al.*, 1985 a,b; Foster y Jackson 2006).

Zavala *et al.* (2008) quienes trabajaron con corderas de diferentes razas de pelo en el trópico seco, determinaron que la época de nacimiento afectó la edad, pero no el peso a la pubertad en las corderas. La edad al primer cuerpo lúteo, las corderas nacidas en verano tuvieron 30 días más de edad que aquellas nacidas en el otoño. Asimismo, el tipo de nacimiento influyó tanto en la edad como en el peso a la pubertad. Las corderas de nacimiento simple requirieron de 24 días y 6 kg de peso más para el inicio de la actividad sexual con respecto a las corderas nacidas de parto múltiple. Estos mismos autores encontraron que la época de nacimiento sólo influyó en la edad al primer celo, las corderas nacidas en verano necesitaron 30 días más para alcanzar la pubertad con respecto a las nacidas en otoño. Así mismo, en el tipo de nacimiento influyó en la edad y peso al primer estro; las corderas nacidas de parto simple requirieron 18 días y 7 kg de peso más que las de parto múltiple para alcanzar la pubertad. Un aspecto que contribuye a explicar los efectos de la época de nacimiento y tipo de parto es el estado nutricional pre y post destete, pues la manipulación de la alimentación puede adelantar o retrasar el inicio de la pubertad. Niveles crecientes de suplementación del 0, 1, 2 y 3 % en corderas Pelibuey acortan el inicio de la pubertad de 329 a 261 días.

Urrutia *et al.* (1998) cuando trabajaron con corderas de la raza Rambouillet encontraron que la época de nacimiento si afectó el porcentaje de corderas en estro. Las corderas nacidas en otoño sólo el 53 % entraron en celo mientras que las nacidas en primavera, el 82 % presentaron estro. Una vez superada la edad y el peso corporal crítico, otros factores, como la época del año (fotoperiodo), vienen a ser determinantes en el inicio de la actividad sexual de corderas prepúberes.

Las corderas nacidas a finales de otoño o en primavera, pero criadas en medio ambiente desfavorable, no pueden alcanzar un estado de desarrollo físico y endocrinológico necesario para la función reproductiva en su primer año de vida (Santiago *et al.*, 2000). Sin embargo, un grupo de corderas nacidas en noviembre y febrero alcanzaron la pubertad en la primera estación reproductiva, con una diferencia aproximada en la

duración del período prepúber de dos meses, es decir, a los 260 días entraron a la pubertad (López *et al.*, 1985b). En otro estudio, se encontró que las corderas que nacieron en noviembre y diciembre fueron 13 y 8 % más pesadas a la pubertad y, 88 y 77 días más jóvenes que aquellas que nacieron en el periodo de julio-agosto y febrero-marzo, respectivamente (Fuentes *et al.*, 1990).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El éxito de los sistemas de producción ovina, dependen básicamente de los ingresos por venta de corderos para engorda, cebados o para pie de cría. Sin embargo, la producción interna de corderos en México es insuficiente ya que se tiene que importar cerca del 30% de canales ovinas y animales de desecho provenientes de otros países, principalmente Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos de Norte América, Chile y Uruguay (SIAP-SAGARPA, 2013). La importación de canales congeladas y animales de desecho, que en ocasiones no se sacrifican y los dejan como reproductores perjudican directamente la economía del productor nacional y el estatus sanitario por la introducción de enfermedades al país.

Para contrarrestar los efectos adversos de las importaciones, manejo nutricional inadecuado, mal desempeño productivo, reproductivo y al desconocimiento de los mecanismos implicados en restablecimiento de la actividad ovárica en la oveja adulta después del parto y la pubertad de ovejas de pelo de los rebaños nacionales, es necesario implementar estrategias encaminadas a proporcionar un manejo adecuado acorde a la etapa fisiológica sin alterar el crecimiento y la fisiología de las hembras ovinas.

Se ha establecido que después del parto, la interacción madre-cría transmite estímulos nerviosos que llegan al hipotálamo, para sintetizar y liberar los péptidos opiodes e inducir el anestro post parto, inhibir el restablecimiento de la actividad ovárica aumentando el intervalo parto primera ovulación debido a la pérdida de peso de las ovejas adultas durante la crianza de los corderos. (Arroyo *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2009), Una estrategia encaminada a reducir el anestro postparto es mediante la implementación del manejo del amamantamiento restringido, que consiste en separar a las crías de las madres durante todo el día y amamantar 30 min durante la mañana y 30 min en la tarde. Esta estrategia en ovejas adultas ha permitido el rápido restablecimiento de la actividad ovárica, lo cual, disminuye el intervalo entre el parto y la primera ovulación, reduce la pérdida de peso corporal y acorta el anestro postparto. Así mismo, durante la crianza de corderos, esta estrategia de manejo reduce la mortalidad y grado de estrés cuando se

realiza el destete de los corderos. Además, el peso corporal y ganancia de peso es similar a las corderas de amamantamiento continuo. (Morales *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2012; Franco *et al.*, 2012).

Por otro lado, la nutrición es uno de los principales factores externos que influyen en la función y eficiencia reproductiva de las corderas. Para que inicie la pubertad, estas deben alcanzar un grado de desarrollo corporal mínimo para comenzar a reproducirse; en este grado de desarrollo es decisivo el nivel de nutrición y de no alcanzarse, las corderas retrasarán el inicio de la pubertad hasta que las condiciones internas y externas sean las más adecuadas (López *et al.*, 1985b; Foster *et al.*, 1988); esto implica que alcanzarán la pubertad hasta la siguiente temporada reproductiva., lo que generará más costos al productor por concepto de alimentación y medicamentos.

Con estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue determinar si el manejo del amamantamiento y la nutrición repercuten en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo de corderas de pelo.

IV. HIPÓTESIS

Las corderas de amamantamiento continuo alimentadas con dieta alta en energía y proteína alcanzan la pubertad más pronto que las corderas de amamantamiento restringido alimentadas con dieta normal.

V. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el manejo del amamantamiento y la nutrición en el inicio de la pubertad y comportamiento reproductivo en corderas de pelo.

VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir el peso y determinar la ganancia de peso de las corderas.
2. Medir Progesterona plasmática y determinar el inicio a la pubertad.
3. Evaluar el comportamiento reproductivo en las corderas de los cuatro tratamientos.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Localización

El experimento se realizó del 01 de octubre de 2013 al 31 de mayo de 2014 en las instalaciones del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, ubicado en la carretera México - Texcoco km., 36.5 Montecillo, municipio de Texcoco, estado de México con coordenadas geográficas de 19° 27' 51.90 N y 98° 54' 34.30" O y altitud de 2250 m. El clima que predomina en la región es de tipo Cb (wo) (w) (i')g que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación anual 644.8 mm y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 1989).

7.2 Animales

En esta investigación se utilizaron 36 corderas prepúberes de pelo nacidas en la estación de primavera del año 2013.

7.3 Tratamientos para evaluar el amamantamiento y nutrición

En la presente investigación, las corderas se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamiento que se describen a continuación:

Cuadro 1. Descripción de tratamientos utilizados en la evaluación de las dietas y variables reproductivas en corderas de pelo.

Tratamiento	n
Amamantamiento restringido + dieta alta en energía y proteína	10
Amamantamiento restringido + dieta normal	9
Amamantamiento continuo + dieta alta en energía y proteína	9
Amamantamiento continuo + dieta normal	8

7.4 Alimentación

Durante el experimento, las corderas de AR y AC alimentadas con la dieta alta en energía y proteína, se les suministró 1.5 kg, mientras que las corderas de AR y AC alimentadas con la dieta normal se les suministró 1.2 kg alimento. En todos los tratamientos se dio de comer dos veces al día a las 09:00 y 15:00 h.

Las dietas que se proporcionaron a los animales se presentan en los cuadros dos y cuatro.

Cuadro 2. Composición de la dieta alta en energía y proteína ofrecida a corderas de pelo.

Ingrediente	kg
Maíz	49.96
Paja de avena	20.00
Pasta de canola	15.00
Pasta de soya	7.04
Melaza	6.00
CaCO ₃	1.20
Minerales†	0.80
TOTAL	100.00

†Vitalis engorda ovino plus®, Servicios Especializados en Producción Animal. Cada 1000 g contiene: Calcio 24%, Fósforo 3%, Magnesio 2%, Sodio 8%, Cloro 12%, Potasio 0.50%, Azufre 1%, Manganeseo 4000 ppm, Hierro 2000 mg, Zinc 5000 mg, Cobre 500 ppm, Yodo 100 ppm, Selenio 30 ppm, Cobalto 60 mg, Cromo 10 mg vitamina A 500 000 UI, vitamina D 3000 000 UI y vitamina E 2000 UI ionóforo 3000 mg y antioxidante 0.10%

El programa computacional para formular la dieta alta en energía y proteína fue el ARIES (1997). La composición del alimento se determinó mediante el análisis químico proximal y Van Soest, los cuales se muestran en los cuadros tres y cinco para las dietas proporcionadas a las corderas.

Cuadro 3. Análisis químico proximal+ y Van Soest+ de la dieta alta en energía y proteína ofrecida a corderas de pelo.

Elemento	Análisis calculado	Análisis determinado
Materia seca (%)	88.5	88.3
Proteína (%)	15.1	17.7
Fibra cruda (%)	9.0	2.3
Fibra detergente neutro (%)	22.0	37.0
Fibra detergente ácido (%)	11.8	21.0
Extracto etéreo (%)	2.6	3.1
Cenizas (%)	5.4	5.0
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹)	2.8	2.9

+ Laboratorio de Nutrición, Departamento de Zootecnia, UACH, Chapingo, México.

Cuadro 4. Composición de la dieta normal proporcionada a las corderas de pelo.

Ingrediente	kg
Concentrado comercial ⁺⁺	50
Alfalfa heno	26
Paja de avena	20
Melaza	2
Carbonato de calcio	1
Minerales †	1
TOTAL	100.00

⁺⁺Borrega plus®. Productores Agropecuarios Unión Tepexpan.

† Vitasal engorda ovino plus®, Servicios Especializados en Producción Animal. Cada 1000 g contiene: Calcio 24%, Fósforo 3%, Magnesio 2%, Sodio 8%, Cloro 12%, Potasio 0.50%, Azufre 1%, Manganeseo 4000 ppm, Hierro 2000 mg, Zinc 5000 mg, Cobre 500 ppp, Yodo 100 ppm, Selenio 30 ppm, Cobalto 60 mg, Cromo 10 mg vitamina A 500 000 UI, vitamina D 3000 000 UI y vitamina E 2000 UI ionóforo 3000 mg y antioxidante 0.10%

Cuadro 5. Análisis químico proximal+ y Van Soest+ de la dieta normal ofrecida a corderas de pelo.

Elemento	Análisis calculado	Análisis determinado
Materia seca (%)	88.3	89.4
Proteína (%)	13.3	14.0
Fibra cruda (%)	15.7	14.8
Fibra detergente neutro (%)	35.0	51.5
Fibra detergente ácido (%)	20.5	40.0
Extracto etéreo (%)	0.8	2.3
Cenizas (%)	6.0	15.4
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹)	2.3	2.4

+ Laboratorio de Nutrición, Departamento de Zootecnia, UACH, Chapingo, México.

7.5 Manejo sanitario

Las corderas se desparasitaron con Closantil 5%® (50 mg de closantel, 10 mg kg⁻¹, laboratorio Chinoin), se vitaminaron con 500,000 UI de vitamina A, 75,000 UI de vitamina D₃ y 50 UI de vitamina E (Compol ADE®, laboratorio Lapisa) y se vacunaron con Bovac 8® (2.5 mL animal⁻¹, laboratorio Intervet-Schering-Plough) para protegerlas contra las principales enfermedades de tipo clostridial.

7.6 Evolución del peso

El peso de las corderas se registró semanalmente desde el nacimiento hasta la sincronización del estro y la ovulación. Las corderas eran pesadas a las 08:00 h antes del suministro matutino de las dietas. Para ello, se utilizó una báscula granataria (Braunker YPC 100). Una vez que las corderas alcanzaron dos tercios del peso vivo adulto, se indujo el estro y la ovulación para ver si las corderas ya habían iniciado la pubertad.

7.7 Tratamiento para evaluar la inducción al estro y ovulación

La sincronización de estros en las corderas se realizó mediante un dispositivo intravaginal con progesterona natural de liberación controlada (CIDR®, Pfizer, 300 mg de P4). El CIDR permaneció insertado nueve días. Las corderas se revisaron dos veces

dia⁻¹ para ver la permanencia del dispositivo. Además, se aplicó 1 mL oveja⁻¹ de prostaglandina (Lutalyse® 7.5 mg de Dinoprost, Pharmacia & Upjohn, Inc. Kalamazoo, Michigan, EUA) vía intramuscular 48 h antes del retiro del CIDR, con el fin de lisar cuerpos lúteos presentes en las corderas. Después de retirado el CIDR se comenzó a detectar estros cada cuatro horas hasta el momento que presentaron el estro. Para la detección de estros, se introdujo al corral de las corderas un semental ovino, el cual fue cambiado por otro para la siguiente detección. Se consideró una cordera en estro cuando se quedaba inmóvil y recibió la monta del semental.

7.8 Servicios (Monta natural)

Cuando la cordera permitió la monta del semental, la consecuente penetración y eyaculación, se consideró como monta efectiva. 12 h después del primer servicio, se dio una segunda monta natural con el semental que detectó en celo a la cordera previamente; una vez realizadas las dos montas se separaron a otro corral para que los sementales no las montaran. Seis días posteriores a las montas, se introdujo el semental para detectar retornos. Los sementales se introdujeron dos veces por día a las 9:00 y 15:00 h por un lapso de 30 min hasta el día 22 post monta.

7.9 Diagnóstico gestación

El diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días después de la monta natural, con un ecógrafo portátil (UMS-900® Universal Medical System Inc., NY) con transductor rectal de 3.5-7.0 Mhz.

7.10 Muestras sanguíneas para determinar la concentración de progesterona e inicio de la pubertad

La obtención de muestras sanguíneas se realizó por punción de la vena yugular y fueron colectadas en tubos vacutainer de 10 mL sin anticoagulante. Se extrajeron aproximadamente 7 mL de sangre animal⁻¹ y se centrifugaron a 693 g durante 20 min (2500 rpm en una centrífuga Solbat® C-600) para extraer el suero y conservarlo a -20 °C hasta el día de su análisis. La progesterona se determinó por radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida con un kit comercial (Coat-A-Count® Progesterone, Siemens).

Se realizaron un total de 25 muestreos cordera⁻¹. Los muestreos del 1 al 22 se hicieron dos veces por semana, martes y viernes, a partir del día uno de octubre hasta el 17 de diciembre de 2013. Se consideró que una cordera inició la pubertad, cuando en dos muestreos consecutivos tuvo una concentración plasmática de P₄ de 0.5 ng mL⁻¹ ó si en un solo muestreo exhibió una concentración plasmática de P₄ de 1 ng mL⁻¹, pero si la concentración fue menor a 0.5 ng mL⁻¹ de P₄ se consideró a la cordera en estado prepúber. Los coeficientes de variación intra e inter ensayo fueron 3.9 % y de 4.4%, respectivamente. La sensibilidad de la prueba fue de 0.05 ng mL⁻¹.

El muestreo 23 y 24 se realizaron a los 11 y 17 días post servicio para ver si el estro fue seguido de la ovulación y ver si hubo cuerpos lúteos normales o de vida media corta. El muestreo 25 se realizó a los 21 días después de haber iniciado el estro como un medio de diagnóstico temprano de gestación.

7.11 Variables evaluadas

Ganancia de peso corporal: el peso corporal (kg) se registró semanalmente en las corderas antes del suministro matutino de las dietas.

Edad y peso a la pubertad: determinado como el tiempo en días desde el nacimiento hasta el momento de la aparición de progesterona; así como el peso (kg) que tenía la cordera al momento de la detección de progesterona.

Incidencia de estros: se determinó mediante el número de ovejas que entraron en celo.

Retorno a estro. Determinada como el número de ovejas que presentaron estro después de la monta natural.

Fertilidad. Se determinó tomando en cuenta a todas las ovejas que no retornaron al estro durante los primeros 35 días post servicio.

Parición. Corresponde al número de ovejas que parieron, después del primer servicio del total de ovejas en el tratamiento

Fecundidad. Determinada como el número de corderos nacidos entre el número de ovejas en el tratamiento

Prolificidad: Determinada por el número de corderos nacidos por oveja parida.

7.12 Análisis estadístico

La variable ganancia de peso corporal, se analizó mediante el modelo de mediciones repetidas y se utilizó el procedimiento GLM (SAS, 2011) y la comparación de medias se realizó por el procedimiento Tukey (SAS, 2011).

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + Edad_j + (T_i \times Edad_j) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

$Edad_j$ = efecto de la edad j-ésima

$T_i \times Edad_j$ = interacción

ε_{ijk} = error aleatorio

La edad y peso a la pubertad se analizó mediante el procedimiento GLM (SAS, 2011). El modelo estadístico fue el siguiente:

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

μ = media

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

$Edad_j$ = efecto de la edad j-ésima

ε_{ijk} = error aleatorio

La variable horas al celo se analizó con el método de curvas de sobrevivencia LOG-RANK y se utilizó el procedimiento LIFE TEST (SAS, 2011) y la comparación de medias se hizo mediante el método de Kaplan-Meier (SAS, 2011).

Las variables incidencia de estros, retorno a estro, porcentaje de gestación y parición se analizaron mediante el procedimiento GENMOND (SAS, 2011) de regresión binomial negativa para investigar el efecto del tratamiento sobre incidencia de estros, retorno a estros, gestación y parición. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$\text{Variable media} = e^{\beta_0 + \beta_i \text{ tratamiento}}$$

Variable = incidencia de estros, retorno a estro, porcentaje de gestación y parición

La variable fecundidad y prolificidad se analizaron en un programa de Mini Tab y se determinaron con un intervalo de confianza (IC) del 95% para un promedio de POISSON.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Respuesta a las dietas suministradas

La respuesta a las dietas reflejada en la ganancia de peso cuando se evaluaron corderas provenientes de amamantamiento restringido y continuo, que fueron alimentadas con una dieta alta en energía y proteína y una normal, estadísticamente fueron diferentes ($p < 0.05$). Se encontró que las corderas alimentadas con la dieta alta en energía y proteína fueron más pesadas ($p < 0.05$), respecto a las corderas alimentadas con la dieta normal (Cuadro 6).

Cuadro 6. Respuesta a la dieta normal y alta en energía y proteína sobre el peso corporal de corderas de pelo (media \pm SEM).

Tratamiento	n	Peso vivo (kg)
AR + DA	10	26.9 \pm 0.3 b
AR + DN	9	25.2 \pm 0.3 c
AC + DA	9	28.9 \pm 0.3 a
AC + DN	8	25.5 \pm 0.3 c

a,b,c. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

El comportamiento en peso para las corderas de AR y AC que se alimentaron con la DA pesaron 2.5 más que las AR y AC que fueron alimentadas con la DN. Los animales de AR + DA fueron 1.7 kg más pesadas que las corderas de AR + DN. Las corderas de AC + DA pesaron 3.3 kg más que las de AC + DN. Las corderas de AC + DA pesaron 3.6 kg más que las de AR + DN. Las corderas de AR + DA 1.4 kg más las de AC + DN (Figura 1). Para el caso de los grupos alimentados con DN tanto en corderas de AR como las de

AC, el crecimiento corporal fue similar ($p>0.05$), esto puede ser explicado en términos nutricionales, es decir, la DN proporcionada a las corderas no cubrió los requerimientos del animal lo que repercutió en un retraso en el crecimiento y una menor ganancia de peso para ambos tipos de amamantamiento durante el experimento.

La media general de ganancia diaria de peso durante el experimento fue de 116 g d⁻¹ y fue mayor para los grupos de AR y AC alimentados con DA (121 g) con respecto a los grupo de AR y AC que recibieron una DN (111 g). Estos resultados son similares a los reportados por Ugalde y Sanginés (2002) en corderas de la raza Pelibuey en pastoreo y sometidas o no a efecto macho; pero diferentes a los encontrados por Villeneuve *et al.* (2010), Pascual-Córdova *et al.* (2009) y Suttie *et al.* (1991) quiénes reportaron una ganancia de 197, 192 y 170 g diarios en corderas Dorset, Coopworth y Pelibuey alimentadas con dietas integrales y además contenían calidad de forraje media y alta.

Si el suministro de nutrientes es restringido en cuanto a energía y proteína, la ganancia diaria de peso reportada fue de 62 y 81 g; sin embargo, si estos mismos animales al recibir una dieta mejorada, después del periodo de restricción, las ganancias reportadas fueron de 155 y 177 g, respectivamente (Boulanouar *et al.*, 1995). En contraste, si las corderas Pelibuey son sometidos a pastorear praderas tropicales de pasto estrella de África y Pangola solo ganaron 80 y 68 g diarios, respectivamente (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2009; Ugalde y Sanginés 2002).

Las corderas de AR + DA y AC + DA que mejor ganancia de peso presentaron puede explicarse en términos de que la DA después de cubrir los requerimientos nutricionales para mantenimiento en esta fase del crecimiento, la otra parte de nutrientes se destinaron a la ganancia, reflejándose en corderas de mayor tamaño. Para el grupo de AR + DA, se percibió que las corderas mostraron crecimiento compensatorio (Villeneuve *et al.*, 2010b), ya que al igual que el grupo AC + DA, el manejo nutricional fue el mismo; sin embargo, las corderas de AR + DA, no igualaron en peso a las de AC + DA.

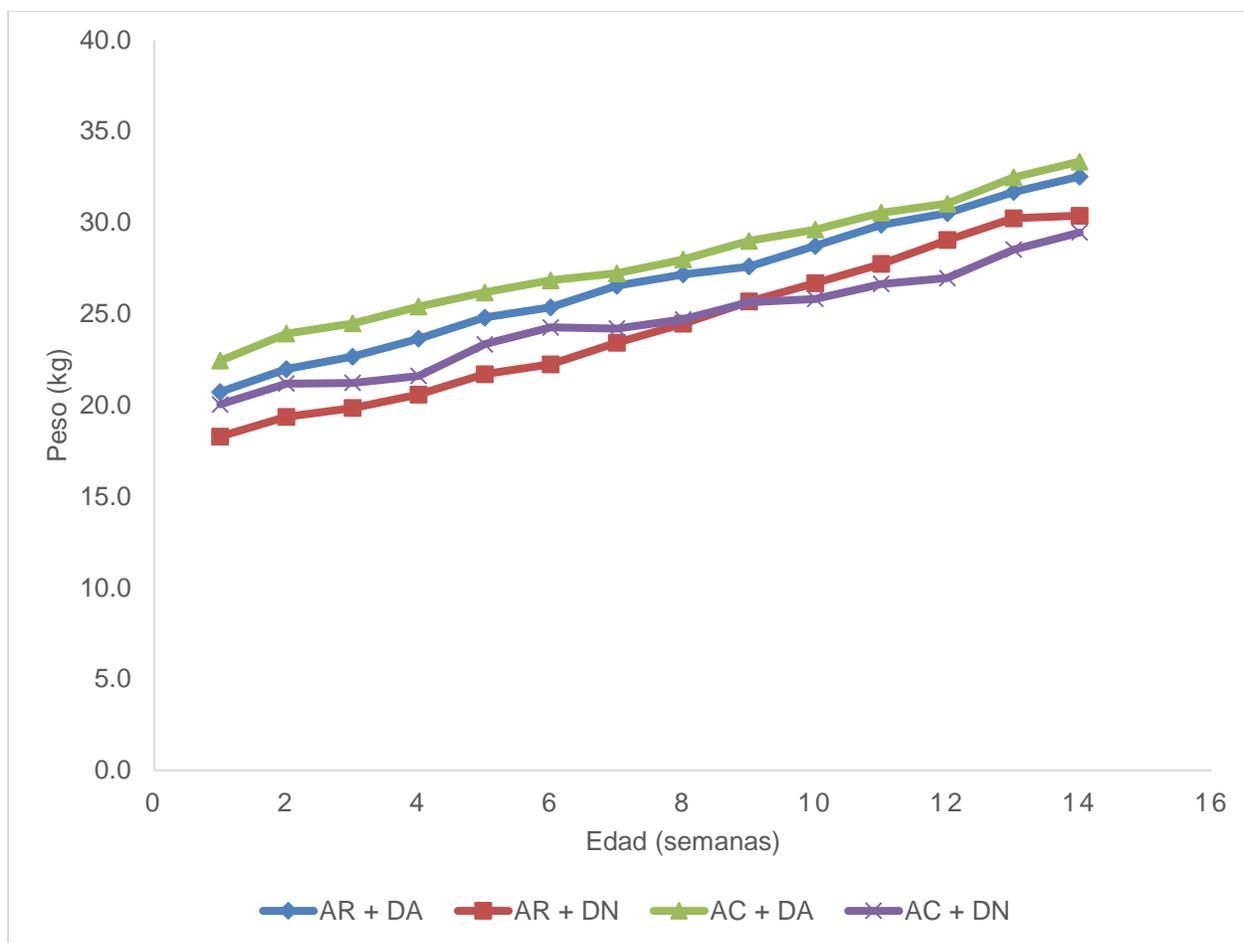


Figura 1. Evolución del peso corporal de corderas de pelo.

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

La ganancia de peso corporal en la etapa prepúber es un buen indicador para que las corderas adquieran el peso, aproximadamente dos tercios del peso adulto (López *et al.*, 1985a). Así, el suministro de nutrientes en cantidad y calidad las desafía para que expresen su máximo potencial en cuanto a ganancia de peso y crecimiento corporal (Villeneuve *et al.*, 2010a), pero si el suministro de nutrientes es restringido en energía o proteína no se cubren los requerimientos nutricionales, por lo que el crecimiento corporal se ve afectado de manera negativa (Suttie *et al.*, 1991; Boulanouar *et al.*, 1995; Adam *et al.*, 1998; Polkowska *et al.*, 2003). Sin embargo, si a los animales restringidos se les proporcionan los nutrientes adecuadamente, su estado nutricional y ritmo de crecimiento se mejora rápidamente y aumentan de peso; es decir, manifiestan un crecimiento

compensatorio (Foster *et al.*, 1988; Suttie *et al.*, 1991; Boulanouar *et al.*, 1995; Adam *et al.*, 1998; Villeneuve *et al.*, 2010b). También la modificación de la composición nutricional del alimento ejercido por la adición de ciertos cultivos lácticos y ciertas prácticas tendientes a cambiar la flora ruminal, favorece una mejor ganancia de peso en corderas prepúberes (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2009; Khalifa *et al.*, 2013).

La sincronización del estro y ovulación se realizó cuando las corderas de AR + DA y AC + DA tenían 34.1 y 34.4 kg de peso, respectivamente. Mientras que para las corderas de AR + DN y AC + DN fue de 31.5 y 31.0 kg de peso, respectivamente, y se hizo con CIDR y PGF_{2α}. La edad a la cual se realizó la inducción del estro y ovulación en las corderas del presente estudio fue a los 230 días en promedio.

8.2 Edad y peso a la pubertad

La edad a la que las corderas iniciaron la pubertad, así como del peso corporal en esta investigación no fueron diferentes estadísticamente para los cuatro tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Esto evidencia que ni el tipo de amamantamiento del cual provenían las corderas (restringido y continuo) ni el tipo de dieta suministrada (normal y alta en energía y proteína) influyeron significativamente en el inicio de la pubertad de las corderas en este estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7. Edad y peso a la pubertad en corderas de pelo (media \pm SEM).

Tratamiento	n	Edad a la pubertad (días)	Peso a la pubertad (kg)
AR + DA	10	197.2 \pm 3.6 a	31.1 \pm 1.4 a
AR + DN	9	192.7 \pm 3.8 a	29.8 \pm 1.4 a
AC + DA	9	201.7 \pm 3.8 a	32.1 \pm 1.4 a
AC + DN	8	198.0 \pm 4.1 a	28.6 \pm 1.5 a

a Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

En el presente estudio, las corderas iniciaron la pubertad en promedio a los 197.4 ± 11.4 días de edad y un peso corporal de 30.5 ± 4.4 kg (Figura 2). En un estudio realizado por Pascual-Córdova *et al.* (2009) reportaron resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, sus corderas Pelibuey estuvieron mantenidas en un sistema de alimentación intensivo y alcanzaron la pubertad a los 198 días y 30.9 kg de peso. Sin embargo, estos datos difieren de los reportados por Zavala *et al.* (2008) quienes encontraron que las corderas Pelibuey iniciaron la pubertad a los 231 días y 27.5 kg de peso, mientras que para la raza Blackbelly fue de 250 días y 24.7 kg para Katahdin de 272 días y 36.5 kg y para la raza Santa Cruz de 252 días con 28.5 kg. Por su parte, Álvarez y Andrade (2008) cuando evaluaron la introducción o no de un semental al corral de las corderas prepúberes de la raza Pelibuey, reportaron que éstas iniciaron la pubertad a los 231 y 234 días con un peso de 32.5 y 37 kg, respectivamente. Sin embargo, cuando las corderas son nacidas en primavera y sometidas a pastoreo como principal fuente de alimentación y además suplementadas, éstas iniciaron la pubertad a los 360 días con un peso de 23.2 kg para el testigo y de 360 días y 26.5 kg a las suplementadas (Ugalde y Sanginés, 2002).

En esta investigación, una cordera de cada grupo AR + DA, AR + DN y AC + DA no iniciaron la pubertad durante el experimento, esto representó el 8.3 % de las corderas. Estos animales presentaron una concentración de P_4 promedio de 0.3 ng mL^{-1} , indicando un estado prepúber.

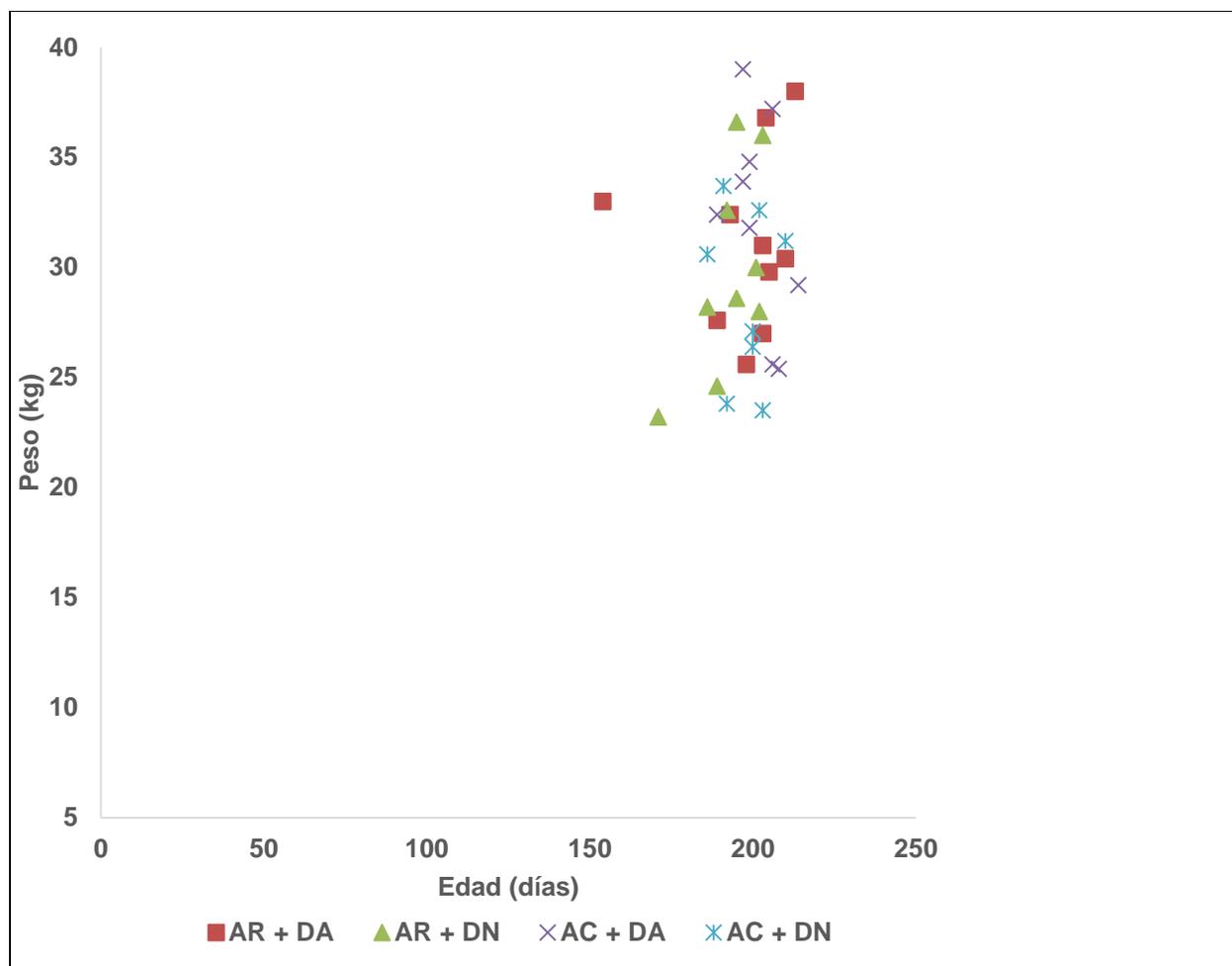


Figura 2. Relación entre edad-peso vivo y el inicio de la pubertad en corderas de pelo.

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

La Figura 2 muestra que las corderas de los cuatro tratamientos que iniciaron la pubertad, lo hicieron a los 197 días en promedio con un peso promedio de 30.5 kg. Sólo una cordera de AR + DA inició la pubertad a los 154 días y otra del AR + DN a los 171 días. Pero antes de los 150 días, no se muestran concentraciones considerables de P_4 (menores a 0.3 ng mL^{-1}) que indique el inicio de la actividad reproductiva. Así mismo, se aprecia que las corderas que alcanzaron el peso corporal mínimo crítico iniciaron la pubertad (López *et al.*, 1985a). En este estudio, el 91.6 % de las corderas iniciaron la pubertad a las 28 semanas de edad en promedio y a un 61 % del peso vivo adulto.

Las corderas utilizadas en esta investigación nacieron en primavera, por lo que tuvieron una breve exposición a días largos seguido de días cortos, esto las condujo a que adquirieran un historial fotoperiódico cimentado sobre los cambios en la secreción de melatonina (Wood y Foster, 1998). La terminación de los días largos y el comienzo de los días cortos disminuyeron la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los esteroides gonadales (Malpaux *et al.*, 1996). La disminución de la sensibilidad al estradiol permitió el aumento de la frecuencia de pulsos de GnRH y LH; este mecanismo hormonal fomentó el desarrollo de folículos preovulatorios que produjeron estradiol, que a su vez estimuló la primera descarga preovulatoria de LH, y subsecuentemente, la primera ovulación. La exposición a este fotoperiodo es un requisito clave para que se produzca la pubertad a la edad normal, 28 semanas de edad en corderas de este estudio (Ebling y Foster, 1988; Foster *et al.*, 1988; Sunderland *et al.*, 1995; Ebling 2010). No exponer a las hembras jóvenes a este fotoperiodo provoca que éstas alcancen su desarrollo corporal en la época de anestro estacional, por lo que se vuelven acíclicas y la actividad reproductiva se retrasará hasta cerca de un año (López 1985 a,b; Foster *et al.*, 1988; Urrutia *et al.*, 1998; López-Sebastián, 2001; Porras *et al.*, 2003; Wańkowska *et al.*, 2008). De esta manera, el factor estacional en el inicio de la pubertad en la hembra ovina es el fotoperiodo (Abecia *et al.*, 2012).

La duración del periodo prepúber está determinado por la tasa de crecimiento, fotoperiodo y la raza (López *et al.*, 1985 a,b; Sunderland *et al.*, 1995; López Sebastián, 2001; Zavala *et al.*, 2008); que generalmente es cuando las corderas alcanzan dos terceras partes del peso vivo adulto y se convierten en púberes (López, 1999; Porras *et al.*, 2003). En latitudes cercanas al ecuador, las ovejas adultas de pelo exhiben estacionalidad reproductiva en baja proporción o de corta duración; para el caso de las corderas es al contrario, esto se debe a que los animales tienen que acumular un historial acerca del ambiente para reproducirse en la época de mayor abundancia de forraje y asegurar así, la supervivencia de sus crías (Porras *et al.*, 2003; Valencia *et al.*, 2006).

8.3 Respuesta a la sincronización del estro

El porcentaje de respuesta a la sincronización de estros en corderas del presente estudio fue estadísticamente igual ($p > 0.05$), pues el 100% de las corderas en todos los

tratamientos manifestaron estro. Esto pone en evidencia la efectividad del tratamiento con progestágenos y PGF_{2α} para sincronizar el estro en corderas en época reproductiva (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de incidencia de estros en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF_{2α}.

Tratamiento	n	Corderas en estro (n)	Porcentaje (%)
AR + DA	10	10	100 a
AR + DN	9	9	100 a
AC + DA	9	9	100 a
AC + DN	8	9	100 a

a Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

La oveja presenta ciclos reproductivos estacionales y el fotoperiodo regula la aparición de la pubertad (Abecia *et al.*, 2012). Así, las corderas que nacen en invierno o primavera alcanzan la pubertad durante el primer otoño que sigue a su nacimiento; pero si nacen en otoño, el desarrollo apropiado se alcanza en la época de anestro estacional de días largos del verano, por lo que se vuelven acíclicas (Foster *et al.*, 1988; Wańkowska *et al.*, 2008). De esta manera, la reproducción de las corderas puede ser manipulada por métodos hormonales que permiten manejar y controlar la inducción y sincronización del estro y la ovulación. Una forma de hacerlo es mediante la aplicación de progesterona o sus análogos más la PGF_{2α}, esta última lisa al cuerpo lúteo, e induce la fase folicular y la subsecuente ovulación (Letelier *et al.*, 2011). En este estudio, la sincronización del estro y la ovulación se realizó con P₄ natural (CIDR) más PGF_{2α} y se encontró que el 100% de las corderas, tanto del AR como las de AC para ambas dietas suministradas (DA y DN) mostraron estro. En un estudio realizado por Kohno *et al.* (2005) y Camacho *et al.* (2008)

encontraron resultados similares al presente estudio y reportaron 100% de conducta estral en corderas inducidas. Por otro lado, Zavala *et al.* (2008) y Awel *et al.* (2009) reportaron un 87.5 % y 94.6 % conducta estral en corderas inducidas. Además, quienes informaron resultados similares a los del presente estudio fueron Rekik *et al.* (2002) quienes reportaron un 93 % de conducta estral en corderas. Adicionalmente, cuando se introdujo el macho en corderas prepúberes, el 89.2 % de estas presentaron celo (Ugalde y Sanginés, 2002). Por el contrario, Pascual-Córdova *et al.* (2009) reportaron que solo el 30 % de las corderas mostraron estro cuando fueron sometidas a una alimentación intensiva.

La inducción de estros en algunas ocasiones trae efectos benéficos en algunas variables reproductivas. Así, Stellflug *et al.* (2001) quienes trabajaron con corderas Targhee tratadas con acetato de medroxiprogesterona más eCG reportaron un aumento de la tasa de preñez en un 30 %.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, evidencian la efectividad de los progestágenos para inducir el celo, ya que mimetizan la actividad del cuerpo lúteo. De esta manera inhiben la liberación de la GnRH/LH y cuando la inhibición disminuye por la aplicación de PGF_{2α} o por la retirada del CIDR, se favorece la liberación de GnRH/LH y FSH que estimulan el crecimiento y desarrollo de folículos preovulatorios que a su vez producen estradiol y el consecuente comportamiento del estro.

8.4 Inicio del estro

La respuesta a la inducción del estro en corderas para los cuatro tratamientos del presente estudio no fue diferente significativamente ($p > 0.05$) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Incidencia de estros en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α (media \pm SEM).

Tratamiento	n	Inicio al celo (h)
AR + DA	10	35.2 \pm 5.9 a
AR + DN	9	46.3 \pm 4.4 a
AC + DA	9	42.0 \pm 5.9 a
AC + DN	8	38.0 \pm 2.4 a

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

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

La producción ovina involucra un manejo reproductivo adecuado en la inducción y sincronización de la ovulación, apareamientos y gestaciones en lotes uniformes de animales. Los tratamientos hormonales que incluyen P₄, mediante dispositivos intravaginales, inducen y sincronizan el estro ya que basan su efecto sobre la fase lútea del ciclo, simulando la acción de la P₄ natural producida por el cuerpo lúteo después de la ovulación. Las prostaglandinas lisan ese cuerpo lúteo y estimulan la fase folicular y de esta forma otra ovulación (Letelier *et al.*, 2011; Abecia *et al.*, 2012).

Los resultados del presente estudio, de 40.3 h, concuerdan con las 32, 37 y 36 h al inicio del estro reportadas en corderas de las razas Pelibuey, Manchegas y Suffolk (Kohno *et al.*, 2005; Letelier *et al.* 2011; González-Reyna *et al.*, 2014), respectivamente. En un estudio realizado por Estrada *et al.* (2009) reportaron 26 h al inicio del estro después de retirado el CIDR. Sin embargo, Camacho *et al.* (2008) reportaron que en corderas Pelibuey inducidas y sincronizadas, el inicio al estro fue a las 21 y 24 h, respectivamente. Por su parte, Quintero *et al.* (2009) en corderas de la raza Pelibuey y Blackbelly, reportaron el inicio del estro a las 32 y 30 h después de retirar el progestágeno, respectivamente. Así mismo, encontraron una diferencia significativa cuando la dosis de

PMSG se aplicó 48 h antes del retiro de la esponja intravaginal las corderas presentaron estro a las 28 h y si la aplicación de PMSG se realizó al momento del retiro de la esponja, las corderas presentaron celo a las 36 h. El menor tiempo a la presentación de estro se asocia a la aplicación de eCG 48 h antes de la retirada del progestágeno, lo que favorece el acortamiento del intervalo al estro, ya que la administración de la gonadotropina favorece la actividad folicular y la producción de estrógenos que a su vez regula la conducta estral.

El inicio al estro está influenciado por la velocidad de absorción de la progesterona. Las corderas del presente estudio mostraron conducta estral 40.3 h después del retiro del progestágeno; además, no recibieron ningún tratamiento hormonal que tuviera efectos estimulantes a nivel folicular como eCG, FSH, hCG; solo se utilizaron progestágenos y prostaglandinas.

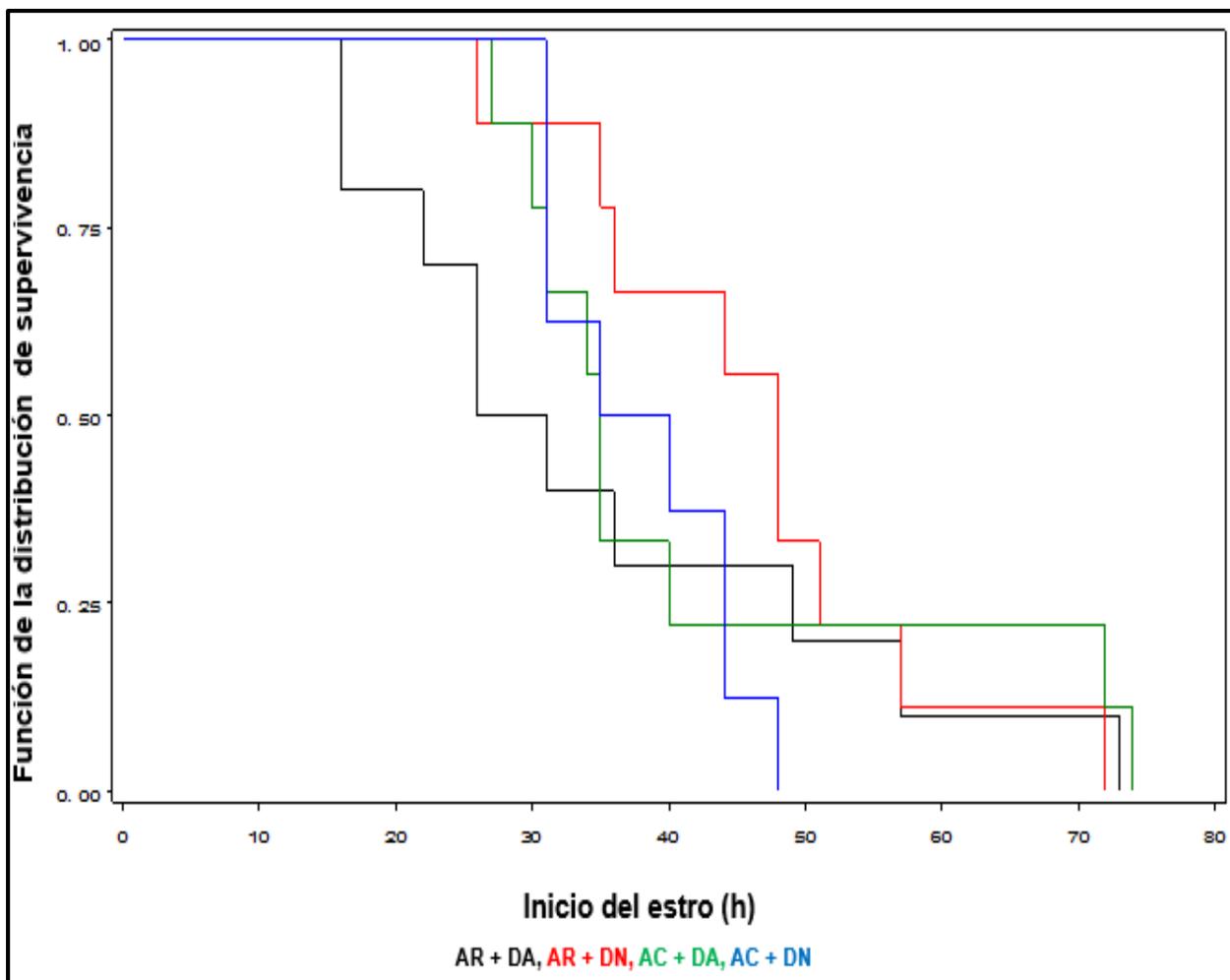


Figura 3. Curva de supervivencia del inicio al estro en corderas de pelo.

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal. Todas las corderas fueron tratadas con CIDR y PGF_{2α}.

El tratamiento que más presentó una tendencia a concentrar las horas al estro fue el de AC + DN (Figura 3) con respecto a los otros tratamientos evaluados, pero sin presentar una deferencia significativa. Esta acción pudo haber sido favorecida por que las corderas para la inducción del estro y ovulación, adquirieron el peso corporal mínimo crítico para iniciar a reproducirse (López *et al.*, 1985 b).

8.5 Retorno a estro

El porcentaje de corderas con retorno a estro no fue diferente significativamente ($p > 0.05$) en los cuatro grupos evaluados. Lo que indicó que ni el tipo de amamantamiento del cual

provenían las corderas, tipo de dietas suministradas, inducción del estro y la ovulación por nueve días con un progestágeno afectó negativamente la tasa de retorno a estro (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tasa de retorno a estro en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α .

Tratamiento	n	Ovejas en estro	Ovejas que retornaron al estro	
			n	Porcentaje (%)
AR + DA	10	10	0	0.00 a
AR + DN	9	9	1	11.11 a
AC + DA	9	9	0	0.00 a
AC + DN	8	8	0	0.00 a

Valores con la misma literal en la misma columna no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).
 AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

En el presente estudio solo retornó a estro una cordera del tratamiento AR + DN. El bajo porcentaje de retorno a estro fue debido a que se dieron dos montas naturales; una cuando se detectó a la cordera en celo y otra 12 h después con el semental que la detectó; ésta práctica de manejo incrementa la fertilidad (Fernández *et al.*, 2006). Además, la mayoría de los celos se presentaron en un periodo 35 a 50 h de haber retirado el progestágeno, que es cuando se tiene la mayor fertilidad, pasando este periodo, la fertilidad disminuye (Fernández *et al.*, 2006).

Se ha sugerido que el sistema neuroendocrino de la hembra en desarrollo, reconoce las señales que reflejan el estado de desarrollo corporal para iniciar o retrasar la secreción de GnRH/LH (Foster y Jackson, 2006). De esta manera, si las hembras se empadran con una condición corporal baja (menor a 2) habrá una mayor cantidad de animales que

retornan al estro; pero si la condición corporal es mayor, el porcentaje de retorno será menor (Fernández *et al.*, 2006).

Los sementales utilizados para el empadre en este estudio fueron de la raza Pelibuey con aproximadamente 2 años de edad; es decir, eran animales jóvenes pero con experiencia reproductiva y previo al empadre, recibieron un manejo alimenticio adecuado para asegurar que la producción de semen fuera la óptima.

8.6 Porcentaje de gestación y parición

El tipo de dieta suministrada a cada tratamiento no afectó significativamente ($p>0.05$) la tasa de gestación y de parición. La tasa de gestación promedio general para los cuatro tratamientos fue de 67.08 %. Así mismo, el porcentaje de parición general fue de 100 %, es decir, todas las corderas que se diagnosticaron gestantes llegaron a término (Cuadro 11).

Cuadro 11. Tasa de gestación y parición en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta alta y normal sincronizadas con CIDR y PGF2 α .

Tratamiento	n	Corderas gestantes		Corderas paridas	
		n	%	n	%
AR + DA	10	6	60.0 a	6	100 a
AR + DN	9	5	55.5 a	5	100 a
AC + DA	9	7	77.7 a	7	100 a
AC + DN	8	6	75.0 a	6	100 a

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

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

En la presente investigación, el número reducido de repeticiones pudo ocasionar que no se encontraran diferencias estadísticas en la tasa de gestación para los grupos evaluados. En este experimento ocho corderas de AR y cuatro de AC alimentadas con DN y DA, cuando se les realizó el diagnóstico de gestación resultaron vacías; es decir, un total de 12 corderas.

La tasa de gestación varía dependiendo de la raza, nutrición, época del año, condiciones de manejo y cuidado de los animales. En este estudio, la tasa de gestación fue de 67.08 %; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kenyon *et al.* (2008) quienes reportaron un 65.4 % en corderas estimuladas con efecto macho. Por su parte, Estrada *et al.* (2009) encontraron que la fuente de liberación de progesterona CIDR o esponjas, solo quedaron gestantes el 58.3 % y 66.6 % para cada tipo de tratamiento, respectivamente. Al igual, Sepúlveda *et al.* (2001) reportaron resultados similares a los anteriores, cuando suplementaron ovejas por 50 días antes del parto y 50 días postparto. Stellflug *et al.* (2001), quienes indujeron el estro en corderas con esponjas impregnadas con acetato de medroxiprogesterona y eCG reportaron una tasa de gestación de 61 %. Así mismo, resultados similares a los estudios anteriores incluyendo al presente fueron reportados por Quintero *et al.* (2009) quienes encontraron que la tasa de gestación en corderas es de 58 % cuando las corderas presentaron una condición corporal buena. Sin embargo, éstos mismos autores encontraron una tasa de preñez más alta cuando aplicaron 400 UI PMSG en combinación con un progestágeno (82 %). Adicionalmente, quienes reportaron una tasa de preñez similar a la anterior (80 %) fueron Rekik *et al.* (2002) cuando utilizaron esponjas impregnadas con acetato de fluorogestona y PMSG.

En general, los porcentajes bajos de la tasa de gestación reportados tanto en estudios previos como en el presente, pudieron ser debidos a la alta sensibilidad al estradiol al inicio del proceso puberal, (Ebling 2005; Foster y Jackson, 2006). También que las corderas pudieron ovular algún folículo atrésico o viejo, estos tienen menores probabilidades de ser fertilizados y en caso de ocurrir la fertilización, el desarrollo embrionario es anormal, lo que conlleva a una muerte embrionaria temprana (Rosales *et al.*, 2013). Además, se pudo formar un cuerpo lúteo de vida media corta que no fue capaz de mantener la gestación. Los cuerpos lúteos de vida media corta son muy

comunes en corderas (Ebling, 2005; Foster y Jackson, 2006). Sin embargo, en las corderas que si dieron positivo a la exploración ecográfica llevaron a término su gestación. Esto fue porque en el organismo de la hembra hubo una disminución a la sensibilidad del estradiol gonadal que condujo a un aumento de la secreción de GnRH y LH lo que provocó el desarrollo de folículos preovulatorios que a su vez produjeron estrógenos que estimularon la primera descarga preovulatoria de LH y produjo la primera ovulación, seguida de la fertilización, implantación embrionaria y el establecimiento de la gestación (Camacho *et al.*, 2008). Otra explicación del bajo porcentaje de la tasa de gestación en el presente estudio es que una cordera de cada grupo de AR + DN y AC + DA no respondieron a la inducción de estro y ovulación. Además se ha establecido que las corderas de menor peso vivo o condición corporal baja tienen una menor tasa ovulatoria y una alta proporción de celos anovulatorios lo que se traduce en una menor fertilidad comparada con corderas que al momento del empadre fueron más pesadas y por lo tanto más fértiles (Ugalde y Sanginés, 2002; Fernández *et al.*, 2006; Rosales *et al.*, 2013). Al igual, como estos animales no habían terminado de crecer parte de los nutrientes ingeridos los destinaron a su crecimiento y no al mantenimiento del embrión.

El porcentaje de parición para ovejas Pelibuey es superior al 90 %, siempre y cuando los animales sean alimentados adecuadamente de acuerdo a su periodo de gestación (Hernández, 2009). Este porcentaje de parición se asemeja al encontrado en el presente estudio que fue de 100 % de pariciones; es decir, no se presentó ningún aborto, por lo que todas las corderas que se diagnosticaron gestantes llegaron a término.

8.7 Fecundidad

La fecundidad encontrada en esta investigación estadísticamente fue similar ($p > 0.05$) en todos los tratamientos. Para el caso del presente estudio el promedio general fue de 0.86 corderos oveja⁻¹ (Cuadro 12).

El consumo limitado de nutrientes provoca que las corderas presenten un peso bajo y exhiban una condición corporal baja. Esta situación provoca que los estros se retrasen o

se supriman y, a nivel ovárico el desarrollo folicular disminuya y sea limitado (Robinson 1996). Sin embargo, el peso corporal, una buena alimentación, la utilización de fármacos y el efecto de relaciones socio-sexuales, modifican la tasa ovulatoria incidiendo directamente sobre la fecundidad (Rosales *et al.*, 2013).

Cuadro 12. Fecundidad en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta normal y alta en energía y proteína sincronizadas con CIDR y PGF2 α (Intervalo de confianza del 95 %).

Tratamiento	n	Número total de corderos	Número de corderos nacidos
AR + DA	10	6	0.60 a
AR + DN	9	7	0.77 a
AC + DA	9	10	1.11 a
AC + DN	8	8	1.00 a

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

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

Estudios previos, reportaron resultados similares a los de la presente investigación, 0.86 cordero oveja⁻¹, como los de Ugalde y Sanginés (2002), quienes trabajaron con corderas Pelibuey en pastoreo y sometidas o no a efecto macho y efecto macho más suplementación. Para el caso de solo efecto macho, reportaron una fecundidad de 0.70 corderos oveja⁻¹, mientras que para el efecto macho más suplementación fue de 1.00 corderos oveja⁻¹. Por otro lado, el tratamiento de ovejas con CIDR y 250 mg de rbST ó 350 UI de eCG 48 h antes del retiro del progestágeno; Sosa (2012) reportó una fecundidad promedio para los tres tratamientos de 1.78 corderos oveja⁻¹. Por su parte, Fraire (2010) en el mismo sitio experimental, encontró una fecundidad similar a la encontrada en este estudio y en promedio fue de 0.97 corderos oveja⁻¹ cuando proporcionó Selenio y vitamina E, eCG y alimentación dirigida a ovejas Pelibuey.

En un experimento realizado por Quintero *et al.* (2011) quienes utilizaron un protocolo de sincronización a través de esponjas intravaginales impregnadas con cronolona en ovejas

Pelibuey y Blackbelly y, evaluaron diferentes dosis de eCG (0, 100, 200 y 400 UI), reportaron una fecundidad de 0.79, 0.68, 1.13 y 1.77 corderos oveja⁻¹, respectivamente. Mientras, Ozyurtlu *et al.* (2010) quienes trabajaron con ovejas Awassi en anestro estacional y utilizando CIDR y esponjas impregnadas acetato de fluorogestona más PMSG reportaron una fecundidad de 1.12 y 1.12 corderos oveja⁻¹ para ambos tratamientos. Por otra parte, Rosales *et al.* (2013) encontraron que los valores fenotípicos altos para profundidad del músculo del ojo y peso vivo postdestete en corderas Merino se asociaron positivamente con una mayor fecundidad cuando se aparearon de 8 a 10 meses de edad.

Los resultados de este estudio muestran que la fecundidad no fue influenciada por el progestágeno utilizado, tipo de amamantamiento del cual provenían las corderas y dietas suministradas. Sin embargo, estudios previos muestran una mayor fecundidad, esto se debió a que en sus protocolos de inducción y sincronización utilizaron eCG. Esta hormona exógena tiene un efecto similar a la FSH y LH, pero con mayor vida media.

Una práctica encaminada a incrementar el consumo de nutrientes para mejorar la condición corporal en ovejas a corto plazo antes y durante los apareamientos, se denomina alimentación focalizada; se realiza con el propósito de aumentar la tasa ovulatoria, evitar pérdidas embrionarias tempranas, aumentar la prolificidad y por consiguiente, la fecundidad. Esto se debe a que el consumo concentrado de nutrientes promueve la liberación de GnRH/LH, que a su vez promueve el crecimiento y madurez de más folículos para ser ovulados y posteriormente, fertilizados. Además promueve una mejor implantación embrionaria (Martin *et al.*, 2004; King *et al.*, 2010).

8.8 Prolificidad

La prolificidad no fue estadísticamente diferente ($p > 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 13). Lo que representó un promedio general de 1.29 corderos oveja⁻¹. Los resultados obtenidos reflejan que el tipo de amamantamiento del cual provenían las corderas, dietas suministradas y tiempo de aplicación del progestágeno más PGF_{2α}, no afectaron la prolificidad de las corderas en este estudio.

Cuadro 13. Prolificidad en corderas de pelo provenientes de dos tipos de amamantamiento, alimentadas con dieta alta en energía y proteína y normal sincronizadas con CIDR y PGF2 α (intervalo de confianza de 95 %).

Tratamiento	n	Número de ovejas paridas	Número total de corderos	Número de corderos nacidos
AR + DA	10	6	6	1.00 a
AR + DN	9	5	7	1.40 a
AC + DA	9	7	10	1.43 a
AC + DN	8	6	8	1.33 a

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

AR = amamantamiento restringido, AC = amamantamiento continuo, DA = dieta alta en energía y proteína, DN = dieta normal.

En este estudio, la prolificidad promedio fue de 1.29 corderos oveja⁻¹. Sin embargo, algunos estudios realizados previamente en corderas han reportado diferencias estadísticas. De esta manera, Camacho *et al.* (2008) quienes trabajaron con corderas de la raza Pelibuey, evaluaron un protocolo de inducción y otro de sincronización mediante la utilización de esponjas que contenían FGA, más eCG y PGF_{2 α} , reportaron una prolificidad de 2.5 y 1.4 corderos oveja⁻¹, respectivamente. Por su lado, Quintero *et al.* (2009) quienes trabajaron con corderas Blackbelly y Pelibuey tratadas con esponjas que contenían FGA; evaluaron tres dosis de PMSG (100, 200 y 400 UI) y previo o al retiro de la esponja (-48, -24 y 0 h). Para tiempo de aplicación encontraron una prolificidad 1.77, 1.90 y 2.06 corderos oveja⁻¹; mientras que para la dosis de PMSG el reporte fue de 1.77, 1.70 y 2.17, corderos oveja⁻¹, respectivamente. Adicionalmente, estos autores reportaron una prolificidad de 1.95 para la raza Blackbelly, mientras que para la raza Pelibuey fue de 1.88 corderos oveja⁻¹. En un estudio realizado por Hayatu *et al.* (2009) donde aplicaron diferentes dosis de Norgestomet y Valerato de Estradiol (1.5 y 2.5 vs 3 y 5 mg), reportaron una prolificidad de 1.4 y 1.0 corderos oveja⁻¹ para cada tratamiento. Por otro lado, Rekik *et al.* (2002) cuando evaluaron la inducción y sincronización de la ovulación en corderas con esponjas de FGA y eCG, la prolificidad para la inducción a la dosis 200 UI fue de 1.0

corderos oveja⁻¹ mientras que para 400 UI fue de 1.4 corderos oveja⁻¹. Para las mismas dosis pero en la sincronización, la prolificidad encontrada fue de 1.1 y 1.3 corderos oveja⁻¹, respectivamente. En otro experimento realizado por Ugalde y Sanginés (2002) cuando sometieron a corderas Pelibuey en pastoreo al efecto macho y efecto macho más suplementación reportaron una prolificidad de 1.46 y 1.25 corderos oveja⁻¹, respectivamente.

La aplicación de un dispositivo intravaginal de liberación prolongada de progesterona es común en la inducción y sincronización de la ovulación. Así, Sosa (2012) cuando aplicó CIDR, CIDR + somatotropina bovina recombinante (250 mg) y CIDR + eCG (300 UI), reportó una prolificidad de 2.08, 2.13 y 1.88 corderos oveja⁻¹ para los tres tratamientos. De igual forma, Fraire (2010) cuando trató a ovejas Pelebuey con Selenio y vitamina E en combinación con eCG y alimentación dirigida; reportó una prolificidad de 1.61 corderos oveja⁻¹.

La baja prolificidad encontrada en esta investigación pudo ser debida a que las corderas tienen un anestro estacional más marcado con diferencia de dos a tres meses respecto de las ovejas adultas, normalizándose cuando las ovejas jóvenes tienen su tercer parto (López *et al.*, 2005).

IX. CONCLUSIONES

La estrategia utilizada en el manejo del amamantamiento, restringido o continuo, aplicada a las ovejas adultas, no influyó en el inicio de la pubertad de sus corderas.

Las dietas alta en energía y proteína y normal proporcionadas a las corderas no influyeron en el inicio de la pubertad.

El amamantamiento restringido, tanto en la dieta alta como en la normal, es la forma de manejo más adecuado para las corderas de pelo ya que resultó en similar inicio de la pubertad respecto a las corderas de amamantamiento continuo. Por lo tanto se confirmó la hipótesis del estudio de que el amamantamiento restringido no interfiere en el comportamiento reproductivo de las corderas.

X. LITERATURA CITADA

- Abecia, A.J., F. Forcada y A. González-Bulnes. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 130: 173-179.
- Adam, L.C., P. A. Findlay, C. E. Kyle and P. Young. 1998. Effect of restricted nutrition on timing of puberty in female Soay sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 112: 31-37.
- Ainsworth, L., D-P. Heaney and J.N.B. Shreatha. 1991. Age at puberty, fertility and litter size of ewe lambs reared under different photoregimens. *Theriogenology* 36 (3): 401-409.
- Álvarez L., y S. Andrade. 2008. El efecto macho reduce la edad al primer estro y ovulación en corderas Pelibuey. *Archivos de Zootecnia* 57 (217): 91-94.
- Arroyo J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 829-845.
- Arroyo J., H. Magaña-Sevilla y M.A. Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 301-312.
- Awel H., Lisanework Eshetu, Gebrehiwot Tadesse, Alemselem Birhanu and S. K. Khar. 2009. Estrus synchronization in sheep with synthetic progestagens. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:1521–1524
- Bartlewski, M.P., A.P. Beard, S.J. Cook and N.C. Rawlings. 2002. Ovarian activity during sexual maturation and following introduction of the ram to ewe lambs. *Small Ruminant Research* 43: 37–44.
- Boulanouar, B., M. Ahmed, T. Klopfenstein, D. Brink, and J. Kinder. 1995. Dietary protein or energy restriction influences age and weight at puberty in ewe lambs. *Animal Reproduction Science* 40: 229-238.
- Camacho, R.J., Rodríguez, C.J., J.E. Hernández, H.J., Pró, M. A., Becerril, P. C., y Gallegos, S.J. 2008. Características reproductivas de ovejas pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* 16: 18-24.
- Cambellas, B. J. 1993. Comportamiento reproductivo en ovinos tropicales. *Revista Científica, FCV-LUZ* 111 (2): 135-141.
- Castillo M.P.P., Vaquera-Huerta, H., Tarango-Arámbula, L.A., Pérez-Hernández, P., Herrera-Corredor, A.C. y Gallegos-Sánchez, J. 2013. Restablecimiento de la

- actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. Archivos de Zootecnia 62 (239) 419-428.
- Ebling, P.J.F. 2010. Photoperiodic regulation of puberty in seasonal species. *Molecular and Cellular Endocrinology* 324: 95–101.
- Ebling, P.J.F. 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction* 129: 675-683.
- Ebling, P.J.F and D.L. Foster. 1988. Photoperiod requirements for puberty differ from those for the onset of the adult breeding season in female sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 84: 283-293.
- Estrada, M.G., Tintori B.C.R., Flores A.M., Corral G.F., Anchondo A.G., Rodríguez C.M., Grado A.A., Ramírez A. G. y Barceló M.F. 2009. Comportamiento reproductivo de ovejas primaras sincronizadas con diferentes fuentes de progesterona. Memorias de la XIX reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos. Mexicali Baja California, México.
- Fernández, A.D., Wilfredo Ibáñez y Miguel 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.
- Foster, L.D., and Jackson M.L. 2006. Puberty in the Sheep. Knobil and Neils. *Physiology of Reproduction*. Third edition. Pp. 2127-2168.
- Foster, L.D., and Jackson M.L., and Padmanabhan V. 2006. Programming of GnRH feedback controls timing puberty and adult reproductive activity. *Molecular and Cellular Endocrinology* 254–255: 109–119.
- Foster, L.D., J. P. Ebling and L. E. Claypool. 1988. Timing of puberty by photoperiod. *Reprod. Nutr. Develop.* 28 (2B): 349- 364.
- 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.
- Franco G.F.J., J. Hernández, O.A. Villareal Espinobarros, C. Quiroz Ruiz, J. Gallegos Sánchez y J.C. Camacho Ronquillo. 2012. Nota técnica: Variables productivas de corderos y ovejas Pelibuey inducidas al estro con hormonas exógenas y con diferentes tipos de amamantamiento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 20 (1-2) 47-53.
- Fuentes, L.J., T. Verdura y N. Perón. 1990. Crecimiento y pubertad en corderas Pelibuey, Suffolk x Pelibuey y Corriedale x Pelibuey. *Revista Cubana de Reproducción Animal* 16: 43-48.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Tercera edición. Ed. FOCET. Pp. 246.
- González B.A., A. López S., M.J. Cocero, J. Santiago M., R. M. García G. 2003. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memorias del "III Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción de Rumiantes". Colegio de Postgraduados. Pp. 1-15.
- González-Reyna, A., F.A. Lucero-Magaña, F. Briones-Encinia, J.F. Vázquez-Armijo, A. G. Limas-Martínez, J.C. Martínez-González. 2014. Factores que alteran la conducta de estro en ovejas de pelo sincronizadas con acetato de fluorogestona y gonadotropina de suero de yegua preñada. *Abanico Veterinario* 4(2):13-20.
- Hanon, A. E., Gerald A. Lincoln, Jean-Michel Fustin, Hugues Dardente, Mireille Masson-Pévet, Peter J. Morgan, and David G. Hazlerigg. 2008. Ancestral TSH Mechanism Signals Summer in a Photoperiodic Mammal. *Current Biology* 18 (15): 1147-1152.
- Hernández M.J.A. 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.
- Kenyon, R.P., P.C.H. Morel, S.T. Morris and D.M. West. 2008. A note on the effect of vasectomised rams and short-term exposures to entire rams prior to the breeding period on the reproductive performance of ewe lambs. *Applied Animal Behaviour Science* 110: 397-403.
- Kenyon, R.P., C. Viñoles and ST Morris. 2012. Effect of teasing by the ram on the onset of puberty in Romney ewe lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 55 (3): 283-291.
- Khalifa, I.E., M.E. Ahmed, Y.H. Hafez, O.A. El-Zolaky, K.M. Bahera, A.A. Abido. 2013. Age at puberty and fertility of Rahmani sheep fed on biological inoculated corn silage. *Annals of Agricultural Science* 58 (2): 163-172.
- King, J.B., S.M. Robertson, J.F. Wilkins, M.A. Friend. 2010. Short-term grazing of lucerne and chicory increases ovulation rate in synchronised Merino ewes. *Animal Reproduction Science* 121: 242–248.
- Kohno H., C. Okamoto, K. Iida, 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. *Journal of Reproduction and Development* 51: 805-812.
- Letelier, A.C., I. Contreras-Solis, R.A. García-Fernández, M.A. Sánchez, P. García-Palencia, B. Sánchez, C. Ariznavarreta, J.A.F. Tresguerres, J.M. Flores y A. González-Bulnes. 2011. Effects of oestrus induction with progestagens or

- prostaglandin analogues on ovarian and pituitary function in sheep. *Animal Reproduction Science* 126:61-69.
- López, S.A., A. González-Bulnes, J. Santiago-Moreno, A. Veiga-López, A. Toledano-Díaz e I. Contreras. 2005. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memorias del "IV Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción de Rumiantes". Colegio de Postgraduados. Pp. 1-22.
- López, S.A. 2001. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memorias del "II Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción de Rumiantes". Colegio de Postgraduados. Pp. 1-22.
- López, S.A. 1999. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memorias del "I Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción de Rumiantes". Colegio de Postgraduados. Pp. 95-105.
- López, S.A., Alonso de Miguel, M., y A. Gómez B. A. 1985a. Características del comienzo de la pubertad en corderas Manchegas mediante la estimulación por machos en estación desfavorable. *Anales INIA* 22: 167-181.
- López, S.A., A. Gómez B., A. Pinilla y B. Cabellos 1985b. Influencia de la época de nacimiento y el efecto de los machos sobre la aparición de la pubertad en corderas Manchegas. *ITEA* 58: 45-49.
- Malpoux B., C. Viguié, D.C. Skinner, J.C. Thiéry, J. Pelletier, P. Chemineau. 1996. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science* 42: 109- 117.
- Martin, B.G., T.B. Milton, R.H. Davidson, G.E. Banchemo Hunzicker, D.R. Lindsay, D. Blache. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 82–83: 231–246.
- Morales-Terán, G., A. Pro-Martínez, B. Figueroa-Sandoval, C. Sánchez-del-Real y J. Gallegos-Sánchez. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia* 38: 165-171.
- Ozyurtlu N., I. Kucukaslan and Y. Cetin. 2010. Characterization of oestrous induction response, oestrous duration, fecundity and fertility in Awassi ewes during the Non-breeding season utilizing both CIDR and intravaginal sponge treatments. *Reproduction in Domestic Animals* 45: 464–467.
- Pascual-Córdova, A., J. Oliva-Hernández, D. Hernández-Sánchez, G. Torres-Hernández, M.E. Suárez-Oporta, J.A. Hinojosa-Cuéllar. 2009. Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. *Arch. Med. Vet.* 41: 205-212.

- Pérez H.P., V.M. Hernández Valdez, B. Figueroa Sandoval, G. Torres Hernández, P. Díaz Rivera y J. Gallegos Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica postparto de ovejas Pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Revista Científica, FCV-LUZ* 19(4): 343-349.
- Piñeiro-Vázquez, T.A., J. Oliva-Hernández, J.A. Hinojosa-Cuéllar. 2009. Uso de suplementación mineral con monensina sódica en corderas Pelibuey durante el crecimiento postdestete. *Arch. Med. Vet.* 41: 35-41.
- Polkowska, J., Y. Lerrant, M. Wańkowska, A. Wójcik-Gładysz, A. Starzec and R. Counis. 2003. The effect of dietary protein restriction on the secretion of LH and FSH in pre-pubertal female lambs. *Animal Reproduction Science* 76: 53-66.
- Porras, A.A., Zarco, Q.L., y Valencia, M. J. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia Veterinaria* 9(4):1-33.
- Quintero E.J.A., Macías C.U., Álvarez V.F.D., Hernández R.J.A., Avendaño R.L., Correa C.A., Hernández M.J. y Lucero M.F.A. 2009. Actividad estrual y ovárica en corderas de pelo tratadas con acetato de fluorogestona y gonadotropina de suero de yegua preñada. *Memorias de la XIX reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos. Mexicali Baja California, México.*
- Quintero-Elisea J.A., Ulises Macías-Cruz, Francisco D. Álvarez-Valenzuela, Abelardo Correa-Calderón, Arnoldo González-Reyna, Froylan A. Lucero-Magaña, Sergio A. Soto-Navarro, Leonel Avendaño-Reyes. 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.
- Recabarren, E.S., A. Lobos, V. Torres, R. Oyarzo and T. Sir-Petermann. 2004. Secretory patterns of leptin and luteinizing hormone in food-restricted young female sheep. *Biol. Res.* 37: 371-384.
- Recabarren, E.S., A. Lobos, O. Poblete, P. Muñoz, J. Parilo. 2003. Secreción pulsátil diurna de la hormona folículo estimulante (FSH) en ovejas prepúberes con y sin restricción alimenticia. *Arch. Med. Vet.* 35 (2): 151-158.
- Rekik M., Narjess Lassoued, Chafia Yacoubi. 2002. Reproductive performances in ewe lambs of the Queue Fine de l'Ouest breed and their D'Man crosses following synchronisation. *Small Ruminant Research* 45: 75–78.
- Robinson, J.J. 1996. Nutrition and reproduction. *Animal Reproduction Science* 42: 25-34.
- Rosales, N.C.A., M.B. Ferguson, C.A. Macleay, J.R. Briegel, D.A. Wood, G.B. Martin, A.N. Thompson. 2013. Ewe lambs with higher breeding values for growth achieve higher reproductive performance when mated at age 8 months. *Theriogenology* 80: 427-435.

- SAGARPA. 2013. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Producción de carne ovina. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganadería/Documents/MANUALES%INIFAP/Manual%20Producción%20de%20Carne%20Ovina.pdf>
- Santiago, M.J., A. Gómez Brunet, A. González de Bulnes, D. Villar and A. López Sebastián. 2000. Attainment of Puberty in the European Mouflon (*Ovis gmelini musimon*) and the Domestic Manchega Ewe (*Ovis aries*). *Reproduction Domestic Animal* 35: 49-52.
- SAS, 2011. JMP. Statistic visual. Versión 9.2 institute inc. Campus Drive. Cary. NC. 27517.
- Schillo, K.K., J B Hall and S M Hileman. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science* 70:3994-4005.
- Sepúlveda, G.N., J. Risopatrón, J. Oberg y A. Neumann. 2001. Suplementación pre y post parto en ovejas. Efecto sobre la pubertad y actividad reproductiva de sus hijas. *Archivos de Medicina Veterinaria* 33: 89-96.
- Smith, T.J., and Iain J. Clarke. 2010. Seasonal breeding as a neuroendocrine model for puberty in sheep. *Molecular and Cellular Endocrinology* 324: 102–109.
- Sosa, P.G. 2012. Somatotropina bovina recombinante (rbST) en la sincronización de estros y prolificidad de ovejas Pelibuey. Tesis de Maestría. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, estado de México.
- Stellflug, N.J., P.G. Hatfield, M.C. Wulster-Radcliffe, J.W. Walker. 2001. Reproductive performance of ewe lambs from ewes from different selection practices with or without induced estrus. *Animal Reproduction Science* 66: 185-193.
- Sunderland, J.S., D. O'Callaghan M.P. Boland, and J.F. Roche. 1995. Effect of photoperiod before and after birth on puberty in ewe lambs. *Biology of Reproduction* 53: 1178-1182.
- Suttie, M.J., D. L. Foster, B. A. Veenvliet, T. R. Manley and I. D. Corson. 1991. Influence of food intake but independence of body weight on puberty in female sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 92: 33-39.
- Ugalde, R.P.J y José Roberto Sanginés García. 2002. Respuesta al efecto macho de primas Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Tec. Pec. Mex.* 40 (3): 309-317.
- Urrutia, M.J., Ochoa, C. M.A., y Peiiuelas, G.G. 1998. Efecto de la época de nacimiento en la edad al primer estro en corderas Rambouillet. *Téc. Pec. Mex.* 36: 15-23.

- Valasi, I., S. Chadio, G.C. Fthenakis, G.S. Amiridis. 2012. Management of pre-pubertal small ruminants: Physiological basis and clinical approach. *Animal Reproduction Science* 130: 126-134.
- Valencia J., Antonio Porras, Octavio Mejía, José Manuel Berruecos, Jahel Trujillo y Luis Zarco. 2006. Actividad reproductiva de la oveja pelibuey durante la época del anestro: influencia de la presencia del macho. *Revista Científica, FCV-LUZ* 16 (2): 136-141.
- Villeneuve, L., D. Cinq-Mars and P. Lacass. 2010a. Effects of restricted feeding of prepubertal ewe lambs on growth performance and mammary gland development. *Animal* 4: 944-950.
- Villeneuve, L., D. Cinq-Mars and P. Lacass. 2010b. Effects of restricted feeding of prepubertal ewe lambs on reproduction and lactation performances over two breeding seasons. *Animal* 4: 1997–2003.
- Wańkowska, M., T. Misztal, K. Romanowicz, A. Wójcik-Gładysz, J. Polkowska. 2008. The intrapituitary endocrine events during maturation and timing of puberty in the female sheep. *Animal Reproduction Science* 105: 258–271.
- Wood, I.R., and Douglas L. Foster. 1998. Sexual differentiation of reproductive neuroendocrine function in sheep. *Reviews of Reproduction* 3: 130-140.
- Zavala, E.R., Jorge R. Ortiz, O.J., Ramón, U.J., Montalvo M. P., Sierra, V. A., y Sanginés G. J. 2008. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco. *Zootecnia Tropical* 26 (4): 465-473.