



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DEL FOTOPERIODO INHIBITORIO SOBRE LA EDAD A  
LA PUBERTAD EN CORDERAS PELIBUEY HIJAS DE OVEJAS  
CON ACTIVIDAD REPRODUCTIVA CONTINUA O ESTACIONAL

**TESIS**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

**RODRIGO GONZÁLEZ GÓMEZ**

Asesores:

**Dr. Javier de Jesús Valencia Méndez**  
**M en C Antonio Roldán Roldán**



**México, D.F.**

**2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVINOCULTURA.....	4
2.2 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS OVINOS DE PELO.....	7
2.3 ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA.....	8
2.3.1 ACTIVIDAD REPRODUCTIVA.....	11
2.3.1.1 Actividad estral.....	12
2.3.1.2 Actividad ovulatoria anual en la oveja Pelibuey....	13
2.3.2 PUBERTAD EN LA OVEJA PELIBUEY.....	15
2.3.2.1 Factores que determinan el inicio de la pubertad..	16
2.3.2.1.1 Edad y Peso.....	16
2.3.2.1.2 Interacciones sociales.....	19
2.3.2.1.3 Fotoperiodo.....	20
2.3.2.1.4 Raza.....	24
2.3.3 BASES NEUROENDÓCRINAS DE LA PUBERTAD.....	24
2.3.3.1 Glándula pineal y melatonina.....	27
3. HIPÓTESIS.....	30
4. OBJETIVOS.....	30
4.1 Objetivo general.....	30
4.2 Objetivos específicos.....	30
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
5.1 Localización.....	31
5.2 Metodología.....	31
5.3 Análisis estadístico.....	35
6. RESULTADOS.....	37
7. DISCUSIÓN.....	44
8. CONCLUSIÓN.....	51
9. LITERATURA CITADA.....	52

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Descripción de las variables estudiadas.....Pág. 35

Cuadro 2. Edad, peso y condición corporal a la primera ovulación, peso al nacimiento, peso al destete, DPNPD, DPDP1aov, GDP y RDC en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua y estacional..... Pág. 39

Figura 1. Manejo del fotoperiodo en las corderas desde el nacimiento hasta el momento que iniciaron la pubertad.....Pág. 32

Figura 2. Fecha de la primera ovulación en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua y estacional.....Pág. 40

Figura 3. Regresión lineal de la correlación entre el diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación con la edad a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua.....Pág. 41

Figura 4. Regresión lineal de la correlación entre el diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua.....Pág. 41

Figura 5. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua.....Pág. 42

Figura 6. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso y la edad a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional.....Pág. 42

Figura 7. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso y la condición corporal a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional.....Pág. 43

## DEDICATORIA

Mi Madre

Por ser la persona que me ha brindado en todo momento su apoyo durante la vida y que gracias a ella he podido llegar a culminar este gran logro en mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Antonio Roldán Roldán por todo su apoyo, enseñanza y amistad, gracias por ser un gran maestro, pero como persona y amigo mucho mejor.

Al Dr. Javier de Jesús Valencia Méndez por permitirme formar parte de este proyecto, así como por todo el apoyo brindado como asesor.

Al Dr. Antonio Ismael Porras Almeraya por todos los consejos y apoyo para enriquecer mi trabajo.

Al Dr. Juan Alberto Balcázar Sánchez por el apoyo y la orientación durante el desarrollo de mi trabajo.

Al Dr. José Luis Cerbón Gutiérrez por sus consejos y correcciones para mejorar mi trabajo.

A la Dra. Clara Murcia Mejía por el apoyo brindado en el laboratorio para el análisis de las muestras.

Al Dr. José Manuel Berruecos por el apoyo en el análisis estadístico de mi trabajo.

A mis amigos Pablo, Juan, Sheila, Ariana, Lalo, Dinorah, Karla, Diego, Luisa, Mirtha, Alejandra, Diana, Lety, Mayra, porque de alguna manera me apoyaron durante el desarrollo de mi trabajo.

A mis amigas Stephanie y Roxana por todos esos momentos de apoyo y diversión durante toda la carrera.

A todos los Doctores que fueron parte de mi formación académica durante toda la carrera.

Al Proyecto PAPIIT IN 219115 por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta tesis.

## RESUMEN

**GONZÁLEZ GÓMEZ RODRIGO.** Efecto del fotoperiodo inhibitorio sobre la edad a la pubertad en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua o estacional (Asesores: Dr. Javier de Jesús Valencia Méndez y M en C Antonio Roldán Roldán).

Se determinó el efecto del fotoperiodo inhibitorio sobre la edad a la pubertad en corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua o estacional. Se utilizaron 16 corderas Pelibuey, 9 hijas de ovejas con actividad reproductiva continua (ARC) y 7 hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional (ARE), nacidas fuera de temporada (otoño: sept-oct, 2012). Desde su nacimiento se mantuvieron en fotoperiodo natural y a partir del 21 de junio del siguiente año (2013), las corderas que no iniciaron la pubertad (1ª ovulación), se mantuvieron en fotoperiodo artificial constante de solsticio de verano. Se midió semanalmente el peso, la condición corporal y se tomaron muestras sanguíneas para determinar el inicio de la actividad ovárica mediante progesterona. Se analizó el efecto de grupo (hija de oveja estacional o continua) en las variables respuesta: edad, peso, condición corporal a la primera ovulación, diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación (DPDP1aov) y la ganancia diaria de peso mediante ANOVA para muestras independientes con un muestreo al azar. Se realizó análisis de correlación entre cada grupo en las variables antes mencionadas. La edad a la pubertad fue de (promedio  $\pm$  e.e.)  $249 \pm 6$  días, siendo menor ( $P=0.0116$ ) en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua ( $236 \pm 5$  días) que en las hijas de las estacionales ( $267 \pm 9$  días). En el grupo de corderas hijas de ovejas con ARC las correlaciones significativas que se encontraron fueron: edad a la primera ovulación con el DPDP1aov ( $0.707$ ,  $P \leq 0.05$ ), peso a la primera ovulación con el DPDP1aov ( $0.862$ ,  $P \leq 0.01$ ) y el peso a la primera ovulación con la GDP ( $0.768$ ,  $P \leq 0.05$ ). En el grupo de corderas hijas de ovejas con ARE las correlaciones significativas que se encontraron fueron: la edad a la primera ovulación con la GDP ( $-0.757$ ,  $P \leq 0.05$ ) y la condición corporal a la primera ovulación con la GDP ( $0.915$ ,  $P \leq 0.01$ ). Los resultados indican que bajo condiciones de fotoperiodo de días largos, las corderas hijas de ovejas con ARC alcanzan la pubertad 30 días antes que las estacionales, sin que exista diferencia de peso entre ellas. La característica de actividad reproductiva de las madres (continua o estacional) tiene un efecto directo sobre la edad a la pubertad en corderas Pelibuey. La edad a la pubertad en corderas Pelibuey nacidas fuera de temporada es menor en las hijas de ovejas continuas que en las hijas de ovejas estacionales, al ser expuestas a un fotoperiodo inhibitorio natural (días crecientes) y a un fotoperiodo artificial inhibitorio constante (días largos).

# 1. INTRODUCCIÓN

La oveja es una especie con reproducción estacional, que durante la época de días largos presenta un periodo de anestro y durante los días cortos mantiene su época de reproducción (Hafez, 1952). Para sincronizar su período fértil, utiliza las señales ambientales, de las muchas variables ambientales disponibles, el fotoperiodo es el agente indicador empleado para este fin (Karsch *et al.*, 1984). El fotoperiodo sincroniza el ciclo reproductivo anual de las ovejas, información que utilizan para identificar la época del año (Malpaux *et al.*, 1999).

Esta estrategia reproductiva varía dependiendo del origen de la raza, siendo la estacionalidad más marcada en las razas que se localizan en latitudes mayores a los 35° y disminuyendo conforme se acercan al ecuador (< 35°) (Hafez, 1952). Así por ejemplo, diversos estudios (Trujillo, 2005; Porras, 2005; Arroyo *et al.*, 2007) han encontrado que algunas ovejas de la raza Pelibuey que habitan en latitudes <35° son capaces de manifestar actividad reproductiva durante la época de anestro, lo que permite considerar a estos individuos como reproductores continuos (Valencia *et al.*, 2010).

Se ha encontrado que el fotoperiodo influye en la pubertad, ya que hay diferencias en la edad a la pubertad en corderas nacidas en diferentes épocas del año. (Foster, 2006).

Los principales factores que influyen en la presentación de la pubertad en las ovejas son: a) Edad: en la cordera ocurre entre los 6 y 15 meses (Foote *et al.*, 1970; Rodríguez, 1991; Balcázar, 1992; Foster, 2006). b) Peso corporal: la cordera debe alcanzar el 60% de su peso adulto (Rodríguez, 1991; Foster,

2006). c) Interacciones sociales: la exposición del carnero a un grupo de corderas puede adelantar la edad a la pubertad (Álvarez y Andrade, 2008), lo que se conoce como “efecto macho”. d) Raza: se ha informado de la existencia de diferencias raciales en la edad y peso corporal a la pubertad en la oveja (Hafez, 1952) y e) Fotoperiodo: las corderas que nacen durante la primavera iniciarán su época reproductiva durante los días cortos del otoño de ese mismo año, mientras las que nacen en otoño (días cortos) comienzan su actividad reproductiva en el otoño del siguiente año (Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>)

Se conoce que no solamente hay diferencias entre razas en el grado de estacionalidad sino que también existen variaciones dentro de la misma raza. Por ejemplo, en la oveja Pelibuey se ha descrito que algunas hembras, entre el 15% (Valencia *et al.*, 1981; Heredia *et al.*, 1991) y el 80% (Cruz *et al.*, 1994) pueden ciclar durante la época de anestro. Estas ovejas consideradas “continuas” se postula que; o no responden al fotoperiodo o lo interpretan de forma diferente, por lo que es posible que también sus hijas no respondan al fotoperiodo e inicien la pubertad antes que las hijas de ovejas estacionales. Dado que en la actualidad se cuenta con ovejas Pelibuey identificadas con actividad ovárica continua (Valencia *et al.*, 2010), por tal motivo el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del fotoperiodo inhibitorio sobre la edad a la pubertad en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua o estacional, para investigar si este evento puede ser un indicador de actividad reproductiva continua en su vida adulta.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVINOCULTURA EN MÉXICO**

En los inicios del siglo pasado, cuando se fraccionaron las grandes superficies de pastoreo, transformándolas en áreas de cultivo, y por la fragmentación de los rebaños ovinos, se afectó en gran medida a la producción y productividad nacional, marginándola a los sectores más pobres de la población. La ovinocultura se orientó básicamente a unidades de producción de subsistencia y en muchos casos, se convirtió en una actividad secundaria o complementaria, pues difícilmente un ovinocultor podía subsistir íntegramente de los ingresos que le generaba esta actividad (Cuellar, 2007).

Como resultado de lo anterior, el censo ovino nacional se ha mantenido con pocos cambios en las últimas tres décadas; según cifras aportadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2008).

La población aproximada de ovinos en nuestro país en el 2008 fue de 7,757, 267 cabezas, siendo esta especie una de las de menor trascendencia económica en México, ya que desde 1999 hasta el 2008 no se vio un incremento en la población mayor al 4%. El estado con mayor población ovina en el 2008 fue Hidalgo, con un total de 1,484,488 cabezas: seguido por el Estado de México con 1,005,466 cabezas y Oaxaca con 565,112 cabezas (SAGARPA, 2008).

En el país, los ovinos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: el 52% en la región centro, con gran parte de razas de lana productoras de carne: Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset; el 23% del inventario en la zona

sureste con ganado de pelo (cruzas de Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper); en la región occidente, alrededor del 14% con 5 rebaños de razas de pelo, cruzadas con razas de lana; y el 11% restante se encuentra en la región norte, donde existen básicamente inventarios de Rambouillet y cruzas de ganado de pelo. De la información anterior destaca el hecho que en la última década el ovino de pelo ha predominado en México (Arteaga, 2007).

Los genotipos de pelo predominantes en las regiones tropicales de México hasta mediados de la década de los años noventa fueron los pertenecientes a las razas Pelibuey y Blackbelly (Segura, 1996), debido a que la ovinocultura de traspatio estaba orientada a complementar la economía familiar, por lo que se desarrollaba en sistemas extensivos de producción. En la actualidad, se observa un incremento constante del sector y estas razas se han distribuido a lo largo de las costas del Golfo de México y del Pacífico, e incluso en diferentes lugares con clima templado (Cruz, 1995), siendo la raza Pelibuey la más abundante.

La orientación de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, obteniéndose altos precios en pie y canal en comparación con otras especies pecuarias. Esta producción en los últimos 10 años, ha mostrado un incremento promedio anual del 3.6%, siendo más elevado a partir de 1999, año en el que se logró una producción de alrededor de 30 mil toneladas de carne, para cerrar en el 2006 con 47,583 toneladas (Arteaga, 2007). Aun así, México ha sido deficitario en carne de ovino, recurriendo a las importaciones para complementar el abasto, aunque en los últimos años esta tendencia ha ido disminuyendo. En el año 2000, el porcentaje que representaron las importaciones fue del 61% con 52,300 toneladas, mientras

que en el 2006 la importación de carne fue del 42.4% con 35 mil toneladas (Arteaga, 2007).

En este sentido, el factor más importante que determina la rentabilidad de una empresa es su eficiencia productiva. Por tal motivo, la mayoría de los productores de ovinos buscan obtener la mayor cantidad de crías (prolificidad), con el mayor número de partos (fertilidad), en el menor tiempo (intervalo entre partos) y con la mayor frecuencia posible (partos/año), aunado a una elevada sobrevivencia de las crías y al menor costo de producción (Esquivel, 2008).

Una de las principales problemáticas a las que se enfrentan la mayoría de las empresas ovinas para lograr esto es la estacionalidad reproductiva.

Este comportamiento trae como consecuencia que la mayoría de las ovejas paran una vez al año, al mismo tiempo limitando la distribución uniforme de corderos al mercado, reduciendo la disponibilidad del flujo de efectivo a lo largo del año y mermando la productividad y rentabilidad de las empresas ovinas (Esquivel, 2008).

Lo anterior, conduce a que generalmente se recurra a la inducción de la actividad reproductiva durante los meses del anestro utilizando manejos del fotoperiodo, efecto macho y en particular tratamientos hormonales, siendo contrario a la tendencia actual de una producción limpia, verde y ética (Martin, 2005).

Para contrarrestar esta problemática, algunos productores han optado por incluir en sus rebaños ovejas de razas tropicales, como la Pelibuey, para utilizarlas como razas maternas por la amplia capacidad de reproducirse durante todo el año (Cuellar, 2007). Para poder llevar a cabo esto, es importante profundizar en el estudio de la reproducción de esta raza, por lo que

este trabajo contribuirá a conocer mejor el inicio de la actividad reproductiva de la cordera Pelibuey, es decir la pubertad, ya que de ésta dependerá el inicio de la vida productiva de la oveja (Zavala *et al.*, 2008).

## **2.2 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS OVINOS DE PELO**

Los ovinos de pelo son originarios del Oeste de África y fueron transportados a América por los españoles y portugueses en los siglos XVI y XVII. Existen dos tipos principales de ovinos de pelo en el Oeste de África, la raza Sahel u oveja de patas largas, originaria del trópico seco, y la de patas cortas o tipo miniatura, que tiene su origen en el trópico húmedo y los bosques. La oveja de patas cortas es también llamada “oveja de la sabana”. Se sabe que de manera general las ovejas de pelo de América descienden de la oveja de la sabana. Sin embargo, las variaciones fenotípicas sugieren que las ovejas de pelo de América tienen su origen en los dos tipos de ovejas africanas, pues poseen características de ambas razas (González *et al.*, 1991).

Las razas de pelo predominantes en México son la Pelibuey y la Black Belly. La raza Pelibuey se encuentra en mayor número, ya que del 90 a 95 % de la población de ovejas de pelo en México son de esta raza (González *et al.*, 1991). Las ovejas de pelo en México se encuentran distribuidas en las regiones áridas y semiáridas (Tamaulipas) hasta el trópico húmedo (Tabasco y Chiapas), incluyendo algunas áreas subtropicales (Puebla). Las dos razas están distribuidas desde la costa Este de Tamaulipas a la península de Yucatán, en algunas de las áreas tropicales del centro de México y en la costa Oeste (González *et al.*, 1991).

En México existe variabilidad en el color del pelo de la oveja Pelibuey, el cual varía del blanco al rojo claro y café oscuro, con todas las combinaciones posibles de colores entre el blanco y rojo. En ocasiones, aparecen las características de la raza Black Belly debido a las cruces entre las dos razas. La frente de la oveja Pelibuey es recta, redonda y ancha, con un perfil convexo o semiconvexo y la cavidad de los ojos prominente, con depresiones en la parte trasera de los arcos de los ojos. Las orejas son cortas, puntiagudas y erectas. El cuello en el macho es fuerte, redondeado y corto, con una crin más oscura. En la hembra, el cuerpo es esbelto, no existe crin ni papada; el cuello es más delgado y más largo que en el macho y la cabeza es más pequeña (González *et al.*, 1991).

### **2.3 ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA**

Las ovejas de origen europeo en general muestran variaciones estacionales en su actividad reproductiva, interrumpiendo completamente su actividad estral y ovulatoria durante la primavera y el verano. Los cambios en la duración del día a lo largo del año regulan este evento, a través de la variación en la secreción de gonadotropinas, particularmente LH (Gallegos *et al.*, 1997). De esta manera, el ciclo reproductivo anual de la oveja se integra por una época reproductiva u ovulatoria y una anovulatoria o de anestro. En la mayoría de las razas ovinas la época reproductiva inicia a finales del verano y se caracteriza por ciclos estrales sucesivos de 17 días aproximadamente. La época de anestro inicia a finales del invierno y se caracteriza por la ausencia de ciclos ováricos (Legan y Karsch, 1979).

En general, es común que las razas ovinas originarias de latitudes extremas ( $\geq 35^\circ$ ) tengan un anestro estacional superior a los cinco meses de duración y en ocasiones hasta de ocho meses, mientras que en las razas originarias de latitudes bajas (menores a los  $35^\circ$ ) este periodo no suele superar los tres meses (Lindsay, 1991).

Scott (1977) ha clasificado a las razas ovinas por la duración de su época reproductiva en: a) Razas con estación reproductiva larga (algunos individuos pueden presentar actividad ovulatoria aun durante la época de anestro, aunque su incidencia es baja), como la Rambouillet, Merino, Dorset, y razas exóticas que se han desarrollado en regiones ecuatoriales; b) Razas con estación reproductiva corta o restringida: Suffolk, Southdown, Cheviot, Shropshire, y razas de lana larga que se originaron en Inglaterra y Escocia; y c) Razas con estación reproductiva intermedia: Hampshire, Columbia, Corriedale, y todas las cruces que involucren ovejas de lana fina o Dorset.

Los componentes esenciales del eje hipotálamo-hipófisis-ovario permanecen funcionales en las ovejas durante el anestro estacional. Los folículos ováricos se desarrollan y producen esteroides, pero no hay ovulación ni ciclos estrales regulares (Legan y Karsch, 1979). Sin embargo, se sabe que durante el anestro el ovario y la hipófisis son capaces de responder a estímulos hormonales exógenos (Scaramuzzi y Baird, 1977).

Numerosos estudios en ovejas, muestran que en la etapa de transición de la época reproductiva al anestro, al ocurrir la regresión del cuerpo lúteo del último ciclo estral, ya no se presenta un incremento sostenido en la secreción pulsátil de LH, con lo cual no se produce un incremento en las concentraciones de estradiol de magnitud suficiente para provocar la oleada preovulatoria de LH,

iniciándose así el anestro (Legan y Karsch, 1979). De manera contraria, en el periodo de transición del anestro a la época reproductiva existe un periodo de 1 a 4 semanas antes del primer ciclo estral, durante el cual ocurren una o dos fases de aumento en la frecuencia de los pulsos de LH y en la concentración de estradiol. El inicio de la época reproductiva en el hemisferio norte ocurre por lo general en el mes de septiembre en razas como la Suffolk (I'Anson y Legan, 1988).

La disminución en la secreción de LH durante el anestro es una consecuencia de la acción de retroalimentación negativa que ejerce el estradiol a nivel hipotalámico. Esto se demostró en los estudios realizados por Legan *et al.* (1977) en ovejas ovariectomizadas tratadas con un implante subcutáneo de estradiol, en las cuales se evaluó el cambio en la secreción de LH por un periodo de dos años. Se observó que la frecuencia de los pulsos de LH se mantuvo elevada en los meses de agosto a febrero, y se redujo considerablemente de marzo a julio. Estos cambios en la concentración hormonal se asocian con la época reproductiva y de anestro, respectivamente. De esta manera, se demostró la acción inhibitoria que ejerce el estradiol en la frecuencia de los pulsos de LH durante la época de anestro, así como la influencia que ejerce el fotoperiodo en esta respuesta fisiológica de la oveja (Goodman *et al.*, 1982).

En estudios posteriores (Barrell *et al.*, 1992; Karsch *et al.*, 1993) se demostró que la disminución en la síntesis y secreción de GnRH a nivel hipotalámico es lo que origina la disminución en la frecuencia de pulsos de LH durante el anestro estacional, por el efecto de la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol y que ocurre al aumentar la duración del fotoperiodo.

### **2.3.1 ACTIVIDAD REPRODUCTIVA**

Desde los años cincuenta Hafez (1952) mencionó que las ovejas de origen ecuatorial presentaban una reducida estacionalidad reproductiva e incluso ausencia de la misma, siendo capaces de reproducirse todo el año. Esa afirmación se aplicó posteriormente a los primeros rebaños de ovejas Pelibuey en México, al observarse una reducción en la actividad estral durante los meses de febrero a mayo, la cual se atribuyó a deficiencias nutricionales y factores ambientales como la temperatura y la humedad (González *et al.*, 1991; Heredia *et al.*, 1991; González *et al.*, 1992), ya que los investigadores asumieron erróneamente que las variaciones en el fotoperiodo en México eran demasiado pequeñas para ser responsables de los cambios reproductivos estacionales.

Estos autores consideraron que la oveja Pelibuey no tenía un anestro verdadero, sino “periodos de actividad estral reducida” en los meses de la primavera (Castillo *et al.*, 1972; Valencia *et al.*, 1981; González *et al.*, 1991; Cruz *et al.*, 1994). Sin embargo, en México, se ha considerado la época de anestro en esta raza al periodo comprendido entre los meses de enero a abril, en los que la presentación de celos varía entre el 15% (Heredia *et al.*, 1991) y el 17% (Valencia *et al.*, 1981).

Un hecho relevante, es que se observa que en todos los casos existe una proporción, aunque sea pequeña, de ovejas Pelibuey que muestran actividad estral regular durante los días largos. Esto sugiere que algunas ovejas Pelibuey pueden tener actividad estral durante la época de anestro estacional (Arroyo, 2006).

### 2.3.1.1 Actividad estral

En México, los primeros estudios de seguimiento de la actividad estral de ovejas Pelibuey se realizaron en Yucatán (21° 6' N), en donde de enero a abril sólo un 17% de las ovejas manifestó celo, en contraste con un 95% de actividad estral de mayo a agosto y un 100% de septiembre a diciembre; en este estudio se concluyó que la oveja Pelibuey presenta estacionalidad en esta latitud independientemente de factores nutricionales (Valencia *et al.*, 1981).

En un estudio similar (Heredia *et al.*, 1991), se realizó el seguimiento en Yucatán de la actividad estral de la oveja Pelibuey mantenida bajo condiciones controladas de alimentación y se observó que 15% de las ovejas manifestaban estro en los meses de marzo a mayo, mientras que de agosto a diciembre 90% de las ovejas presentaron celo.

Los autores en ambos casos señalan que las diferencias en la presentación de estros durante el año constituyen una evidencia que el fenómeno de estacionalidad se manifiesta en las ovejas Tabasco mantenidas en la península de Yucatán. González *et al.* (1992) en Tamaulipas (22° 06' N) hicieron el seguimiento de la actividad estral de ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones constantes de nutrición. En este estudio la actividad estral de las ovejas fue menor en el mes de abril (24%) que en agosto (97%). Los autores mencionan que las variaciones en la actividad estral anual no involucran la existencia de un anestro estacional y que dichas variaciones pueden deberse a factores ambientales como la humedad y la temperatura propios de esa región. En Veracruz (20° 4' N), en un clima de trópico húmedo, Cruz *et al.* (1994) observaron que la actividad estral de las ovejas Pelibuey mantenidas en pastoreo y suplementadas con sales minerales fue del 81% en el mes de abril y

del 100% en agosto. En este estudio se concluyó que no hay diferencia en la presentación de estros atribuibles a la época del año y que esta raza es capaz de presentar celo durante todo el año.

### **2.3.1.2 Actividad ovulatoria anual en la oveja Pelibuey**

Martínez *et al.* (1995) determinaron la actividad ovulatoria, los cambios de peso y condición corporal durante un año en ovejas Pelibuey en pastoreo, bajo clima tropical subhúmedo (20° N). Se observó una disminución significativa en la actividad ovulatoria de las ovejas en abril (75%) y mayo (50%) mientras que el 100% de las ovejas se mantuvieron ovulando durante el resto del año, a pesar que en abril y mayo los pesos y condición corporal fueron más altos que en otras épocas, por lo que los autores sugirieron que el anestro podría estar controlado por variaciones en el fotoperiodo. Es clara la disminución en la actividad ovulatoria de las hembras en abril y mayo, pero de manera similar a los estudios previamente descritos (Valencia *et al.*, 1981; Heredia *et al.*, 1991; González *et al.*, 1992 y Cruz *et al.*, 1994), una proporción de ovejas Pelibuey muestra actividad reproductiva todo el año.

Los estudios anteriores demuestran que existe una disminución en la actividad ovulatoria y estral de las ovejas Pelibuey durante los días largos, y que es independiente del estado nutricional. Sin embargo, con los trabajos anteriores, no se demostró directamente si esta raza era sensible a cambios en la duración del fotoperiodo y si este estímulo ambiental podría regular su actividad ovulatoria (Arroyo, 2006).

Para observar si la estacionalidad reproductiva estaba controlada por el fotoperiodo, Porras (1999) sometió por dos años a un grupo de ovejas Pelibuey

a fotoperiodo artificial alterno, 16 horas luz/8 horas de oscuridad, seguidos de 16 horas oscuridad/8 horas luz, por periodos de 90 días cada uno, encontrando que con el primero la actividad ovulatoria era inhibida, mientras que el segundo la estimulaba.

Lo anterior conduce a la conclusión que la oveja Pelibuey expresa anestro estacional real influenciado por el fotoperiodo (Porras, 1999). Sin embargo, el fotoperiodo artificial aplicado en el experimento anterior fue extremo, característico de latitudes altas (>35°); por lo tanto, se consideró necesario evaluar la respuesta de las ovejas Pelibuey a variaciones artificiales graduales en el fotoperiodo y menos drásticas, simulando las que ocurren de manera natural a 19° Lat. N, en donde la diferencia anual entre el día más corto y el más largo es de dos horas, 18 minutos (Arroyo, 2006).

Con estos antecedentes, Cerna *et al.* (2000) realizaron un estudio con ovejas Pelibuey, por dos años, en condiciones ambientales y de manejo similares al estudio de Porras (1999), pero con un manejo distinto del fotoperiodo artificial. Así, un grupo de ovejas se mantuvo en condiciones naturales (grupo control), mientras que el otro grupo fue expuesto a un fotoperiodo artificial inverso (grupo experimental), el cual se ajustaba gradualmente de forma tal que la relación luz - oscuridad fuera contraria a la que ocurría de manera natural. Los resultados mostraron que las ovejas mantenidas en condiciones naturales presentaron periodos de anestro de enero a julio, mientras que el fotoperiodo inverso modificó el ciclo reproductivo anual de las ovejas Pelibuey, de manera que su época de actividad ovulatoria se adelantó cinco meses en comparación con el grupo mantenido en fotoperiodo natural (Cerna *et al.*, 2000).

Esto demostró que las variaciones en el fotoperiodo que se presentan en la latitud del centro de México (19° Lat. N) si son suficientes para controlar la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey (Cerna *et al.*, 2000), aunque los efectos del fotoperiodo fueron más drásticos cuando se emplearon fotoperiodos extremos (Cerna *et al.*, 2000).

Es importante mencionar que en los estudios de Porras (1999) y Cerna *et al.* (2000), dos y tres ovejas, respectivamente, mostraron actividad ovulatoria continua independientemente de los cambios en el fotoperiodo, lo que sugería que podrían existir diferencias individuales (posiblemente genéticas) en la forma en que los animales responden al fotoperiodo (Cerna *et al.*, 2000).

### **2.3.2 PUBERTAD EN LA OVEJA PELIBUEY**

La pubertad en las ovejas se define como el momento de producir y liberar gametos viables en el que ocurre la primera ovulación (Foster, 2006).

La pubertad marca el inicio de la vida reproductiva del animal y guarda una estrecha relación con la edad a la primera concepción y al primer parto. Por esta razón, el inicio temprano de la actividad sexual, como es la pubertad, representa una ventaja económica, pues de esta etapa fisiológica dependerá el inicio de la vida productiva de los reemplazos así como del número de corderos producidos, incidiendo en la productividad total de la hembra y por ende en la rentabilidad del sistema de producción. Con esto, también se alarga la vida reproductiva de la hembra y puede disminuir el costo de crianza de los reemplazos (Escobedo, 2001).

### **2.3.2.1 Factores que determinan el inicio de la pubertad**

El inicio de la pubertad en la cordera se da por la interacción de varios factores tanto internos como externos (Foster y Ryan, 1979<sup>a</sup>; Foster y Ryan, 1979<sup>b</sup>; Foster y Ryan, 1981; Pineda, 1991; Foster, 2006). Los principales factores externos son el fotoperiodo (Foster *et al.*, 1988<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>c</sup>) y las interacciones sociales (efecto macho) (Cognie *et al.*, 1982; Álvarez y Andrade, 2008), mientras que entre los factores internos están el genotipo (Dickerson y Laster, 1975) y la nutrición (Foster *et al.*, 1988<sup>d</sup>; Bizelis *et al.*, 1990). Estos factores actúan disminuyendo la sensibilidad del hipotálamo a la inhibición de los esteroides gonadales (Foster y Ryan, 1979<sup>a</sup>; Foster y Ryan, 1979<sup>b</sup>), este cambio en la sensibilidad del hipotálamo va a permitir un incremento en la secreción pulsátil de GnRH y por ende, la hipófisis incrementará la secreción de pulsos de FSH, que van a estimular el crecimiento folicular (Foster *et al.*, 1984), a su vez, se incrementará la secreción de LH (Goodman *et al.*, 1982), culminado con la primera ovulación (Foster *et al.*, 1985<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>c</sup>).

#### **2.3.2.1.1 Edad y Peso**

En las ovejas, es deseable un inicio temprano de la actividad reproductiva, lo que requiere un manejo nutricional racional. Al existir una correlación entre el peso corporal y la edad a la pubertad se recomienda que cuando se trate de seleccionar corderas, es importante elegir aquellas que han alcanzado la pubertad a una edad menor y con peso aproximado de 24 Kg, por esto es importante que la cordera reciba una nutrición adecuada desde el momento del nacimiento hasta la madurez sexual (González, 1983).

Varios autores han observado que el inicio a la pubertad se relaciona más con el peso que con la edad (Balcázar, 1992; González, 1993). Balcázar (1992) incluyó un concepto para evaluar el efecto de la nutrición en el inicio de la pubertad, el cual fue definido como el “peso crítico”, este hace referencia al peso mínimo necesario que debe tener la hembra para poder alcanzar la pubertad, y aunque no es un parámetro constante se considera que debe tener 60% de su peso adulto.

En la cordera se alcanza el peso crítico a los seis meses, sin embargo, solamente comenzarán a ciclar al alcanzar el peso mínimo si ese momento coincide con la época reproductiva (Foote *et al.*, 1970; Foster y Ryan, 1981; Rodríguez, 1991; Balcázar, 1992). En caso contrario, si se cubren estos dos requisitos durante el anestro, las corderas seguirán creciendo sin mostrar actividad ovulatoria hasta que se inicie la estación reproductiva (Foster, 1981; Rodríguez *et al.*, 1992) a la edad de 12 meses (Foote *et al.*, 1970; Foster, 1981; Rodríguez, 1991; Balcázar, 1992), esto debido a la época del año en la que nazcan; por ejemplo, las corderas de razas estacionales nacidas en primavera comienzan su ciclo reproductivo por primera vez entre las 24 y 35 semanas de edad, en el otoño de ese mismo año (Foster *et al.*, 1988<sup>a</sup>), mientras que las corderas nacidas en el otoño alcanzarán la pubertad hasta el otoño (días cortos) del siguiente año a las 65 semanas de edad, ya que este evento está controlado por el fotoperiodo.

Se ha considerado que la cordera Pelibuey muestra actividad ovárica por primera vez a una edad promedio de 10 meses, con un peso de alrededor de 20 Kg (Castillo *et al.*, 1972; González *et al.*, 1991), aunque se sabe que las corderas pueden llegar a la pubertad a edades sumamente variables, de entre

5 a 12 meses, con un amplio rango en el peso que va desde los 18 a los 29 Kg (González *et al.*, 1991; Rodríguez, 1991; Balcázar, 1992).

Los bajos pesos al nacimiento y la pobre tasa de crecimiento en corderas de pelo, es característico de un manejo deficiente y prolongado, especialmente de tipo nutricional, el cual retrasa el desarrollo genital y la edad a la pubertad. En corderas West African (como se le denomina a esta raza en algunos países, como Venezuela), la pubertad se caracteriza por un crecimiento genital alométrico, entre los 230 y 310 días de edad, el peso corporal se incrementa solo el 18%, pero el volumen ovárico aumenta en 41%, el peso del útero en 85% y en 54 y 40% la longitud de los oviductos y del cuello uterino, respectivamente. En este periodo el aparato genital crece más en longitud y volumen respecto a su propio peso, lo que pone de manifiesto la importancia de una adecuada alimentación para el desarrollo corporal en la edad a la pubertad (González, 1992).

Los intentos para adelantar la pubertad en corderas a partir del destete pueden ser afectados por una baja tasa de crecimiento, lo cual es posible superar con un suplemento nutricional que proporcione la energía necesaria para el desarrollo corporal y con esto se alcance el peso crítico de la pubertad. En un estudio de corderas en pastoreo suplementadas con concentrado, la edad a la pubertad se adelantó en comparación con el grupo control sin suplementar (269 vs 305 días, respectivamente) (González, 1993). En corderas West African criadas en estabulación se ha encontrado una reducción en la edad a la pubertad, ocurriendo esta de 65 a 99 días antes que las mantenidas en pastoreo continuo y 120 días antes que las mantenidas en pastoreo diurno de 8

horas. Este hecho confirma la ventaja de la crianza estabulada sobre el sistema extensivo en pastoreo (González, 1993).

La condición corporal (CC) tiene un significado especial sobre la producción, puesto que refleja el estado físico nutricional de los animales y permite, por tanto, tomar decisiones en el manejo alimentario y reproductivo (González, 1993). Aunque sin claras diferencias, la pubertad aparece más temprano en animales con mejor CC (mayor de 2), los cuales a su vez poseen mayor fertilidad y prolificidad, pudiendo adelantar el primer parto en más de 30 días en comparación con los de baja CC (menos de 2) (González, 1993).

#### **2.3.2.1.2 Interacciones sociales**

El “efecto macho” que se presenta al exponer a las corderas al carnero puede adelantar la edad a la pubertad (Álvarez y Andrade, 2008). También se ha observado un mayor grado de sincronización en la aparición de los primeros estros en las corderas que son expuestas al macho al comienzo de la estación reproductiva (Álvarez y Andrade, 2008).

Álvarez y Andrade (2008) formaron dos grupos de corderas Pelibuey nacidas fuera de estación, en agosto y octubre; a un grupo se le puso en contacto las 24 horas del día por 60 días con un macho y el otro fue sometido a la presencia del macho por 10 minutos al día cuando se detectaron los celos, en ambos grupos se determinó el día de la ovulación mediante concentraciones de progesterona en muestreos sanguíneos. Estos autores demostraron que la edad a la pubertad fue menor en el grupo en contacto continuo con el macho, que en el grupo expuesto solamente por 10 minutos ( $239.8 \pm 5.7$  vs  $266.1 \pm 5.7$  días, respectivamente) y que la presencia de ovulaciones en los primeros siete

días posteriores a la introducción del macho también fue mayor (8/13 vs 3/13, respectivamente), lo cual sugiere que en corderas Pelibuey nacidas en los meses de agosto-octubre, el efecto macho durante el mes de abril-mayo acelera el inicio de la actividad ovulatoria y estral.

En estudios donde se ha expuesto el macho a ovejas Merino prepúberes, de nueve y once meses de edad en los meses de enero, mayo o junio, la presencia del macho provocó que algunas comenzaran a ovular. (Murtagh *et al.*, 1984; Oldham y Gray, 1984). Al exponer un grupo de ovejas al macho durante la primavera, la actividad reproductiva es más baja en las jóvenes que en las adultas (Oldham y Gray, 1984) y confirma lo encontrado por Murtagh *et al.* (1984), que las ovejas jóvenes responden menos que las adultas.

### **2.3.2.1.3 Fotoperiodo**

Un requisito crítico para que ocurra la pubertad parece ser el cambio en la duración del día, es decir, días largos seguidos de días cortos. Cuando las corderas nacidas en días cortos son expuestas desde el nacimiento a un fotoperiodo artificial, que simula al que hubiera ocurrido si nacieran en la primavera (días largos, seguidos de días cortos), la edad a la pubertad inicia en el rango normal. En esta forma, la cordera mantiene una historia fotoperiódica desde muy temprana edad, usando la misma vía fotoneuroendocrina del adulto para traducir los cambios estacionales de la duración del día en señales hormonales que modulan la función neuroendocrina reproductiva, que le permite iniciar su pubertad (Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>).

Cuando las corderas nacen durante la época reproductiva (otoño), aún cuando ya tengan la edad y el tamaño apropiado para la pubertad permanecerán en

anestro durante los días largos de la primavera y el verano, y la actividad reproductiva iniciará durante los días decrecientes del siguiente otoño, para sincronizar la pubertad con la época reproductiva (Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>).

Este fenómeno no aplica para todas las razas de ovinos ni para todos los individuos, ya que la señal fotoperiódica juega un papel importante en el inicio de la pubertad solo si la reproducción en el adulto es estacional (Foster, 2006).

Foster *et al.* (1985<sup>a</sup>) demostraron en ovejas Suffolk que la pubertad no solo está determinada por la obtención de un tamaño corporal adecuado para comenzar a ciclar, sino que también, se ve directamente afectada por factores estacionales. Los autores sometieron a corderas nacidas en la primavera (marzo) a diferentes esquemas de alimentación. Las corderas que recibieron alimentación *ad libitum* ovularon a una edad normal (aproximadamente a las 30 semanas), en cambio, en las corderas que tuvieron una sub-alimentación la pubertad se retrasó. Cuando a un grupo de estas corderas sub-alimentadas se les proporcionó alimentación *ad libitum* durante el otoño e inicio del invierno, la pubertad ocurrió dentro de pocas semanas después de iniciada la suplementación. Sin embargo, cuando la alimentación *ad libitum* se retrasó hasta finales del invierno y principios de la primavera, la ovulación no ocurrió durante este periodo, aún cuando las corderas de este grupo ya habían alcanzado el peso adecuado para comenzar a ciclar. Estas corderas permanecieron sin ovular durante el verano, e iniciaron su actividad reproductiva hasta la siguiente estación reproductiva, en el segundo otoño de su vida.

En el mismo estudio (Foster *et al.*, 1985<sup>a</sup>), observaron que corderas nacidas en el otoño y que alcanzaron el peso apropiado para comenzar a ciclar durante el

periodo de anestro estacional (primavera-inicio del verano) no exhibieron ciclos reproductivos en esta época del año, sino hasta aproximadamente 20 semanas después, durante el otoño, en la época reproductiva. En resumen, la etapa prepúber se continua con el anestro estacional en las corderas que nacen durante el verano o el otoño, independientemente de que durante la primavera (época de anestro) ya hayan alcanzado el peso corporal adecuado para comenzar a ciclar y en consecuencia, su primera ovulación ocurre hasta la época reproductiva (otoño), cuando el fotoperiodo se acorta. Esto confirma que la interacción entre el grado de desarrollo y la estación del año es un punto fundamental para que las corderas presenten la pubertad (Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>c</sup>).

Estas comparaciones entre corderas nacidas en la primavera o en el otoño, llevan a la conclusión que la edad cronológica y el peso corporal proporcionan las señales para que las hembras alcancen la pubertad, solo si el fotoperiodo es el adecuado (Yellon *et al.*, 1992).

En trabajos realizados con la oveja Pelibuey en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-UNAM), de Martínez de la Torre, Veracruz, demostraron que la época del año en la que nacen las corderas Pelibuey influye de manera importante sobre la edad y el peso a la pubertad. Se observó que, independientemente de si recibían suplementación alimenticia con un concentrado rico en energía y proteína o no, las corderas nacidas a finales del invierno y principios de la primavera alcanzaban la pubertad a una edad más temprana (6-7 meses en promedio) y con un peso menor (21-22 Kg) (Balcázar, 1992), comparadas con las corderas nacidas durante el verano o el otoño, en las que la suplementación alimenticia no

adelantó la edad a la pubertad, ya que estas iniciaron la pubertad tardíamente (9-11 meses) y con mayor peso (27-29 Kg) (Velázquez, 1990). Estos investigadores concluyeron que la suplementación con concentrado puede adelantar el inicio de la pubertad solo en ovejas nacidas durante la primavera, ya que los animales nacidos en otras épocas tienen que esperar hasta el inicio de la estación reproductiva, aún cuando la suplementación les haya permitido superar el peso mínimo requerido para empezar a ciclar (Velázquez, 1990; Balcázar, 1992).

Quizá la cordera, un reproductor de días cortos, realmente no requiere un ambiente de días cortos para la pubertad normal. Esto debido a trabajos realizados con corderas mantenidas solo en fotoperiodo de días largos y que fueron gangliectomizadas entre la tercera y cuarta semana de edad no iniciaron la pubertad antes de las 40 semanas de edad, mientras que corderas mantenidas también solo en fotoperiodos de días largos y gangliectomizadas a las 23 semanas de edad, iniciaron la pubertad de forma normal a las 30 semanas de edad. El segundo grupo fue expuesto a un número mayor de días largos que el primer grupo, antes que fueran privadas para percibir la luz por la gangliectomía. Esto indica que en la cordera es importante la exposición a días largos para que inicie de forma normal la pubertad sin el requerimiento de la exposición a días cortos. Estos estudios soportan la hipótesis que los días largos del verano seguido de su desaparición en el otoño, contribuyen al inicio de la pubertad en la cordera (Ebling y Foster, 1987) y apoyan la hipótesis que los días cortos del otoño solo son permisivos (Foster y Yellon, 1986).

#### **2.3.2.1.4 Raza**

Se ha informado de la existencia de diferencias raciales en cuanto a la edad y peso corporal a la que las ovejas inician la pubertad. Hay una tendencia de las razas ovinas más prolíficas a alcanzar la pubertad a una edad más temprana (Hafez, 1952). Así mismo, se ha observado que las corderas provenientes de cruza tienden a tener mejor comportamiento reproductivo que las razas puras y la heterosis puede contribuir a un desarrollo sexual más temprano (Hafez, 1952; Lahlou-Kassi *et al.*, 1989).

Sin embargo, Zavala *et al.* (2008) encontraron que en ovinos de pelo, las razas puras (Black belly, Pelibuey) inician la pubertad antes que las razas sintéticas (Dorper, Santa Cruz, Katahdin), por lo que el inicio de la actividad reproductiva también se ve afectado por la variabilidad genética interracial que existe (Land, 1978; Dyrmondsson, 1981).

Sin embargo, los efectos genéticos sobre la edad a la pubertad se ven muchas veces enmascarados en diferentes grados ya sea por el manejo, el medio ambiente, la nutrición, los efectos sociales y el fotoperiodo (Dyrmondsson, 1981).

#### **2.3.3 BASES NEUROENDÓCRINAS DE LA PUBERTAD**

El GnRH controla la liberación pulsátil de LH por la adenohipófisis, por lo tanto, el patrón de LH en la circulación periférica es un reflejo del patrón de liberación de GnRH (Karsch *et al.*, 1987). Aunque se cree que existe un oscilador neural que dirige la secreción hipotalámica de GnRH, la naturaleza exacta de este sistema es desconocida (Schillo *et al.*, 1992). Aparentemente, la información que es transmitida acerca del medio ambiente y del metabolismo interno del

animal, por una serie de entradas nerviosas, modula este sistema (Schillo *et al.*, 1992). De esta manera, los esteroides ováricos (Karsch *et al.*, 1980), el estado nutricional del animal (Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>), y el fotoperiodo tienen influencia sobre la frecuencia de pulsos de LH en la oveja.

Como se citó previamente, el evento crítico que va a dar inicio a la pubertad es un incremento en la frecuencia de secreción de pulsos de LH; como resultado de una disminución en la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los estrógenos (Foster y Ryan, 1979<sup>a</sup>; Foster y Ryan, 1979<sup>b</sup>).

En la oveja, el patrón tónico de secreción pulsátil de LH se observa desde una edad muy temprana. Sin embargo, a pesar de que este sistema es relativamente activo a lo largo de todo el período prepuberal, la frecuencia de los pulsos de secreción de LH se mantiene baja con tan sólo dos pulsos cada 6 horas, muy por debajo del requerimiento de un pulso cada 30 minutos, necesario para desarrollar un folículo preovulatorio (Foster, 2006). Esta frecuencia reducida en la pulsatilidad, permite que las concentraciones basales de LH regresen a valores muy bajos entre un pulso y otro; debido a que la vida media de la LH es solo de 15-20 minutos. La baja frecuencia en los pulsos de LH solamente provoca elevaciones temporales en las concentraciones circulantes de estradiol, que no tienen la magnitud y la duración suficiente para inducir el pico preovulatorio de LH y la ovulación (Foster, 1981; Foster, 2006).

Foster *et al.* (1985<sup>a</sup>) resaltan la importancia que tiene el generador de pulsos de GnRH para alcanzar la pubertad en la oveja. Ellos proponen que este generador va a ser el mediador que va a estar dictando el patrón de secreción de LH por parte de la adenohipófisis. Esta hormona, junto con la FSH, estimula al folículo preovulatorio para que produzca estrógenos y estos se van a

incrementar hasta inducir una descarga masiva de gonadotropinas hipofisarias que van a inducir la ovulación en la cordera. En las hembras sexualmente inmaduras, la frecuencia en los pulsos de LH es baja y por lo tanto no puede estimular la maduración folicular (Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>; Yellon *et al.*, 1992).

Sin embargo, aunque no es expresado, la cordera tiene capacidad para producir una alta frecuencia en la secreción de GnRH mucho antes de la pubertad, ya que en corderas a las que se les han removido los ovarios a las pocas semanas después del nacimiento se presenta una secreción pulsátil de LH con frecuencia similar a la que se presenta durante la fase folicular en ovejas adultas (uno o más pulsos cada 60 minutos) (Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>; Yellon *et al.*, 1992; Foster, 2006).

De forma similar, se ha demostrado que también el ovario es capaz de funcionar a una edad temprana, de la misma forma que en la oveja adulta. Bajo condiciones experimentales, la cordera inmadura también es capaz de producir folículos preovulatorios y de responder a la acción de retroalimentación positiva de los estrógenos, con un pico verdadero de hormonas gonadotrópicas (Foster, 2006).

En la etapa prepuberal de la cordera, el mecanismo neuroendócrino que controla la secreción de GnRH es extremadamente sensible a la retroalimentación negativa del estradiol, lo cual impide la expresión de una frecuencia alta en los pulsos de LH. Consecuentemente, la pubertad ocurre como respuesta a una reducción en la sensibilidad del generador de pulsos de GnRH a la retroalimentación negativa de los estrógenos (Foster, 1981; Foster *et al.*, 1985<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>; Yellon *et al.*, 1992).

En el periodo previo al inicio de la pubertad, la sensibilidad a la retroalimentación negativa del estradiol disminuye lo suficiente para permitir que gradualmente se desencadene la secreción de los pulsos de LH, los cuales comienzan a estimular el ovario una semana antes de la primera ovulación (Foster, 2006).

Después que la cordera alcanza la pubertad, la progesterona del cuerpo lúteo recién formado, se convierte en el principal esteroide ovárico que controla la retroalimentación negativa de la frecuencia de los pulsos de LH durante la fase del diestro del ciclo estral de la oveja; la progesterona actúa a nivel del sistema nervioso central para reducir la frecuencia de los pulsos de GnRH, y con ello de LH. Al ocurrir la regresión lútea, la secreción de progesterona declina, permitiendo el inicio de una alta frecuencia en los pulsos de LH, lo que estimula el desarrollo de un nuevo folículo en el ciclo reproductivo pospuberal (Foster, 2006).

### **2.3.3.1 Glándula pineal y melatonina**

La glándula pineal desempeña un papel muy importante en el control de la reproducción en las corderas prepúberes, sobre todo en aquellas razas que son altamente estacionales. Esta glándula mide los estímulos luminosos y los va a transformar en estímulos hormonales por medio de la secreción de melatonina que se produce cuando el animal es expuesto a la oscuridad (Foster *et al.*, 1985<sup>a</sup>).

Esta respuesta del animal al fotoperiodo influye sobre su sistema neuroendócrino, dado que la longitud del día se relaciona positivamente con la sensibilidad de la secreción de LH a la acción de la retroalimentación negativa

de los estrógenos, e inversamente con la frecuencia de los pulsos de LH (Karsch *et al.*, 1980; Foster, 2006;). En la cordera, las concentraciones circulantes de melatonina se incrementan minutos después del inicio de la oscuridad y permanecen altas durante la noche para caer nuevamente antes del amanecer a las bajas concentraciones que se mantienen durante el día. Este patrón en el ritmo de secreción de melatonina indica a las ovejas si se encuentran en días largos o en días cortos, dado que la duración de las concentraciones elevadas de melatonina circulante es directamente proporcional a las horas de oscuridad (Yellon *et al.*, 1992; Foster, 2006).

En corderas jóvenes, la remoción o denervación de la glándula pineal por gangliectomía cervical retrasa la pubertad (Yellon y Foster, 1984; Foster *et al.*, 1988<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>). También la denervación de la glándula pineal en la vida temprana de la cordera por remoción bilateral del ganglio cervical superior, impide que la pubertad ocurra a la edad normal (Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>).

En otro estudio, las corderas gangliectomizadas alcanzaron la pubertad a una edad normal porque se les dieron infusiones nocturnas de melatonina que simulaban una secuencia de días largos, seguidos de días cortos (Yellon y Foster, 1984). Sin embargo, se ha observado que para inhibir el comienzo normal de los ciclos ovulatorios, la gangliectomía cervical debe realizarse antes de la exposición natural a los días largos (17-22 semanas de edad) para así abolir el ritmo de la melatonina pineal y por tanto retrasar la pubertad en la cordera ya que no tendrá la señal fisiológica que transmite la longitud del día (Foster *et al.*, 1988<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>b</sup>; Foster *et al.*, 1988<sup>c</sup>; Yellon *et al.*, 1992).

Yellon *et al.* (1992) plantean dos hipótesis con relación a la función de la glándula pineal en la ocurrencia de la pubertad en las corderas; la primera postula que la exposición de las corderas a los días cortos después del nacimiento no es necesaria para que posteriormente reconozcan la duración de los días largos; y la segunda, que la glándula pineal va a ser la mediadora de la información relacionada a la historia fotoperiódica en la cordera, logrando que esta alcance la pubertad a una edad normal.

Foster *et al.* (1985<sup>b</sup>) propusieron la hipótesis que la cordera nace con fotorrefractoriedad a días cortos. Experimentalmente la administración de la melatonina simulando días largos, puede romper la fotorrefractoriedad a los días cortos y le permite reconocer el patrón de melatonina de días cortos, que va a ser necesario para que se de el inicio de la pubertad durante el primer año de vida de la cordera (Foster *et al.*, 1985<sup>a</sup>; Foster *et al.*, 1985<sup>b</sup>; Yellon y Foster, 1985).

### **3. HIPÓTESIS**

Las corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua son capaces de iniciar primero la pubertad a pesar de encontrarse bajo un fotoperiodo inhibitorio, mientras que las hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional se retrasan.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

Determinar el efecto del fotoperiodo inhibitorio sobre la edad a la pubertad en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua o estacional, nacidas en otoño.

#### **4.2 Objetivos específicos**

Evaluar la relación del peso a la primera ovulación, condición corporal a la primera ovulación, ganancia diaria de peso, peso al nacimiento, peso al destete, el diferencial del peso destete-peso primera ovulación y el diferencial del peso nacimiento-peso destete, sobre la edad a la pubertad en corderas Pelibuey hijas de madres continuas o estacionales.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización**

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El Centro se localiza en el km 28.5 de la carretera federal a Cuernavaca, en la delegación Tlalpan, México D.F. El centro se encuentra ubicado a 19° 13' latitud norte y 99° longitud oeste, a una altura de 2,760 metros sobre el nivel del mar, el clima de la región es C (W) b (ij) que corresponde a un clima semifrío-semihúmedo con lluvias en verano (García, 1981), con una precipitación pluvial de 800 a 1,200 milímetros anuales y una temperatura promedio de 19°C.

### **5.2 Metodología**

#### **Grupos**

Se utilizaron 16 corderas de la raza Pelibuey, formando dos grupos: 9 hijas de ovejas con actividad reproductiva continua y 7 hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional. La identificación de las madres de las corderas con actividad reproductiva continua o estacional se hizo siguiendo el protocolo descrito por Hanocq *et al.* (1999). En el que se considera que una oveja es continua si presentó ovulación en el mes de abril, época de anestro más profunda para la raza Pelibuey, durante al menos tres años consecutivos, encontrándose recién destetada y aislada del macho (Valencia y Roldán, 2006;

Valencia *et al.*, 2010) y que se ha venido aplicando en las ovejas Pelibuey del CEPIPSA durante los últimos 7 años.

### **Manejo del fotoperiodo**

Todas las corderas nacieron fuera de temporada, en otoño (finales del mes de septiembre y principios de octubre del 2012), momento en el que comenzaron a percibir de manera natural los días decrecientes hasta el 21 de diciembre del 2012 (solsticio de invierno), posteriormente cuando tenían casi tres meses, percibieron los días crecientes naturales hasta el 21 de junio del 2013 (solsticio de verano) (Figura 1). En la primera semana de junio se analizaron las concentraciones plasmáticas de progesterona y se identificaron 9 corderas que ya habían iniciado la pubertad (1ª ovulación). A partir del 21 de junio del 2013, las 7 corderas que no habían iniciado la pubertad fueron sometidas a un fotoperiodo artificial constante, característico del solsticio de verano a 19° lat N (13 h 18 min luz/10 h 42 min oscuridad), hasta que iniciaron la pubertad (1ª ovulación) (Figura 1), estas corderas que fueron sometidas al fotoperiodo artificial contante, por las tardes antes que comenzara a oscurecer se trasladaron a la cámara de fotoperiodo y en la mañana del día siguiente cuando ya había amanecido se trasladaron a su corral, dicho manejo se realizó con la finalidad de cubrir las horas luz faltantes de la luz natural, empleando para ello una cámara de fotoperiodo artificial diseñada para evitar la entrada de luz natural.

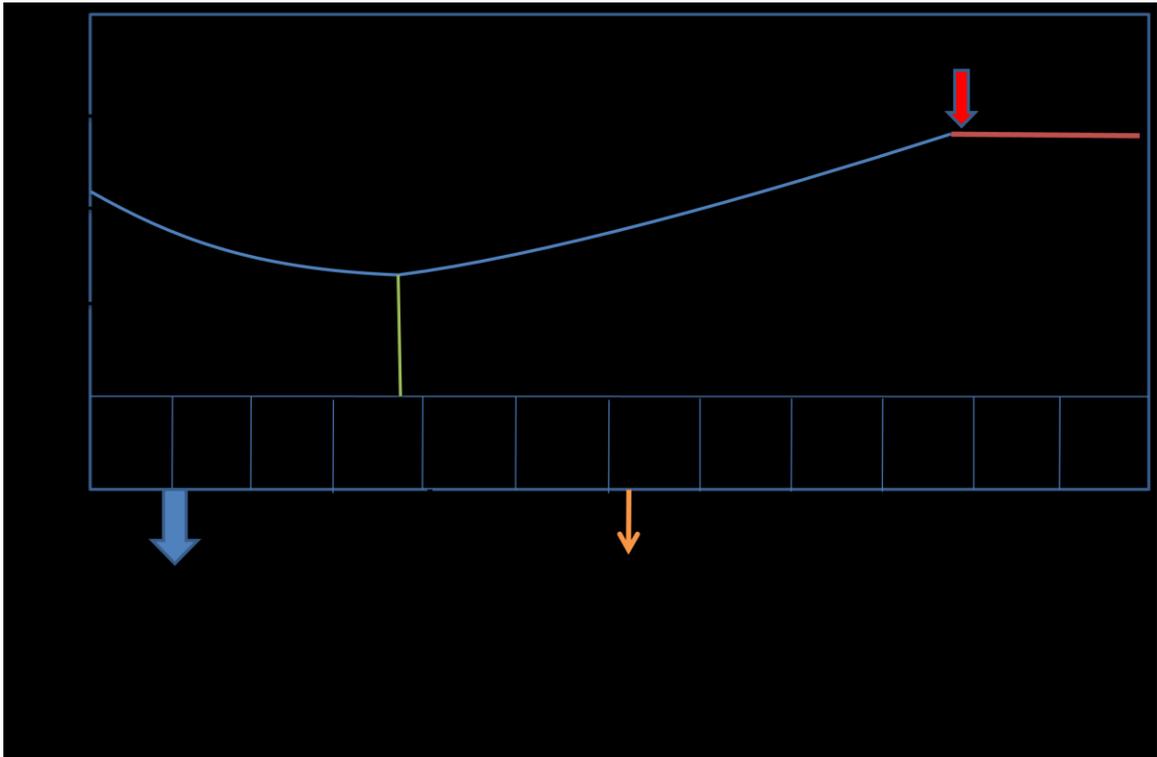


Figura 1. Manejo del fotoperiodo en las corderas desde el nacimiento hasta el momento que iniciaron la pubertad.

### **Pesaje y Condición corporal**

Con el propósito de monitorear el balance nutricional, a partir de la primera semana de marzo se midió semanalmente el peso y la condición corporal, basada esta última en la escala de Russel (1=emaciada, 5=obesa), calculada en cuartos de punto (Russel, 1984).

### **Toma y procesamiento de las muestras**

Para determinar el inicio de la pubertad (1ª ovulación), semanalmente, a partir de marzo (antes de la etapa más profunda del anestro) cuando las corderas tenían 5 meses de edad, se midió la concentración plasmática de progesterona. Para esto, se colectó de cada animal 4 mL de sangre por vía yugular con tubos vacutainer®, con heparina como anticoagulante, y se centrifugaron a una velocidad de 3,500 rpm durante 10 minutos para separar el

plasma. Éste fue depositado en viales y se almacenó a una temperatura de -20°C hasta su posterior análisis en el laboratorio de Endocrinología del departamento de Reproducción de la FMVZ-UNAM.

Se realizó un análisis del plasma en la primer semana de junio del 2013 y otro en la tercer semana de agosto del 2013. Las concentraciones de progesterona se determinaron a través de la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida (Pulido *et al.*, 1991), utilizando un Kit comercial de RIA\*. Se consideró que una oveja había iniciado la pubertad cuando las concentraciones de progesterona plasmática en cada muestra eran  $\geq 1$  ng/mL (Light *et al.*, 1994) y que en dos muestras anteriores a esta, la concentración hubiera permanecido por debajo de este valor. Una vez que se realizó el análisis de las muestras y se confirmó que iniciaron la pubertad, se les dejó de muestrear.

\*RIA Coat-A-Count® Siemens

### **Alimentación**

La alimentación de las corderas fue con una dieta con base en un 30% de inclusión de heno de alfalfa con una composición química de 22% de proteína cruda, 2 Mcal/Kg de energía metabolizable, 1.4% de Ca y 0.7% de P; 36.14% de inclusión de paja de avena con una composición química de 4.1% de proteína cruda, 1.8 Mcal/Kg de energía metabolizable, 0.19% de Ca y 0.22% de P; 5.87% de inclusión de ensilado de maíz con una composición química de 8.3% de proteína cruda, 2.62 Mcal/Kg de energía metabolizable, 0.04% de Ca y 0.06% de P; y 27.98% de inclusión de concentrado comercial con una composición química de 15% de proteína cruda, 2.55 Mcal/Kg de energía metabolizable, 1% de Ca y 0.35% de P, que en conjunto proporcionaron una

composición química de 12.77% de proteína cruda, 2.88 Mcal/Kg de energía metabolizable, 0.41% de calcio y 0.32% de fósforo, cubriendo los requerimientos nutricionales para un crecimiento adecuado durante esa etapa (NRC, 2007). Se administraron sales minerales y agua a libre acceso.

### Alojamiento

Las corderas fueron mantenidas después del destete en un corral, con un sistema de estabulación total. Las dimensiones del corral cubrieron los requerimientos de espacio vital de cada individuo. Además, las corderas se mantuvieron aisladas de los machos para evitar su estímulo

### 5.3 Análisis estadístico

En el cuadro 1 se muestran las variables respuesta que se evaluaron en el presente estudio.

<b>Cuadro 1: Descripción de las variables estudiadas.</b>	
<b>Variables respuestas</b>	<b>Significado</b>
<b>Edad a la primera ovulación (E1ªOV)</b>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la primera elevación de progesterona.
<b>Peso a la primera ovulación (P1ªOV)</b>	Peso obtenido al momento de la primera elevación de progesterona.
<b>Condición corporal a la primera ovulación (CC1ªOV)</b>	Condición corporal al momento de la primera elevación de progesterona.
<b>Diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación (DPDP1aov)</b>	El peso ganado de las corderas desde el destete hasta la primera ovulación (peso a la primera ovulación-peso al destete).
<b>Ganancia diaria de peso (GDP)</b>	La ganancia diaria de peso del nacimiento hasta la primera elevación de progesterona.
<b>Peso al nacimiento (PN)</b>	El peso con el que nacieron las corderas.
<b>Peso al destete (PD)</b>	El peso obtenido al momento de ser retiradas de la madre (90 días de edad).
<b>Diferencial del peso al nacimiento-peso al destete (DPNPD)</b>	El peso ganado de las corderas desde el nacimiento hasta el destete (peso destete-peso al nacimiento).
<b>Refractariedad a días crecientes (RDC)</b>	El tiempo que tardan en dejar de responder al estímulo inhibitorio de los días crecientes, a partir del 21 de diciembre hasta que inician la pubertad.

Con la información obtenida se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para variables independientes con un muestreo al azar, para determinar el efecto de grupo (hija de oveja estacional o continua) en las variables respuesta, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable en estudio (edad a la primera ovulación, peso a la primera ovulación, condición corporal a la primera ovulación, DPDP1aov, GDP, peso al nacimiento, peso al destete, DPMPD)

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Es la actividad reproductiva de la madre (continua o estacional)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

Se realizó análisis de correlación entre cada grupo (hija de oveja estacional o continua) para las variables: edad a la primera ovulación, peso a la primera ovulación, condición corporal a la primera ovulación, diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación (DPDP1aov), la ganancia diaria de peso (GDP), peso al nacimiento, peso al destete, diferencial del peso al nacimiento-peso al destete (DPMPD), refractariedad a días crecientes (RDC).

Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.05, con los procedimientos MEANS, GLM Y CORR (SAS/STAT, 1988).

## 6. RESULTADOS

Las corderas en general alcanzaron la pubertad a una edad promedio de 249 días  $\pm$  6 (promedio  $\pm$  e.e), siendo menor en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua que en las hijas de madres estacionales ( $236 \pm 5$  vs  $267 \pm 9$  días, respectivamente;  $P=0.0116$ ; Cuadro 2).

En el peso alcanzado a la pubertad por los dos grupos no se encontró diferencia significativa ( $P= 0.41$ ), las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua alcanzaron un peso a la primera ovulación de  $30.32 \pm 1.2$  Kg y las corderas hijas de ovejas estacionales fue de  $28.89 \pm 0.9$  Kg.

En la condición corporal a la pubertad no se encontró diferencia significativa ( $P=0.255$ ) entre los dos grupos, las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua fue de  $2.83 \pm 0.06$  puntos, mientras en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional fue de  $2.71 \pm 0.08$  puntos.

En los dos grupos de corderas no se encontró una diferencia significativa en el peso al nacimiento ( $P=0.27$ ), en las corderas de ovejas con actividad reproductiva continua fue de  $2.16 \pm 0.15$  Kg, mientras que las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional fue de  $2.37 \pm 0.16$  Kg.

El peso al destete fue mayor en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua, que en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional ( $14.36 \pm 0.69$  vs  $9.86 \pm 1.04$  Kg, respectivamente;  $P=0.002$ ).

Las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua obtuvieron un DPNPD de  $12.19 \pm 0.63$  Kg, mayor al de las corderas hijas de ovejas con

actividad reproductiva estacional, que fue de  $7.45 \pm 1.12$  Kg, con una significancia de  $P=0.0016$ .

En contraste, se encontró diferencia significativa en el DPDP1aov; las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional obtuvieron un DPDP1aov de  $19.06 \pm 0.76$  Kg, mientras que las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua fue de  $15.97 \pm 0.83$  Kg ( $P=0.01$ ).

El grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua tuvo una GDP de  $0.120 \pm 0.005$  Kg, mientras que en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional fue de  $0.100 \pm 0.006$  Kg, encontrándose diferencia significativa ( $P=0.02$ ).

Las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua también se volvieron refractarias a días crecientes a una edad más temprana que las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional, encontrándose diferencia significativa ( $P=0.01$ ), las corderas hijas de madres con actividad reproductiva continua se volvieron refractarias a los  $151 \pm 8$  días, mientras que las hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional lo hicieron a los  $185 \pm 7$  días

Cuadro 2. Edad a la 1ª ovulación, peso a la 1ª ovulación y condición corporal a la 1ª ovulación, peso al nacimiento, peso al destete, DPMPD, DPDP1aov, GDP y RDC en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva continua y estacional.

Variable	General (n:16)	Estacionales (n:7)	Continuas (n:9)
Edad a la 1ª ovulación (días)			
Promedio ± e.e.	249.56 ± 6.429	266.86 ± 9.493 <sup>A</sup>	236.11 ± 5.789 <sup>B</sup>
Mínimo	217	224	217
Máximo	300	300	268
Peso 1ª ovulación (Kg)			
Promedio ± e.e.	29.69 ± 0.832	28.89 ± 0.997 <sup>a</sup>	30.32 ± 1.270 <sup>a</sup>
Mínimo	24.47	26.49	24.47
Máximo	34.6	33.96	34.6
Condición corporal a la 1ª ovulación			
Promedio ± e.e.	2.78 ± 0.050	2.71 ± 0.085 <sup>a</sup>	2.83 ± 0.059 <sup>a</sup>
Mínimo	2.5	2.5	2.5
Máximo	3	3	3
Peso nacimiento (Kg)			
Promedio ± e.e.	2.26 ± 0.111	2.37 ± 0.165 <sup>a</sup>	2.16 ± 0.151 <sup>a</sup>
Mínimo	1.56	1.8	1.56
Máximo	3.18	3.18	2.72
Peso destete (Kg)			
Promedio ± e.e.	12.37 ± 0.820	9.83 ± 1.045 <sup>A</sup>	14.36 ± 0.695 <sup>B</sup>
Mínimo	6.6	6.6	10.15
Máximo	16.76	14.86	16.76
DPMPD (Kg)			
Promedio ± e.e.	10.12 ± 0.840	7.45 ± 1.121 <sup>A</sup>	12.19 ± 0.628 <sup>B</sup>
Mínimo	4.26	4.26	8.53
Máximo	12.88	12.88	14.96
DPDP1aov (Kg)			
Promedio ± e.e.	17.32 ± 0.682	19.06 ± 0.760 <sup>A</sup>	15.97 ± 0.830 <sup>B</sup>
Mínimo	12.89	15.85	12.89
Máximo	21.46	21.46	19.59
GDP (Kg)			
Promedio ± e.e.	0.11 ± 0.004	0.10 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.005 <sup>b</sup>
Mínimo	0.079	0.079	0.096
Máximo	0.138	0.125	0.138
RDC (días)			
Promedio ± e.e.	166.00 ± 7.173	185.29 ± 7.180 <sup>A</sup>	151.00 ± 8.783 <sup>B</sup>
Mínimo	127	169	127
Máximo	213	211	213

e.e. Error estándar

Literales distintas en columnas distintas indican diferencias significativas <sup>A</sup> P≤0.01, <sup>a</sup>P≤0.05.

La Figura 2 muestra las fechas en las cuales las corderas presentaron la pubertad (1ª ovulación). Se observa que un mayor número de corderas hijas de madres con actividad reproductiva continua presentan la pubertad antes que las hijas de madres estacionales.

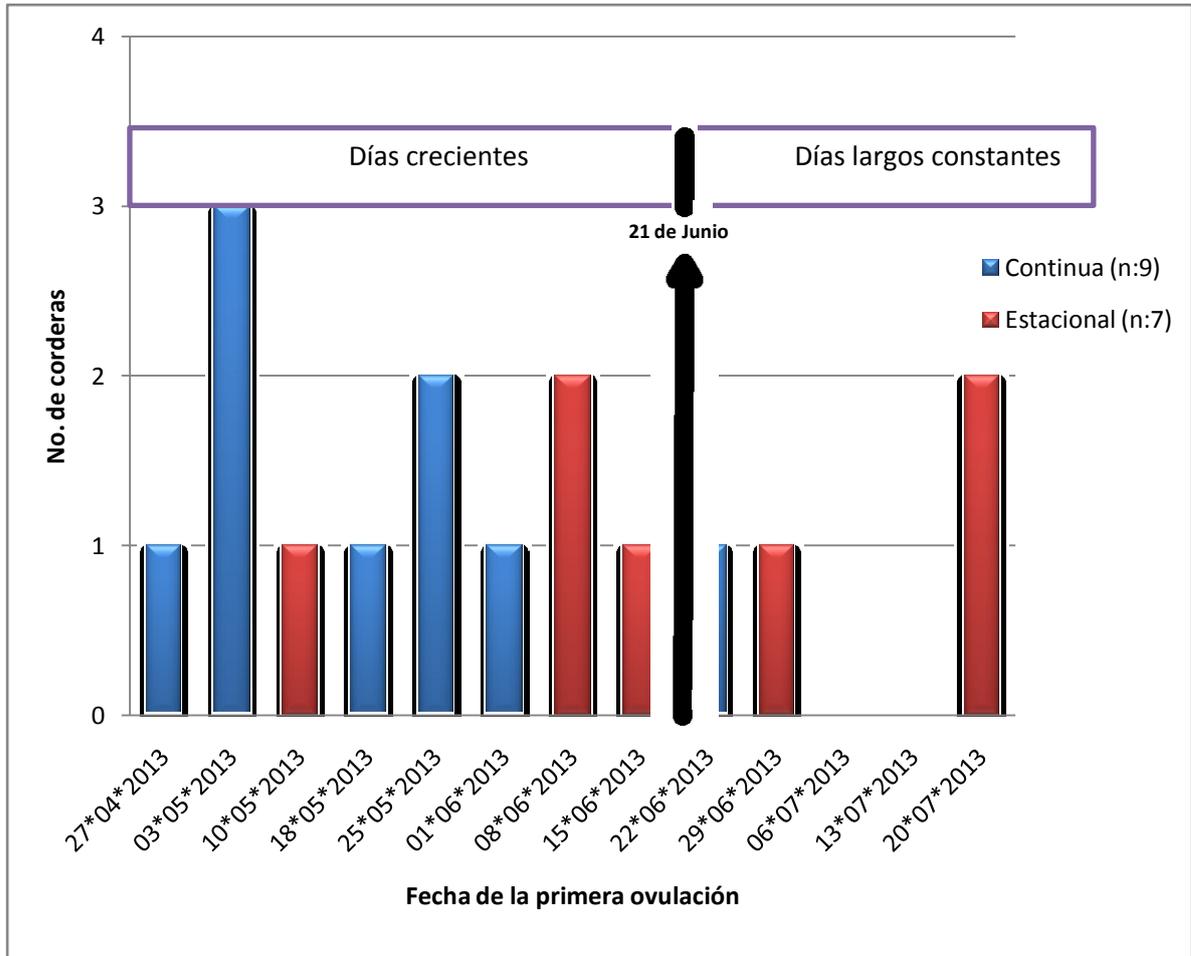


Figura 2. Fecha de la primera ovulación en corderas Pelibuey hijas de madres con actividad reproductiva continua y estacional. El 75% (12/16) de las corderas iniciaron la pubertad antes del 21 de junio, de las cuales el 50% (8 corderas) fueron hijas de continuas y el 25% (4 corderas) fueron hijas de estacionales.

En el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua se encontró una correlación positiva del DPDP1aov con la E1<sup>a</sup>OV de 0.707 con una significancia del 0.033 como se muestra en la Figura 3.

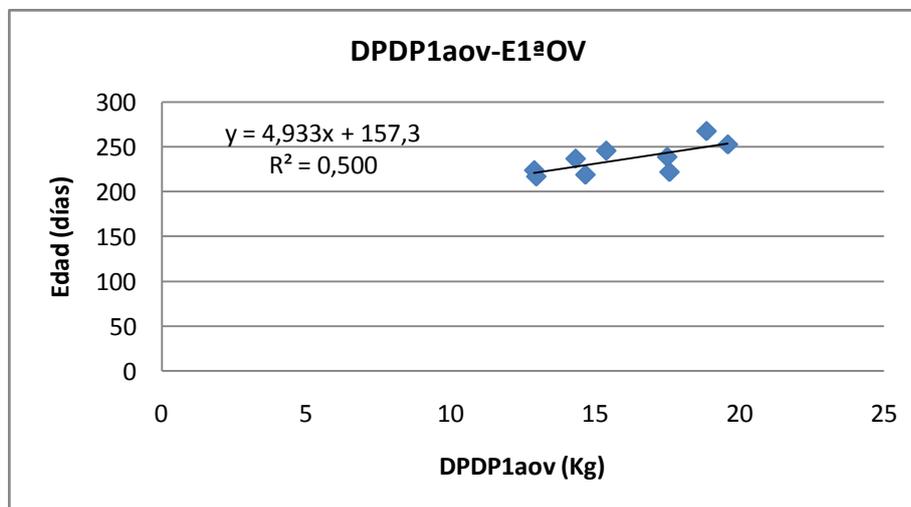


Figura 3. Regresión lineal de la correlación entre el diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación con la edad a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de madres con actividad reproductiva continua.

El DPDP1aov tuvo una correlación positiva del 0.862 con el P1<sup>a</sup>OV, con una significancia del 0.003, en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua como se muestra en la Figura 4.

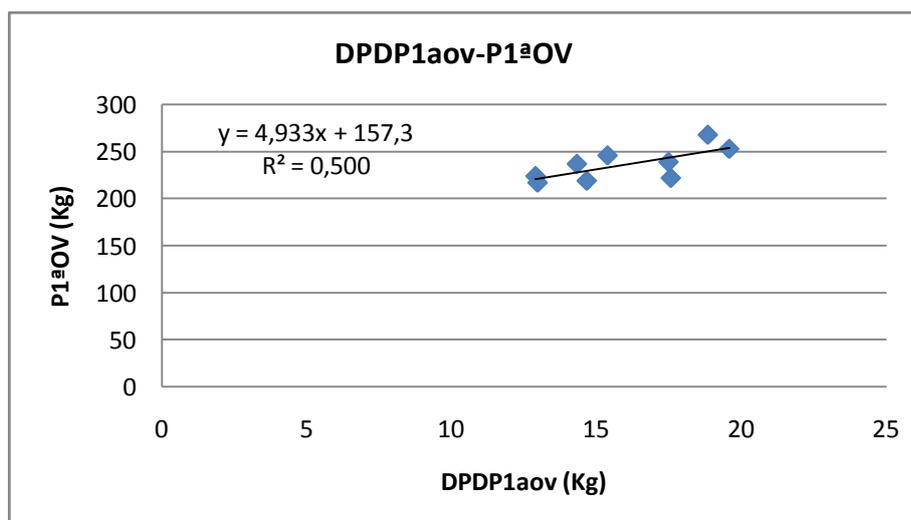


Figura 4. Regresión lineal de la correlación entre el diferencial del peso al destete-peso a la primera ovulación con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua.

La ganancia diaria de peso tuvo una correlación positiva del 0.768 con una significancia del 0.016 con el P1<sup>a</sup>OV en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua como se muestra en la Figura 5.

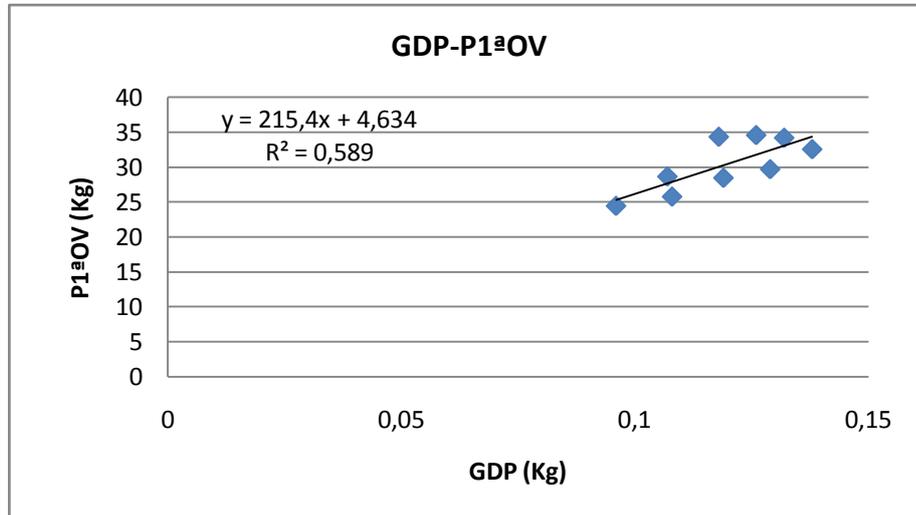


Figura 5. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua.

Hubo una correlación negativa (-0.757) entre la ganancia diaria de peso con la E1<sup>a</sup>OV, con una significancia del 0.49, en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional como se muestra en la Figura 6.

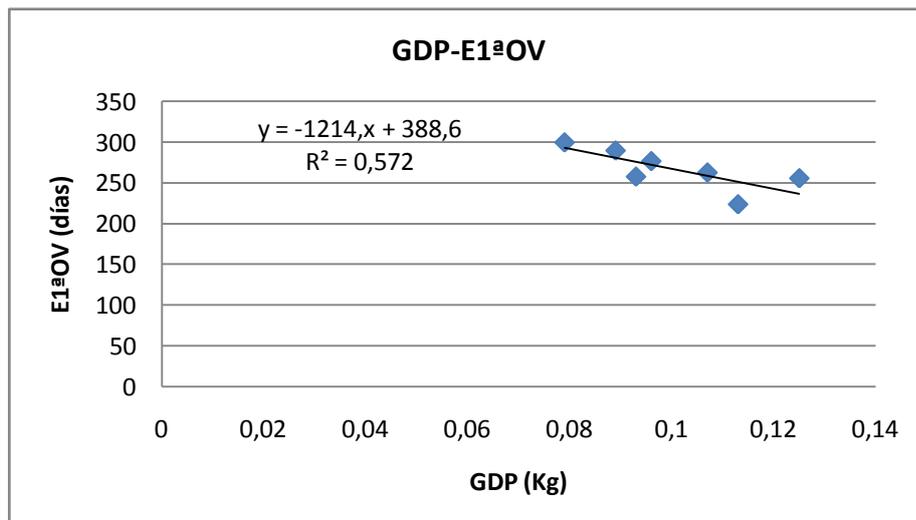


Figura 6. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso y la edad a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional.

Se encontró una correlación positiva entre la ganancia diaria de peso y la CC1ªOV del 0.915 y una significancia del 0.004 en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional como se muestra en la Figura 7.

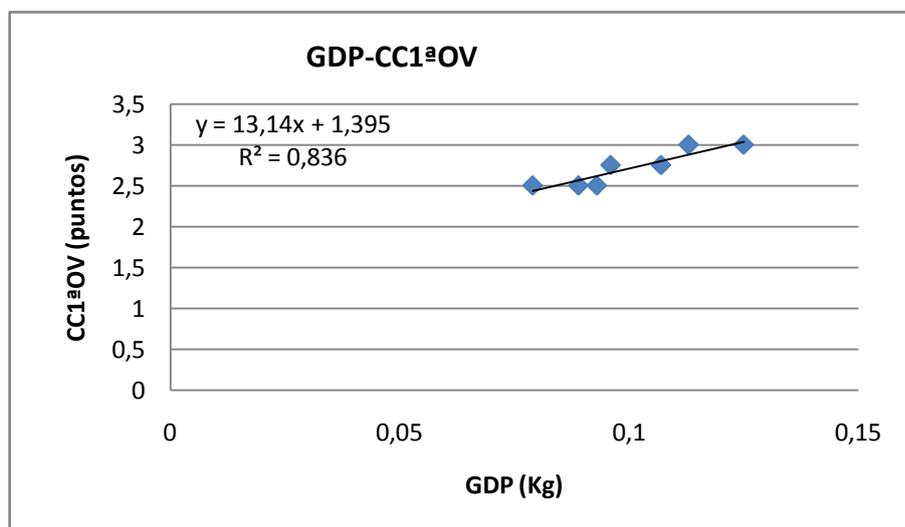


Figura 7. Regresión lineal de la correlación entre la ganancia diaria de peso y la condición corporal a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional.

## 7. DISCUSIÓN

Los resultados indican que bajo condiciones de fotoperiodo natural de días crecientes y fotoperiodo artificial de días largos constantes (a partir del 21 de junio del 2013), las corderas hijas de ovejas continuas alcanzan la pubertad 30 días antes que las estacionales, sin que exista diferencia de peso entre ellas, por lo que se puede comprobar la hipótesis propuesta en este estudio. Lo anterior probablemente se deba a que las corderas hijas de ovejas continuas no respondan al fotoperiodo en el que se encuentren y que esta característica sea heredable y transmitida por las ovejas continuas a sus hijas (Hanocq *et al.*, 1999).

La edad a la pubertad promedio de las corderas fue de 249 días, con un peso de 29.7 Kg, similar a los 239 días encontrado por García (2011) en corderas Pelibuey nacidas fuera de temporada (noviembre-diciembre) y a un peso idéntico (29.7 Kg).

Un hecho relevante en el estudio de García (2011), fue que las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional comenzaron primero la pubertad que las corderas hijas de madres continua y con un peso menor, la edad a la pubertad de las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional fue de 236 días con un peso de 28.6 Kg y en las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua la edad fue de 242 días con un peso de 30.93 Kg. Los nacimientos de las corderas se llevaron a cabo en los meses de noviembre y diciembre, experimentando una menor cantidad de días decrecientes que las corderas del presente estudio, de igual manera estas corderas del estudio de García (2011) entraron a la pubertad en el mes de julio

del año siguiente bajo un fotoperiodo natural, sin encontrar diferencia significativa en las variables entre los grupos, mientras que las corderas del presente estudio comenzaron la pubertad desde abril encontrándose diferencia significativa.

Por otra parte, Del Rio (2011) también realizó un estudio similar obteniendo la edad a la pubertad de 230 días con un peso de 25 Kg, un dato interesante fue que, al igual que García (2011), las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional entraron primero a la pubertad que las hijas de ovejas con actividad reproductiva continua, la edad a la pubertad de las hijas de estacionales fue de 215 días con un peso de 24.9 Kg y las hijas de continuas fue a una edad de 244 días con un peso de 25.59 Kg, pero sin encontrar diferencias significativas entre los dos grupos, un hecho relevante fue que tres de las corderas hijas de ovejas estacionales entraron a la pubertad antes del 21 de junio, mientras que en el presente estudio fueron 8 corderas hijas de continuas y 4 hijas de estacionales.

En otros estudios también hay datos similares, reportados en corderas Pelibuey, Álvarez y Andrade (2008) y Zavala *et al.* (2008), encontraron una edad a la pubertad de 234 días con un peso de 37 Kg y 231 días con un peso de 27.59 Kg, respectivamente, la pubertad se inició en el mes de mayo, que en esta raza se puede tomar como el final de la época de anestro e inicio de la época reproductiva, sin embargo, en estos estudios se utilizó al macho para detectar estros y el “efecto macho” pudo haber estimulado a las corderas para que iniciaran más tempranamente la pubertad y evitar la respuesta propia de las corderas para alcanzar la pubertad durante en la época de anestro (Dyrmundsson y Lees, 1972; Murtagh *et al.*, 1984; Álvarez y Andrade, 2008).

En el presente estudio se evitó el contacto de las corderas con los machos para impedir cualquier estímulo que pudiera adelantar su pubertad.

En el caso de Velázquez *et al.* (1990) y Rodríguez *et al.* (1992), quienes llevaron a cabo sus trabajos con corderas Pelibuey nacidas durante el verano y otoño, respectivamente, en condiciones de producción extensiva y suplementación alimenticia, reportaron una edad a la primera ovulación de 303 días con un peso de 24 Kg y 260 días con un peso de 24 Kg, respectivamente, la edad a la primera ovulación fue mayor que la encontrada en el presente trabajo y en el caso particular con Rodríguez *et al.* (1992), también en corderas nacidas en otoño. El aumento en la edad a la pubertad en los dos trabajos puede ser atribuible a que las corderas estaban en condiciones de pastoreo y que responden al fotoperiodo a pesar de la suplementación alimenticia, ya que el peso crítico para la pubertad lo alcanzaron durante la época de anestro.

En el presente estudio, al someter a los dos grupos (hijas de continuas y estacionales) bajo un fotoperiodo inhibitorio y sostenido de días largos, las hijas de ovejas continuas son capaces de comenzar la pubertad primero que las hijas de ovejas estacionales. En los estudios realizados por García (2011) y Del Rio (2011), ambos formaron los dos grupos (hijas de continuas y estacionales), pero se mantuvieron en fotoperiodo natural. De manera que probablemente en las razas con baja estacionalidad reproductiva, el cambio en la dirección del fotoperiodo no sea importante para el inicio de la pubertad, tal como sugieren otros autores (Lahlou-Kassi *et al.*, 1989; Derqaoui, 1993), ya que se vuelven refractarias a los días largos, al ser razas de origen tropical y poseer baja estacionalidad reproductiva, sin embargo, entre mayor sea la inhibición, las hijas de ovejas continuas presentan una mejor capacidad de respuesta.

Otro ejemplo es la raza D<sup>man</sup> (raza subtropical de Marruecos) que no necesitan el cambio de fotoperiodo de días largos a cortos para iniciar la pubertad. En un estudio realizado en Marruecos, las corderas de la raza D<sup>man</sup> nacidas en el verano inician sus ciclos reproductivos a la misma edad que cuando nacen en el invierno; es decir corderas que nacieron en junio alcanzaron la pubertad en enero, tal vez porque la época de anestro es corta en esta raza y las corderas pueden alcanzar la pubertad al final de la época reproductiva (enero) (Derqaoui, 1993).

En estudios realizados por Foster (1981), se demostró como el fotoperiodo influye en la actividad reproductiva de las ovejas Suffolk. Las corderas de esta raza nacidas durante la primavera alcanzan la pubertad durante la siguiente época reproductiva aproximadamente a las 30 semanas de edad, mientras que las corderas nacidas en el otoño a las 30 semanas de edad se encuentran durante la época de días largos y tendrán que esperar hasta los días cortos del siguiente otoño para comenzar con su actividad reproductiva, cuando tengan entre 48 y 50 semanas de edad. La evidencia que apoya este hecho fue que la edad a la pubertad disminuyó en las corderas nacidas en otoño cuando las expusieron en un fotoperiodo artificial invertido de tal forma que simulara los nacimientos en la primavera. Lo anterior indica que las ovejas de las razas más estacionales requieren de una exposición a días largos, seguidos de días cortos para que se presente la pubertad.

Ebling y Foster (1987), realizaron un estudio con ovejas Suffolk, las cuales habían tenido partos gemelares. En el estudio, las madres y la mitad de sus hijas gemelas fueron mantenidas en un fotoperiodo artificial de días largos a partir del solsticio de verano, mientras que la otra mitad de las gemelas fueron

expuestas a días cortos. Las madres iniciaron su actividad reproductiva en el tiempo esperado (otoño), las corderas mantenidas en un fotoperiodo artificial de días largos retrasaron su pubertad y solo dos de las seis corderas habían ovulado a las 44 semanas de edad. En contraste, todas las corderas expuestas a días cortos ovularon a las  $28 \pm 1$  semanas de edad. Lo anterior demuestra que los días largos continuos retrasan la pubertad y que es necesario un descenso en el fotoperiodo para que inicie la ovulación en las corderas de razas con alta estacionalidad reproductiva. Por otra parte, las ovejas adultas pueden reiniciar su actividad reproductiva en el momento adecuado, a pesar de la ausencia en la disminución del fotoperiodo, ya que cuentan con una historia fotoperiódica, con lo cual se puede decir que son distintos los requerimientos fotoperiódicos en la oveja adulta y en la cordera prepúber.

La información anterior parece indicar que las corderas de razas como la Suffolk, que son altamente estacionales, necesitan los días largos, seguidos de días cortos para iniciar la pubertad, presentando una baja respuesta fotorrefractaria, ya que necesitan tanto los estímulos del cambio de fotoperiodo como del peso corporal para llegar a la pubertad, en contraste la cordera Pelibuey no necesita de los días largos, seguidos de días cortos para que ocurra la pubertad y al parecer solo necesita alcanzar el peso adecuado.

En el análisis de correlaciones se encontró que la edad a la primera ovulación con la ganancia diaria de peso tuvo una correlación negativa significativa en el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional (Figura 6), similar a lo reportado por Velázquez (1990), quien realizó un estudio con corderas Pelibuey en pastoreo, en el que formó 4 grupos con diferentes porcentajes de suplementación alimenticia con concentrado a razón de su peso

vivo (0%, 1%, 2% y 3%) y encontró que al aumentar los porcentajes de suplementación alimenticia, los grupos de corderas obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso y la edad al primer estro fue menor. Esto indicó que una alimentación adecuada promovió el aumento de la masa corporal y de las reservas y esta fue la señal para comenzar a presentar la pubertad y disminuir la edad conforme aumentó la masa corporal y las reservas, probablemente porque hubo un crecimiento compensatorio al tener un mayor DPDP1aov.

En el grupo de corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua existió una correlación positiva significativa de la edad a la primera ovulación con el DPDP1raov (Figura 3), esto indica que mientras más tiempo pase en presentar la pubertad, habrán tenido un mayor período para ganar peso del destete a la pubertad. Del río (2011) obtuvo la misma correlación positiva en el grupo de corderas hijas de estacionales, pero no en el grupo de corderas hijas de continuas, caso contrario que en el presente estudio. A pesar que una gran cantidad de masa corporal ganada en ese periodo podría ser un factor decisivo para comenzar con su actividad reproductiva y que se mantuviera esta tendencia, las corderas hijas de estacionales no presentaron la pubertad antes que las hijas de continuas aún cuando su DPDP1aov fue mayor que el de las hijas de estacionales, se pensaría que entre más peso ganaran durante este periodo, la edad a la pubertad tendría que reducirse por alcanzar el peso crítico a la pubertad en un menor tiempo, tal vez, un adecuado desarrollo durante la lactancia y un mayor peso al destete podrían ser algunos de los factores clave en el anticipo de la pubertad.

La ganancia diaria de peso tuvo una correlación positiva con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de continuas (Figura 4), esto

quiere decir que conforme las corderas tengan una mejor ganancia diaria de peso también su peso a la primera ovulación se verá incrementado. En el estudio realizado por Velázquez (1990) con corderas Pelibuey en pastoreo con 4 grupos con diferentes porcentajes de suplementación alimenticia con concentrado, encontró que los grupos con mejores ganancias diarias de peso también tenían un mayor peso al primer estro. También existió una correlación altamente significativa entre la GDP con el peso al destete y el DPNPD, lo cual nuevamente soporta la hipótesis que esta es una etapa importante para que las ovejas puedan adelantar su pubertad.

El diferencial del peso destete-peso primera ovulación tuvo correlación positiva con el peso a la primera ovulación en el grupo de corderas hijas de continuas (Figura 4), lo que significa que mientras más peso hayan ganado del destete a la pubertad el peso que tengan a la pubertad será mayor. Velázquez (1990) encontró tendencias similares con corderas Pelibuey en pastoreo, en donde las corderas que presentaron una ganancia de peso mayor desde el inicio del estudio (3 meses de edad) al primer estro, también el peso a la pubertad fue mayor. Un hecho relevante en el presente estudio es que las corderas hijas de estacionales obtienen una mayor ganancia de peso del destete a la primera ovulación, sin embargo, no se encontró una correlación significativa.

## **8. CONCLUSIÓN**

La edad a la pubertad en corderas Pelibuey nacidas fuera de temporada es menor en las hijas de ovejas continuas que en las hijas de ovejas estacionales, al ser expuestas a un fotoperiodo natural inhibitorio (días crecientes) y un fotoperiodo artificial inhibitorio constante (días largos).

Las corderas hijas de ovejas con actividad reproductiva continua no responden a los cambios del fotoperiodo y de acuerdo a las variables estudiadas en el presente estudio, sólo necesitan tener un adecuado desarrollo durante la lactancia y un mayor peso al destete para tener el peso adecuado para presentar la pubertad, a diferencia de las corderas hijas de ovejas estacionales en las que si hay un efecto del fotoperiodo.

A diferencia de las corderas de razas originarias de latitudes altas, las corderas Pelibuey no necesitan de días largos seguidos de días cortos para iniciar la pubertad, tal y como sucede en otras razas que muestran baja estacionalidad.

## 9. LITERATURA CITADA

Álvarez L y Andrade S. El efecto macho reduce la edad al primer estro y ovulación en corderas Pelibuey. *Arch Zootec* 2008; 57:91-94.

Arroyo LJ, Gallegos SJ, Villa-Godoy A, Berruecos JM, Perera G y Valencia MJ. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude, *Anim. Reprod. Sci.* 2007; 102: 24-30.

Arroyo LJ. Actividad ovulatoria anual en ovejas Pelibuey y Suffolk en el altiplano mexicano (Tesis de Doctorado). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2006.

Arteaga CJD. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. *Rev. del borrego*, 2007; 46:4-6.

Balcázar SJ. Efecto de la suplementación alimenticia sobre la eficiencia reproductiva de corderas pelibuey inducidas a la pubertad con acetato de melengestrol. *Tesis de licenciatura*. Fac. de Med. Vet. Y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, 1992.

Barrell GK, Moenter MS, Caraty A and Karsch JF. Seasonal changes of gonadotropin – releasing hormone secretion in the ewe. *Biol. Reprod.* 1992; 46:1130-1135.

Bizelis JA, Deligeorgid SG and Rogdakis E. Puberty attainment and reproductive characteristics in ewe. *Biol. Reprod. Sci.* 1990; 23:580-589.

Castillo RH, Valencia MJ y Berruecos VJM. Comportamiento reproductivo del borrego “Tabasco” mantenido en clima tropical y subtropical. I. Índices de fertilidad. *Téc. Pec.* 1972; 20:52-56.

Cerna C, Porras AA, Valencia MJ, Perera G and Zarco L. Effect of an inverse subtropical (19°13' N) photoperiod on ovarian activity, melatonin and prolactin secretion in Pelibuey ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 2000; 60-61, 511-525.

Cognie Y, Gray SJ, Lindsay DR, Oldham C M, Pearce DT and Sognoret JP. A new approach to controlled breeding in sheep using the “ram effect”. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.* 1982; 14:519-522.

Cruz LC, Fernández-Baca S, Álvarez LJ y Pérez RH. Variaciones estacionales en la presentación de la ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo, *Vet. Méx.* 1994; 25:23-27.

Cruz LC. Generalidades de ovinos de pelo: Origen, distribución, razas, características. Memorias del curso Experiencia en la Producción de ovinos de pelo en el CEIEGT. Universidad Nacional Autónoma de México. 1995; 8-16.

Cuellar A. Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010. Rev. del borrego. 2007; 47:14-18.

Del Rio AV. Edad a la pubertad durante la época de reproductiva en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 2011.

Derqaoui L. Onset of puberty and development of reproductive capacity in D<sup>man</sup> and Sardi breeds of sheep and their crosses. Ph.D. Thesis, Agronomy and Veterinary Medicine Institute, Rabat. 1993.

Dickerson GE and Laster DB. Breed heterosis and environmental influences on growth and puberty in the ewe lamb. J. Anim. Sci. 1975; 41:1-9.

Dyrmundsson OR. Natural factors affecting puberty and reproductive performance in ewe lambs: a review. Livestock Production Science. 1981; 8:55-65.

Ebling FJP and Foster DL. Photoperiod requirements for puberty differ from those for onset of the adult breeding season in sheep, Biol. Reprod. 1987; Suppl. 1: 36, 160 (Abstr. 341).

Escobedo AF. Pubertad en la hembra bovina. Memorias del II Curso internacional de fisiología de la reproducción en rumiantes, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2001; 18-21, 101-114.

Esquivel MH. Esquemas de producción estratégicas. Rev. del borrego, 2008; 51:54-60.

Foote WC, Sefidbakht N and Madsen MA. Pubertal estrus and ovulation and subsequent estrous cycle patterns in the ewe, J. Anim. Sci. 1970; 30:86-90.

Foster DL, Ebling FJP, Claypool LE and Woodfill CJI <sup>a</sup>. Cessation of long day melatonin rhythms time puberty in a short day breeder, Endocrinology. 1988; 123:1636-1641.

Foster DL, Ebling FJP and Claypool LE <sup>b</sup>. Timing of puberty by photoperiod. Reprod. Nutr. Dévelop. 1988; 28: 349-364.

Foster DL, Ebling FJP, Vannerson LA, Bucholtz DC, Wood RI, Micka AF, Suite JM and Veenvliet VM <sup>c</sup>. Modulation of gonadotropin secretion during development by nutrition and growth, 11<sup>th</sup> Int. Cong. On. Anim. Reprod. And Artificial Insemination, Dublin, Ireland. 1988; 101.

Foster DL, Olster DH and Yellon SM <sup>a</sup>. Neuroendocrine Regulation of Puberty by Nutrition and Photoperiod. In: Adolescence in Females, Edited by Flamigni C, Venturoli S, Givens JR, Year Book Medical Publ. Chicago, Ill. U.S.A. 1985; 1-21.

Foster DL, Ryan KD and Papkoft H. Hourly administration of luteinizing hormone induces ovulation in prepuberal female sheep. *Endocrinology*. 1984; 115:1179-1185.

Foster DL and Ryan KD. Endocrine mechanism governing transition into adulthood in female sheep. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 1981; 30:75-90.

Foster DL and Ryan KD.<sup>a</sup> Endocrine mechanism governing transition into adulthood: a marked decrease in inhibitory feedback action of estradiol on tonic secretion of luteinizing hormone in the lamb during puberty. *Endocrinology*. 1979; 105: 986-904.

Foster DL and Ryan KD<sup>b</sup>. Mechanism governing onset of ovarian cyclicity and puberty in the lamb. *Ann. Anim. Bioch. Biophys.* 1979; 19(4B):369.

Foster DL, Yellon SM, Ebling FJP and Claypool LE<sup>d</sup>. Are ambient short-day cues necessary for puberty in a short-day breeder?, *Biol. Reprod.* 1988; 38:821-829.

Foster DL, Yellon SM and Olster DH<sup>b</sup>. Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. *J. Reprod. Fertil.* 1985; 75:327-344.

Foster DL and Yellon SM. Normal puberty in the female sheep in the absence of prevailing photoperiod cues, *Biol. Reprod.* 1986; *Suppl. 1*:34, 79 (Abstr. 59).

Foster DL. Mechanism for delay of first ovulation in lambs born in the wrong season (Fall). *Biol. Reprod.* 1981; 25:85-92.

Foster DL. Puberty in the Sheep. In: *The Physiology of Reproduction*, Edited by Knobil, E. and Neill, J. D. Third Edition. Raven Press. 2006; 1:2127-2177.

Gallegos SJ, Delaleu B, Caraty A, Malpoux B and Thiery JC. Estradiol acts locally within the retrochiasmatic area to inhibit pulsatile luteinizing-hormone release in the female sheep during anoestrus. *Biol. Reprod.* 1997; 56:1544-1549.

García ME. Efecto de la edad a la pubertad durante la época de anestro en corderas Pelibuey hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua. Tesis de licenciatura. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Oaxaca, Oax. 2011.

García ME. Modificación al sistema de clasificación climatológica de Köppen. Offset Larios S.A. (editor), México. 1981.

González A, Murphy BD, Foote WC and Ortega E. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Rum. Res.* 1992; 8:225-232.

González EC. Comportamiento reproductivo de ovejas y cabras tropicales, *Rev. Cient.* 1993; 3:173-196.

González RA, Valencia MJ, Foot WC and Murphy BD. Hair sheep in México: Reproduction in the Pelibuey sheep. *Anim. Breed. Abs.* 1991; 59:509-524.

González SC. Características reproductivas de las ovejas tropicales de pelo. Colloque "La Reproduction des Ruminants en Zone Tropicale", INRA-CRAAG. Guadeloupe, Pointe-a Pitre. 1983; 12-20.

Goodman LR, Bittman LE, Foster LD and Karsch JF. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 1982; 27: 580- 589.

Hafez ESE. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J Agric Sci.* 1952; 42, 189-265.

Hanocq E, Bodin L, Thimonier J, Teyssier J, Mcalpaux B and Chemineau P. Genetic parameters of spontaneous spring ovulatory activity in Mérinos d'Arles sheep. *Genet. Sel. Evol.* 1999; 31: 77-90.

Heredia A, Menéndez TM y Velázquez MA. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.* Tamaulipas, México. 1991; 115.

l'Anson H and Legan SJ. Changes in LH pulse frequency and serum progesterone concentration during the transition to breeding season in ewes. *J. Reprod. Fertil.* 1988; 82: 341-351.

Karsch FJ, Bittman EL, Foster DL, Goodman RL, Legan SJ and Robinson JE. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. Recent progress in hormone research. 1984; 40: 185-229.

Karsch FJ, Cummins JT, Thomas G B and Clark IJ. Steroid feedback inhibition of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the ewe. *Biol. Reprod.* 1987; 36: 1207-1218.

Karsch FJ, Dahl GE, Evans NP, Manning JM, Mayfield KP, Moenter SM and Foster D. Seasonal changes in gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe. Alteration in response to the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 1993; 49: 1377-1383.

Karsch FJ, Legan SJ, Ryan KD and Foster DL. Importance of estradiol and progesterone in regulation LH secretion and estrous behavior during the sheep estrous cycle. *Biol. Reprod.* 1980; 23: 404-413.

Lahlou-Kassi A, Berger YM, Bradford GE, Boukhliq R, Tibary A, Derqaoui L and Boujenane I. Performance of D'Man and Sardi sheep on accelerated lambing. I. Fertility, litter size, postpartum anoestrus and puberty. *Small. Rumin. Res.* 1989; 2: 225-239.

Land RB. Reproduction in young sheep: some genetic and environmental sources of variation. *Journal of Reproduction and fertility.* 1978; 52: 427-436.

- Legan JS and Karsch JF. Neuroendocrine regulation of the estrous cycle and seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 1979; 20: 74-85.
- Light JE, Silvia WJ and Reid RC. Luteolytic effect of prostaglandin F2 alpha and two metabolites in ewes. *Journal of Animal Science*, 1994, 72; 2718-2721.
- Lindsay DR. Reproduction in the Sheep and Goat. In: *Reproduction in Domestic Animals*, Ed. Cupps, P.T. Academic Press, California U.S.A. 1991.
- Malpoux B, Thiéry JC and Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction, *Reprod. Nutr. Dev.* 1999; 39: 355-366.
- Martin GB. Métodos “Limpios, Verdes y Éticos” para aumentar la eficiencia reproductiva en pequeños rumiantes. *Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Rumiantes*; Montecillos, Texcoco (Edo. de Mex) México: Colegio de posgraduados, 2005; 2-15.
- Martínez RRD, Zarco QL, Cruz LC y Rubio GI. La estacionalidad de la actividad ovárica en la oveja Pelibuey es independiente de variaciones en el peso o condición corporal de los animales. In: *Memorias del VIII Congreso Nacional de Producción Ovina*, Chapingo, Edo. de México. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, A.C. 1995; 131-134.
- Murtagh JJ, Gray SJ, Lindsay DR and Oldham CM. The influence of the 'ram effect' in 10-11 month-old merino ewes on their subsequent performance when introduced to rams again at 15 months of age. *Anim. Prod.* 1984; 15, 490-493.
- NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants, National Academy of Sciences, 2007; pp.; 256, 312-319.
- Oldham CM, Gray SJ. The “ram effect” will advance puberty in 9 to 10 month old Merino ewes independent of their season of birth. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* 1984; 15:727.
- Pineda MH. Patrones Reproductivos de la Oveja y la Cabra. En *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*, Editado por McDonald, L.E. y Pineda, M.H., Interamericana McGraw-Hill, México D.F. 1991; 416-435.
- Porras AA. Características reproductivas de la oveja Pelibuey. *Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Rumiantes.* Texcoco México. Colegio de Posgraduados. 2005; 72-82.
- Porras AA. Efecto del fotoperiodo artificial sobre la actividad reproductiva de la oveja Pelibuey. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. DF. México. 1999.
- Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G and Posadas E. Progesterone metabolism during storage of blood sample from Gyr cattle: effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology.* 1991, 35 (5): 965-975.

Rodríguez MR, Zarco L and Cruz C. Effect of different levels of supplementation on age and weight at puberty onset in Pelibuey ewes born during the autumn. 12th International Congress on Animal Reproduction. The Hague, The Netherlands., Free Communications Numbers. 1992; Serie 616:2096-2098.

Rodríguez MR. Efecto de la suplementación sobre el inicio a la pubertad en la borrega Tabasco o Pelibuey, Tesis de doctorado, Fac. Med. Vet. Y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1991.

Russel A. Body condition scoring of sheep. In Practice. 1984; 6: 91-93.

SAGARPA. Estadísticas Agropecuarias, México D.F. 2008.

SAS/STAT. User's Guide (computer program) version 6.05 Edition SAS Institute INC. Cary NC. USA. 1988.

Scaramuzzi RJ and Baird TD. Pulsatile release of luteinizing hormone and the secretion of ovarian steroids in sheep during anestrus, Endocrinol. 1977; 101: 1801-1806.

Schillo KK, Hall BJ and Hilleman SM. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer, J. Anim. Sci. 1992; 116: 3994-4005.

Scott EG. The Sheepman's Production handbook, Sheep Industry Development Program. Denver Colorado. 1977.

Segura JC, Sarmiento L and Rojas O. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in the Mexico under extensive management. Small Rum. Res. 1996; 21: 57-62.

Trujillo QJ. Caracterización de los eventos reproductivos en ovejas Pelibuey seleccionadas para ciclar de manera continua. (Tesis de Maestría). México D.F. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 2005.

Valencia MJ, Berruecos VJM, Zarco QL, Pérez RH y Roldán RA. Métodos de selección de ovejas Pelibuey con actividad reproductiva continua. XXXIV Congreso Nacional de Buiatría 2010. Monterrey, N.L. Asociación Mexicana de médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C. 2010; 220.

Valencia MJ y Roldán RA. Identificación de ovejas Pelibuey con actividad reproductiva continua. Memorias. XXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal. 2006; CDR 10 pág.

Valencia ZM, Heredia AM y González PE. Estacionalidad reproductiva en hembras Pelibuey. Memorias de la VIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Santo Domingo. República Dominicana. 1981; 8:10-14.

Velázquez LA. Efecto del nivel de suplementación sobre la presentación del primer estro en ovejas Tabasco. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1990.

Yellon SM, Foster DL, Longo LD and Suttie JM. Ontogenie of pineal melatonin rhythm and implications for reproductive development in domestic ruminants, Anim. Reprod. Sci. 1992; 30: 91-112.

Yellon SM and Foster DL. Alternated photoperiods time puberty in the female lamb. Endocrinology. 1985; 116:2090-2097.

Yellon SM and Foster DL. Melatonin rhythms mediate photoperiodic timing of puberty in the female lamb. Biol. Reprod., 1984; 30(Sppl., 1), 107 (Abstr.).

Zavala ER, Ortiz OJ, Ramón UJ, Montalvo MP y Sierra VA, Sanginés GJ. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco, Zootecnia Trop. 2008; 26.