

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**EFFECTO DE ÉPOCA DEL AÑO SOBRE ACTIVIDAD ESTRAL,
OVULACIÓN Y FUNCIONALIDAD DEL CUERPO LÚTEO EN OVEJAS
PELIBUEY BAJO CONDICIONES ÁRIDAS DE MÉXICO**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA

M.V.Z TERESA DE JESÚS SÁNCHEZ ESTRADA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ULISES MACÍAS CRUZ

EJIDO NUEVO LEÓN, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. JUNIO DE 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**EFFECTO DE ÉPOCA DEL AÑO SOBRE ACTIVIDAD ESTRAL,
OVULACIÓN Y FUNCIONALIDAD DEL CUERPO LÚTEO EN OVEJAS
PELIBUEY BAJO CONDICIONES ÁRIDAS DE MÉXICO**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA

M.V.Z TERESA DE JESÚS SÁNCHEZ ESTRADA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ULISES MACÍAS CRUZ

EJIDO NUEVO LEÓN, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. JUNIO DE 2014.

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO
PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADO POR EL MISMO Y ACEPTADA
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California.

Dr. Ulises Macías Cruz

Director de Tesis

Ph. D. Leonel Avendaño Reyes

Sinodal

MC. Francisco Daniel Álvarez Valenzuela

Sinodal

Ph. D. Abelardo Correa Calderón

Sinodal

AGRADECIMIENTOS

DIOS, gracias por darme la oportunidad de culminar una meta más en vida.

PAPI, MAMI, gracias por todo su apoyo y amor a distancia, como siempre ustedes estuvieron conmigo en las buenas y en las malas. Son el mejor regalo que me ha dado la vida.

HERMANAS, gracias por preocuparse por mí y apoyarme. Como siempre bien unidas las cuatro.

A MIS SOBRINOS, gracias por su gran cariño en especial a ti mi apity porque desde que llegastes a este maravilloso mundo cambiaste nuestras vidas para hacernos felices. Son la mejor bendición que no ha dado dios a toda la familia.

A MI QUERIDO NOVIO, gracias por tu enorme apoyo y amor sin duda alguna eres la persona perfecta para mí.

A MI ASESOR, gracias doctor Ulises Macías Cruz por su paciencia y apoyo, yo sé que no fue algo fácil pero tampoco difícil, con dedicación, paciencia y trabajo se pueden realizar muchas cosas y una de ellas fue esta tesis que con mucho esfuerzo se realizo gracias a usted.

A MIS MAESTROS, gracias a todos los que participaron en mi formación como maestra en ciencias, algunos como maestros, consejeros pero al fin estuvieron para apoyarme. Dios los bendiga a todos.

A MIS COMPAÑEROS, gracias a todos mis compañeros de maestría por sus consejos, ánimos y apoyo, les deseo todo el éxito.

También le quiero dar las gracias a gente del ICA que me dio su amistad y su apoyo incondicional muchísimas gracias llevo un bonito recuerdo de mucha gente que tan solo con un saludo me alegraba el día.

Gracias a la gente externa que me dio su apoyo y ayuda, dios los bendiga. Hay gente que ya está en el cielo que me apoyo siempre pero se fue y no alcanzo verme titulada como maestra pero yo sé que me cuida y me sigue apoyando.

DEDICATORIAS

ADIOS, por darme la dicha de estar en esta vida que está llena de cosas maravillosas.

A MIS PADRES, por ser lo mejor que tengo en la vida y ser mi inspiración. Gracias por ser mis padres, mis éxitos son de ustedes no míos.

A MIS HERMANAS, por ser las mejores y estar conmigo siempre. Las quiero con todo mi corazón.

A MIS SOBRINOS, por regalarme sus sonrisas que alimentan mi alma.

A MI GRAN AMOR, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Eres como algo en peligro en extinción.

A MIS ANIMALES, que haría sin mis animalitos si ellos son fundamentales en mi vida.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Ciclo estral en ovejas.....	3
2.2. Estacionalidad reproductiva.....	4
2.3. Actividad reproductiva en ovejas de pelo.....	7
2.4. Efecto de época sobre características del ciclo estral.....	8
2.4.1 Conducta de estro.....	8
2.4.2 Duración del ciclo estral.....	10
2.5. Efecto de época sobre actividad ovárica.....	11
2.5.1. Ovulación.....	11
2.5.2. Funcionalidad del cuerpo lúteo.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Lugar de estudio, manejo y animales.....	15
3.2. Condiciones climáticas.....	16
3.3. Peso vivo y condición corporal.....	16

3.4. Ciclo estral y conducta estral.....	16
3.5. Ovulación.....	17
3.6. Funcionalidad del cuerpo lúteo.....	18
3.7. Análisis estadístico.....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Condiciones climáticas.....	20
4.2. Peso vivo y condición corporal.....	21
4.3. Características del ciclo estral.....	23
4.4. Conducta estral.....	26
4.5. Actividad ovulatoria.....	30
4.6 Funcionalidad del cuerpo lúteo.....	32
5. CONCLUSIONES.....	35
6. LITERATURA CITADA.....	36

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Promedios diarios por época de temperatura, humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH).....	20
Cuadro 2. Efecto de época del año sobre las características del ciclo estral de ovejas Pelibuey.....	23
Cuadro 3. Efecto de época del año sobre la conducta de estro de ovejas Pelibuey.....	27
Cuadro 4. Efecto de época de año sobre la actividad ovulatoria de ovejas Pelibuey.....	30

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Efecto de época del año sobre el peso vivo y condición corporal de ovejas Pelibuey.....	22
Gráfica 2. Efecto de época del año sobre el porcentaje de ciclos cortos, normales, largos, múltiples de ovejas Pelibuey.....	24
Gráfica 3. Efecto de época del año sobre el porcentaje de ciclos estrales con estros cortos, normales y largos de ovejas Pelibuey.....	28
Gráfica 4. Efecto de época del año y día del ciclo estral sobre las concentraciones de progesterona de ovejas Pelibuey.....	33

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de época del año sobre las características del ciclo estral, la actividad ovulatoria y la funcionalidad del cuerpo lúteo de ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México (32° latitud norte [LN]). Durante todo un año, 22 ovejas multíparas no gestantes fueron expuestas diariamente a machos provisto de mandil para medir conducta de estro y duración del ciclo estral. Además, se tomaron muestras sanguíneas durante el año para medir concentración de progesterona y caracterizar la ovulación y la funcionalidad del cuerpo lúteo. La información fue analizada bajo un diseño completamente al azar usando época como tratamiento. Las ovejas mantuvieron constante su peso vivo ($P>0.05$) y condición corporal ($P>0.05$) a través del año. El número de ciclos estrales totales y normales, así como el número de signos de estro totales y normales por oveja fueron mayores ($P<0.05$) para verano y otoño en comparación con invierno y primavera. Durante el invierno y primavera fue mayor ($P<0.05$) el número de ovulaciones por oveja y menor ($P<0.05$) el porcentaje de ovejas con estros silenciosos que en verano y otoño. Las concentraciones de progesterona entre los días 5 y 14 del ciclo estral fueron mayores ($P<0.05$) en otoño que en invierno y primavera. En conclusión, bajo las condiciones áridas de México localizadas a 32° LN, las ovejas Pelibuey reducen su actividad estral y ovulatoria, así como también la funcionalidad del cuerpo lúteo en las épocas de invierno y primavera.

Palabras claves: Ovejas de pelo, signos de estro, estacionalidad reproductiva, progesterona.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of season of the year on characteristics of the estrous cycle, ovulatory activity and functionality of *corpus luteum* in Pelibuey ewes under arid conditions of northwestern Mexico (32° North Latitude [LN]). During a complete year, 22 multiparous non pregnant Pelibuey ewes were exposed daily to rams fitted with an apron to measure estrous behavior and duration of the estrous cycle. Additionally, blood samples were collected throughout the year to measure progesterone concentration in order to characterize ovulation and functionality of the *corpus luteum*. Data were analyzed under a completely randomized design using the season as treatment. Ewes maintained a steady ($P>0.05$) live weight and body condition score across all seasons. The number of total and normal estrous cycles, as well as the number of total and normal estrous signs per ewe were greater ($P<0.05$) in summer and autumn than in winter and spring. Compared with winter and spring, higher ($P<0.05$) number of ovulations per ewe and lower ($P<0.05$) percentage of ewes with silent estrous were observed in summer and autumn. Progesterone concentrations between days 5 and 14 of the estrous cycle were higher ($P<0.05$) in autumn than in winter and spring. In conclusion, under arid conditions of Mexico located at 32° LN, Pelibuey ewes reduce their estral and ovulatory activity, likewise the *corpus luteum* functionality in winter and spring seasons.

Keywords: Hair sheep, estrous signs, reproductive seasonality, progesterone.

1. INTRODUCCION

En los últimos años, la población de ovinos de pelo Pelibuey se incrementó en las regiones áridas y semiáridas del noroeste de México debido a que se adapta fácilmente a las condiciones climáticas extremas y son altamente rústicos (Macías-Cruz et al., 2010). Además, bajo estas condiciones, reproductivamente han mostrado comportarse muy similar a lo observado en otras regiones del sur y centro del país, es decir, solamente una reducción en la actividad estral y ovulatoria entre los meses de enero a mayo sin llegar a considerarse un anestro estacional como se ha descrito en ovinos de lana (Gastelum-Delgado et al., 2013).

Sin embargo, en la región noroeste de México (32° latitud norte [LN]), el clima es muy variable entre épocas, de tal manera que en verano las temperaturas alcanzan hasta 50° C, mientras que en invierno puede ser bajo 0° C. Adicionalmente, la precipitación es escasa, lo cual limita la disponibilidad y calidad del forraje a través de las épocas. Así, las altas temperaturas registradas en verano en combinación con la escasez de forraje y los cambios fotoperiódicos circanuales podrían provocar alteraciones en la conducta de estro, en la actividad ovulatoria y en la funcionalidad del cuerpo lúteo entre las épocas del año. No obstante, poco se conoce de las variaciones entre épocas en las características del ciclo estral y funcionalidad del cuerpo lúteo que presentan las ovejas Pelibuey bajo estas condiciones ambientales o cualquier otro clima. Un estudio realizado al sur del país (21° 06' LN) donde evaluaron efecto de época (verano-otoño vs. invierno-primavera) sobre actividad estral, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey (De la Isla et al., 2010), encontraron que la época no afectó la duración del estro, la longitud del ciclo

estral ni el diámetro máximo folicular; no obstante, el porcentaje de ovejas en estro, el número de folículos ≥ 4 mm y la tasa de ovulación fueron menores en invierno-primavera que en verano-otoño. Otro estudio realizado en Brasil a $21^{\circ}59'$ de latitud sur con ovejas de pelo Santa Inés, reportaron menor cantidad de ciclos estrales y mayor presencia de ovejas con ovulaciones silenciosas en primavera y verano comparado con otoño e invierno (Rodríguez et al., 2007). Ambos estudios muestran el impacto que tiene la época del año sobre los patrones reproductivos de los ovinos de pelo, y muestran la necesidad de seguir realizando investigaciones al respecto para comprender la fisiología reproductiva de esta raza de ovinos bajo diferentes escenarios climáticos y de producción. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de época del año sobre la funcionalidad del cuerpo lúteo, y sobre las características del ciclo estral y ovulatoria en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ciclo estral en ovejas

El ciclo estral se define como el intervalo entre dos estros y se caracteriza por cambios conductuales, hormonales y fisiológicos donde se incluyen procesos como foliculogénesis, ovulación y formación del cuerpo lúteo (Rangel-Porta et al., 2010). La duración del ciclo estral varía entre las especies domésticas, teniendo en ovejas un rango de 15 a 19 días en forma normal, pero en promedio alrededor de 17 días.

El ciclo estral se divide en dos fases en términos generales, la fase folicular y la lútea, de acuerdo a su actividad ovárica. Mientras que su actividad fisiológica también se puede dividir en 4 etapas, las cuales son: proestro, estro, metaestro y diestro (Hafez, 2004).

En la fase folicular ocurren una serie de eventos fisiológicos a nivel de los folículos, y dichos eventos están regulados endocrinológicamente por hormonas hipofisarias, principalmente. Durante esta fase, se encuentran las etapas de proestro y estro. En ovinos tiene una duración aproximada de 2 a 3 días (fase folicular), iniciando con el reclutamiento folicular y finaliza con la ovulación (Rangel-Porta et al., 2010).

En general, durante esta fase se da todo el proceso de foliculogénesis, proceso mediante el cual se desarrollan los folículos ováricos pasando por diferentes etapas (reclutamiento, selección, dominancia y maduración) hasta su ovulación. Conforme avanza el desarrollo folicular por oleadas, los folículos se vuelven altamente sensibles a las gonadotropinas y requieren de ellas para su crecimiento, específicamente de la GnRH y la hormona folículo estimulante (FSH). Una vez que

algún folículo de los reclutados alcanzan la dominancia y los niveles de estradiol incrementan, la liberación de FSH es bloqueada, y a partir de este momento cambian su dependencia a hormona luteinizante (LH). Para esto, la presencia de estradiol activa receptores de LH en las células de la granulosa y tecas del folículo dominante, favoreciendo la acción de LH y, consecuentemente, la generación del pico preovulatorio de LH, logrando así la ovulación (Gutiérrez-Aguilar et al., 2010).

Posterior a la ovulación y a un reacomodo de las células de la teca y granulosa, se produce la formación del cuerpo lúteo dando lugar así a la fase lútea, la cual se caracteriza por la formación, desarrollo, maduración y funcionalidad del cuerpo lúteo (CL); durante esta fase se integran las etapas de metaestro y diestro del ciclo estral con una duración de 12 a 14 días en el ovino. Esta fase se caracteriza por altos niveles sanguíneos de la hormona progesterona (P4), la cual es sintetizada por el CL con el objeto de preparar a la hembra para una posible gestación (Rangel-Porta et al., 2010). De no ocurrir la gestación, el CL sufre regresión y la síntesis de P4 se reduce. La regresión del CL es ocasionada por la liberación de prostaglandina (PGF2 α), la cual actúa sobre las células del CL. El mecanismo por el cual se inicia la síntesis y secreción de PGF2 α depende de la activación de oxitocina por efecto del aumento de estradiol debido al crecimiento de la segunda oleada folicular post-ovulación (Cerón y Zarco, 1998). Entre los días 12-13 del ciclo estral se determina la pérdida de la actividad biológica del cuerpo lúteo en las ovejas y permite que se inicie de nuevo otra fase folicular (Cueto y Gibbons, 2000).

2.2. Estacionalidad reproductiva

Los pequeños rumiantes tienen la capacidad de programar su época de pariciones cuando la disponibilidad de forraje es abundante y las condiciones

climáticas son aptas para la sobrevivencia de sus crías. Esto lo logra por la capacidad que tiene esta especie para mostrar una actividad reproductiva circanual estacional, en donde ciertas épocas del año son anéstricas y en otras receptivas al macho. Dicho mecanismo adaptativo es conocido como estacionalidad reproductiva (Arroyo, 2011).

En ovejas, este fenómeno de estacionalidad se regula por efecto del fotoperiodo principalmente, y en forma indirecta por factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y disponibilidad de alimento (González-Reyna et al., 1992). En los meses que la cantidad de horas luz es menor, las ovejas tienden a presentar actividad estral en forma continua, y una situación contraria sucede cuando los días son más largos (Porrás et al., 2003). En este sentido se describen las ovejas como poliéstricas estacionales.

Endocrinológicamente, en la época de anestro se reduce la frecuencia de pulsos de hormona gonadotrópica (GnRH) y luteinizante (LH), lo cual se debe a una baja en la secreción de melatonina que provoca una retroalimentación negativa del estradiol.

La melatonina es una hormona secretada por la glándula pineal en horas de oscuridad, de tal manera que la presencia de días cortos favorece su secreción (Karsh et al., 1984). La baja producción de melatonina (días largos) provoca un aumento en la sensibilidad hipotalámica e induce la actividad de la tirosina hidroxilasa, enzima importante en la síntesis de la dopamina. El sistema dopaminérgico actúa como intermediario entre el estradiol y las neuronas de GnRH, favoreciendo que el estradiol produzca un efecto de retroalimentación negativa sobre

la secreción pulsátil de GnRH/LH, evitando de esta manera que ocurra la ovulación y comience el anestro estacional (Karch et al., 1984).

Durante la época reproductiva (días cortos), la mayor duración en la secreción de melatonina provoca que la actividad de la tirosina hidroxilasa y la dopamina se reduzcan y que el efecto de retroalimentación negativa del estradiol finalice a nivel de hipotálamo sobre GnRH, restableciéndose la ciclicidad estral y ovulación (Arroyo, 2006).

En el caso de México, la época de actividad reproductiva es verano y decrece en las primeras semanas de invierno, mientras que la época de anestro se inicia en invierno abarcando toda la primavera y algunas semanas de verano (González-Reyna et al., 1992; Arroyo, 2011). Cabe mencionar que la duración de la época reproductiva varía ampliamente entre razas (López, 1989). En las razas desarrolladas en latitudes mayores a los 35°, el fenómeno de estacionalidad es más marcado, mientras que en razas desarrolladas a latitudes menores (alrededor del ecuador), puede llegar a ser inexistente (Porrás et al., 2003), o bien, considerarse como una época de baja actividad reproductiva puesto que cierto porcentaje de ovejas siguen presentando actividad estral en forma continua (Valencia et al., 2006).

2.3. Actividad reproductiva en ovejas de pelo

Las ovejas de origen ecuatorial presentan una reducida estacionalidad reproductiva e incluso, ausencia de la misma, siendo capaces de reproducirse todo el año. Algunos autores han sugerido que la reducida estacionalidad en esta raza ovina puede deberse a la variación estacional en la cantidad y calidad del forraje (González-Reyna et al., 1992). Sin embargo, aún bajo una alimentación constante de buena calidad a lo largo del año, algunos estudios (Hereida et al., 1991; Martínez et al., 1995) han demostrado que la oveja Pelibuey tienen la capacidad de presentar periodos de baja actividad reproductiva, lo cual sugirió la existencia de un efecto del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva en las hembras, siendo la alimentación un factor secundario. En un estudio realizado por Cerna et al. (2000), encontraron que las ovejas Pelibuey presentan variación en la actividad reproductiva como consecuencia de cambios en la secreción de melatonina y prolactina a través del año, siendo el fotoperiodo el principal factor que influye en estas variaciones.

En un estudio realizado en el altiplano mexicano (19° LN) por Arroyo et al. (2007), reportaron que una alta proporción de ovejas Pelibuey (desarrolladas a latitudes del ecuador) son capaces de ovular a través del año, mientras que las ovejas Suffolk (originarias de LN $\geq 35^\circ$) obedecen estrictamente a los cambios fotoperiodicos, presentándose un marcado anestro estacional, similar al observado a una latitud de 35°. Otros estudios realizados con ovejas de pelo Pelibuey coinciden con los resultados de Arroyo et al. (2007), al mencionar que este tipo de razas no presentan un anestro estacional marcado como las de lana, además de que existen un cierto grupo de ovejas que prácticamente presentan actividad estral ovárica durante todo el año, siendo el fotoperiodo en dicho grupo de oveja un factor

inrelevante para controlar la actividad reproductiva circanual (González-Reyna et al., 1992; Cerna et al., 2004; Porras et al., 1999; Valencia et al., 2006).

Basado en los resultados de Arroyo et al. (2007) y por Porras et al. (1999), se diferenciaron tres tipos de ovejas Pelibuey: 1) ovejas que responden a ligeros cambios de fotoperiodo en regiones tropicales, por lo cual presentan un anestro regular (40%); 2) ovejas que no responden a cambios fotoperiódicos a 19° LN y son capaces de ciclar en forma continua bajo estas condiciones (40%); y 3) ovejas que son insensibles a cambios de fotoperíodo natural a latitudes $\geq 19^\circ$.

2.4. Efecto de época sobre características del ciclo estral

2.4.1. Conducta de estro

La presencia de estro y su duración depende de la especie, raza, alimentación época del año (Hafez, 2004). En un estudio realizado a 07° 40' L No para evaluar el efecto de la época del año sobre la presencia de actividad estral en ovejas de West African (Ovejas de pelo), Navarro et al. (1984) encontraron ligeramente mayor porcentaje de ovejas en estro durante invierno (94%) y verano (90%) comparado con primavera (87%) y otoño (86%). No obstante, en ovejas Peulh de Niger localizadas a los 13° 30' LN, Yenikoye (1984) reportó menos del 50% de ovejas en estro en invierno contra 90% observado en verano y otoño. En primavera, el porcentaje de presencia de estro fue de 78%, valor intermedio a las otras épocas. Por su parte Avdi et al. (1993) encontraron mayor presencia de estros en las épocas de invierno (100%) y otoño (100%), y menor en primavera (46%) y verano (66%) en ovejas Chios que se encontraban a una latitud de 40° 15'. En la misma raza de ovejas, similares resultados fueron encontrados en años posteriores por estos autores (Avdi et al.,

1998). En general, estos resultados sugieren una alta variabilidad en la capacidad que tienen las ovejas para presentar una actividad estral continua a través del año, siendo notable que algunas razas han logrado desarrollar mecanismos para prácticamente desaparecer de su regulación reproductiva circanual el fenómeno de estacionalidad.

En ovinos Pelibuey poco se ha estudiado el efecto de la época del año sobre su actividad estral, sin embargo, varios estudios donde han evaluado el porcentaje de ovejas en estro mensual sugieren cierta reducción entre los meses de febrero a junio, por tal motivo, se podría considerar que en invierno y primavera es cuando esta raza tiende a disminuir su actividad estral (González-Reyna et al., 1992; Valencia et al., 2006; Arroyo et al., 2007 y Gastelum-Delgado et al. 2014). Es posible que esto sea consecuencia de un efecto de estacionalidad reproductiva como resultado de variaciones en el fotoperiodo. Cerna et al. (2004) reportaron variabilidad en la secreción de hormonas melatonina y prolactina en ovejas Pelibuey, sugiriendo que, al igual como en las razas de lana, los ovinos de pelo regulan su actividad reproductiva por efecto del fotoperiodo, aunque dicho efecto solamente es parcial. De hecho, Arroyo et al. (2007) indican que existen diferentes tipos de ovejas Pelibuey desde el punto de vista de conducta estral, siendo menor el porcentaje de ovejas que responden al fenómeno de estacionalidad.

En lo referente a la duración de la conducta de estro y al número de veces que presentan signos de estro, algunos estudios también sugieren cierta variación por efecto de la época, no obstante es escasa la información. En ovejas se considera que un estro de duración normal se ubica entre las 24 y 36 h, con capacidad para mostrar entre 15 y 19 días (Rodríguez et al., 2007). En cabras, especie estacional al

igual que las ovejas, Fakruzzaman et al. (2012) observaron que la duración del estro fue más largo en la época de invierno (44 h) en comparación con verano, donde la duración estuvo en un rango normal (36 h). En vacas Indubrasil, aun cuando no es una especie estacional, Villagómez et al. (2000) demostraron variación en la duración del estro por efecto de la época del año, siendo menor en verano y otoño. Un estudio más reciente realizado en Brasil bajo un clima subtrópico con ovejas Santa Inés, raza de pelo, Rodríguez et al. (2007) observaron que presentaron estros cortos y el número de veces que presentaban dichos signos eran menor en verano que en las otras épocas.

2.4.2. Duración del ciclo estral

Se considera que el ciclo estral en una oveja tiene una duración de 17 días en promedio, pero puede presentarse en un rango normal de 15 a 19 d (Sasa et al., 2002). No obstante, el fenómeno de estacionalidad puede provocar variaciones en su duración, principalmente por efecto en el cambio en la secreción de estrógenos, progesterona y desactivación de receptores en el hipotálamo basal (Arroyo 2011). Un estudio realizado por Sasa et al. (2002), donde compararon razas de lana con pelo sobre duración del ciclo estral entre los meses de abril a noviembre (primavera, verano y otoño), observaron que la frecuencia con que se presentaba ciclos de duración normal era similar entre razas (~57%), no obstante las ovejas de pelo tendían a presentar menos frecuente ciclos estrales de duración corta y mayor porcentaje de ciclos de duración múltiple (entre 27 y 57 días). En ovejas Menz, Mukasa et al. (1993) observaron una diferencia numérica en el porcentaje de ciclos cortos (18% en verano, 19% en primavera y 24% en otoño) y largos (10% en verano,

16% en primavera y 10% en otoño) por efecto de época del año. Con respecto a los ciclos normales, en otoño (65.9%) fue mayor la presencia de este tipo de ciclos comparado con primavera (51.8%) y verano (45.2%). En otras especies regidas por la estacionalidad reproductiva también han reportado un efecto de época del año sobre la duración del ciclo estral. En cabras Black Bengal, Fakruzzaman et al. (2012) observaron mayor y menor porcentaje de ciclos de duración normal y corto, respectivamente, en invierno comparado con verano.

2.5. Efecto de época sobre actividad ovárica

2.5.1. Ovulación

La ovulación es el acto de liberar el ovocito a partir del folículo en el cual se desarrolló y maduró (Hafez, 2004). Pero hay ocasiones en que no se logra este evento reproductivo del ciclo estral, aún cuando se hayan detectado signos de estros, conllevando a la presencia de ciclos infértiles (Rangel-Portal et al., 2010). En general, el momento en que sucede este evento es impredecible, siendo uno de los principales motivos por lo que algunas técnicas reproductivas como inseminación artificial a tiempo fijo han tenido poco éxito (Urritia-Morales et al., 2009). En este sentido, factores genéticos y ambientales (época del año) son culpables de las alteraciones en el proceso ovulatorio.

Estudios realizados por Martínez et al. (1995) y Porras et al. (1999) en ovejas Pelibuey, concuerdan en mencionar que en primavera e invierno la actividad ovulatoria es menor. Similarmente, González et al. (1992) reportaron mayor porcentaje de ovejas Pelibuey ovulando en las épocas de verano (88.3%) y otoño (65%) en comparación con primavera (45%) e invierno (49.6%). De la Isla et al.

(2010) concuerda con los resultados anteriores debido a que observaron un mayor porcentaje de ovulaciones en ovejas Pelibuey durante las época de verano (100%) y otoño (100%) en comparación con primavera (70%) e invierno (70%). A partir de estos resultados se puede concluir que la actividad ovulatoria es dependiente de la época del año, siendo en la época de natural de baja actividad reproductiva cuando las ovejas de pelo como la Pelibuey, presentan una reducción en el porcentaje de ovejas que ovulan.

Cabe mencionar que algunas fallas se han descrito en la actividad ovulatoria por efecto de época en ovinos, siendo la principal la presencia de ovulaciones silenciosas, es decir, ovejas que ovulan sin mostrar signos de estro (Hafez. 1987). Al respecto, poca atención se ha puesto a esta problemática en los diferentes estudios realizados sobre actividad reproductiva en ovinos de pelo de raza Pelibuey. Este comportamiento se presenta más comúnmente en las época de inicios de invierno y verano para ovejas de lana, y ha sido considerado como un proceso reproductivo natural que se da en la época de transición del anestro (Arroyo, 2011). La presencia de ovulaciones silenciosas está directamente con la disminución en los niveles de progesterona, lo cual provoca que los receptores en el hipotálamo medio basal disminuyan y la acción positiva de los estrógenos para la aparición de estro desaparezca. Y así los estrógenos circulantes son suficientes para desencadenar un pico preovulatorio de LH pero no los signos de estro, así se da una ovulación silenciosa (Rodríguez et al., 2007; Rosa et al., 2011).

2.5.2. Funcionalidad del cuerpo lúteo

El CL es una glándula temporal formada a partir de células de la granulosa y la teca procedentes del folículo ovulatorio, y es encargada de la secreción de la hormona progesterona (Sagha et al., 2002). La hipertrofia de las células de la granulosa luteinizadas, la hiperplasia de los fibroblastos del tejido conectivo tisular y la vascularización contribuyen al incremento de la medida del CL. El CL de las ovejas alcanza su máximo diámetro entre el día 6 y 9 después de la ovulación, y la regresión se presenta entre los días 13 y 16 (Sangha et al., 2002).

Con la formación del CL se inicia la secreción de progesterona inhibiendo la liberación de GnRH y por lo tanto de LH. Cuando las concentraciones de dicha hormona son altas, durante la fase lútea del ciclo, la frecuencia de los pulsos de GnRH/LH es baja. Al momento de ocurrir la regresión del cuerpo lúteo, disminuyen los niveles de progesterona incrementando el número de receptores de estradiol en el hipotálamo medio basal y aumenta la sensibilidad a estradiol (Arroyo et al., 2006). Aunque cabe mencionar que el número de receptores que se activan en hipotálamo medio basal depende directamente de la concentración de progesterona acumulada en el ciclo estral previo. Cuando dicha concentración es baja, el número de receptores disminuye y viceversa (Villagómez et al., 2000). En este sentido, Arroyo et al. (2006), en su revisión de estacionalidad reproductiva de ovinos, ha descrito a la progesterona como una hormona importante para marcar el inicio del anestro en pequeños rumiantes. Por lo tanto, es de esperarse una variabilidad entre las épocas del año en la funcionalidad del CL.

En ovejas Ossimi, Ali et al. (2006) evaluaron el efecto de época sobre la presencia y crecimiento del CL, encontrando una aparición más tardía del CL pero

una mayor tasa de crecimiento en primavera que en otoño e invierno. Pero los CL formados en otoño e invierno tuvieron un diámetro máximo mayor e iniciaron su regresión más tardía (un día después). Además, indicaron que en otoño la funcionalidad del CL era mejor que en las otras épocas, ya que encontraron niveles de progesterona en suero más altos a través de los días del ciclo estral. Congruente con los resultados de Ali et al. (2006), en ovejas Santa Inés, Rodríguez et al. (2007) reportaron un ligero descenso en los niveles de progesterona en la época de baja actividad reproductiva, bajo condiciones semiáridas de Brasil.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio, manejo y animales

El estudio se llevó a cabo durante todo el año 2011 en la Posta Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA-UABC), la cual se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California, al noroeste de México (32° 24' LN y 115° 16' Longitud Oeste). El clima en la región es árido y seco, muy similar al prevaleciente en el Desierto de Sonora. En verano se registran las temperaturas más altas (50°C) y en invierno las más bajas (0°C); la precipitación promedio anual es de 84 mm, la cual es errática y se concentra en los meses de noviembre y diciembre (García, 1985).

Se utilizaron 22 ovejas adultas Pelibuey con edad al inicio del experimento entre 4 y 5 años, un peso vivo (PV) de 51.3 ± 2.5 kg y una condición corporal (CC) de 3.1 ± 0.2 unidades en la escala de 1 a 5 (Russel et al., 1969). Durante todo el experimento, las ovejas se mantuvieron estabuladas en un corral provisto de comederos, bebederos, sombra y piso de tierra. Además, se alimentaron *ad libitum* con una dieta de mantenimiento que contenía 50% de paja de trigo y 50% de heno de alfalfa, ambos forrajes picado. El agua y la premezcla mineral se ofrecieron a libre acceso. Un mes antes del inicio del experimento, todas las ovejas se trataron con 3 mL de vitaminas A-D-E (Vigantol, Laboratorio Bayer, México), y 1 mL de desparasitante ivermectina (Ivermectin, laboratorio Sanfer, México).

3.2. Condiciones climáticas

Los valores promedio diarios por época de temperatura (T), humedad relativa (HR) e índice de temperatura-humedad (ITH) fueron calculados a partir de datos climatológicos registrados en una estación meteorológica que se ubicaba a 20 km del lugar de estudio. El ITH se calculó usando la fórmula propuesta por Hahn (1999): $ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$.

3.3. Peso vivo y condición corporal

Las ovejas se pesaron individualmente tres veces en cada una de las épocas del año (inicio, mitad y final de cada una) con una báscula de plataforma de 100 kg. La CC también se midió en el momento que se registró el PV usando una escala de 1 (muy flaca) a 5 (muy gorda; Russel et al., 1969). Finalmente, se obtuvieron promedios de PV y CC para cada época del año.

3.4. Ciclo estral y conducta estral

La presencia de ovejas en estro se evaluó durante todo el año usando 3 machos cruzados de Dorper x Pelibuey, los cuales fueron provistos de un mandil para evitar la cópula. Todos los días se seleccionaba aleatoriamente uno de los machos para ser introducido al corral de las hembras durante 30 min en la mañana (6:00 h) y 30 min en la tarde (18:00 h). Se consideró que una oveja presentaba signos de estro cuando no mostraba ningún reflejo de movimiento a la monta. Las ovejas detectadas en estro se separaban del grupo a un corral adyacente donde permanecían hasta el término de la detección del estro; posteriormente se reintegraban al grupo. La detección de estro para cada oveja se realizó en forma

repetida hasta que ya no aceptó la monta del macho. A partir de esta información se calculó por época las siguientes variables de estudio: porcentaje de ovejas en estro, número de estros por oveja (normal [24-36 h], corto [<24 h] y largo [>36 h]; Rodríguez et al., 2007), porcentaje de tipo de estros (normales [24-36 h], cortos [<24 h] y largos [>36 h]), número de ciclos estrales (total, normal [15-19 d], cortos [≤ 14 d], largo [20-26 d] y múltiples [≥ 27 d]; Sasa et al., 2002), duración del ciclo y porcentaje de tipos de ciclos estrales (normal [15-19 d], corto [≤ 14 d], largo [20-26 d] y múltiple [≥ 27 días]).

3.5. Ovulación

Se colectaron muestras de sangre antes de ofrecer la alimentación en la mañana, dos veces por semana durante todo el año, para determinar los niveles de progesterona en suero y evaluar algunas características de la ovulación. Las muestras se colectaron en tubos vacutainer de 6 mL por punción de la vena yugular; posteriormente, se centrifugaron a 3500 r.p.m. por 15 min a una temperatura de 10°C. El suero se colocó por duplicado en viales y se almacenó a -20°C hasta su análisis para concentración de progesterona mediante la técnica de ELISA. Se utilizó un kit comercial para cuantificar dicha hormona (Accu-Bind ®ELISA Microwells, USA), el cual tenía una sensibilidad de 0.03 ng/mL y un coeficiente de variación entre y dentro de ensayos de 7.1% en promedio. Se consideró que una oveja ovuló cuando la concentración de progesterona fue ≥ 1.0 ng/mL en al menos dos muestras consecutivas (Valencia et al., 2006). Con esta información colectada se generaron las siguientes variables por época del año: porcentajes de ovejas ovulando (al menos una ovulación por época), número de ovulaciones por oveja, y porcentaje de ovejas

con estro silencioso (presencia de estro sin ovulación) y estro sin ovulación (oveja que se dejó montar por el mancho sin haber presentando niveles hormonales característicos de la ovulación [$>1\text{ng/ml}$]).

3.6. Funcionalidad del cuerpo lúteo

La funcionalidad del cuerpo lúteo se midió determinando la concentración de progesterona en suero a través de un ciclo estral en cada época. En los meses de febrero (invierno), mayo (primavera), agosto (verano) y noviembre (otoño), se detectó el inicio de signos de estro en las ovejas y dos días después se comenzaron a tomar muestras sanguíneas de la vena yugular; esta actividad se repitió cada tres días hasta que se observó nuevamente el inicio de signos de estro (días 2, 5, 8, 11, 14 y 17 del ciclo). El manejo de la muestra para obtener suero y medir concentración de progesterona fue similar a la descrita previamente en la sección de ovulación.

3.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS (2004). Las variables cuantitativas se analizaron primero con el procedimiento UNIVARIATE para demostrar su distribución normal. Posteriormente, el PV y la CC se analizaron bajo un diseño completamente al azar con el procedimiento GLM, mientras que la funcionalidad del cuerpo lúteo (concentración de progesterona) se analizó con el mismo diseño pero aplicando mediciones repetidas en el tiempo (día del ciclo) con el procedimiento MIXED y la opción REPEATED. Las medias se compararon con la prueba de t-student a una $\alpha=0.05$. En el caso de variables medidas como conteos (número de tipo de ciclos estrales, de conducta de estro y ovulaciones), se usó la

prueba no paramétrica Kruskal-Wallis aplicando el procedimiento NPAR1WAY, ya que no presentaron distribución normal aún después de haberse transformado. Las variables expresadas en porcentaje se analizaron con la prueba chi-cuadrada usando el procedimiento FREQ del programa SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones climáticas

Las temperaturas promedio diarias registradas en invierno, primavera, verano y otoño fueron 19.0, 28.2, 35.7 y 20.6°C, respectivamente. En otoño se detectaron los valores promedio más alto de humedad (43.5%) y en primavera los más bajos (21.5%). La combinación de ambas variables climáticas conllevó a que el ITH promedio calculado fuera de estrés calórico ligero (73.5 unidades) en primavera y moderado en verano (83.0 unidades). En invierno y otoño, las condiciones ambientales fueron favorables para el desarrollo de las ovejas, ya que los ITH fueron inferiores a 72 unidades. El fotoperiodo fue mayor durante las épocas de primavera y verano (13.4 h) en comparación con invierno y otoño (11.1 h).

Cuadro 1. Promedios diario de temperatura, humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH) por época del año en condiciones áridas de México.

Época**	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	ITH (unidades)	Fotoperiodo (h)*
Invierno	19.0 (10.4-23.3)	34.9 (20-52)	63.3 (53-67)	11.1(10.0-12.1)
Primavera	28.2 (20.6-34.7)	21.5 (10-38)	73.5 (65-77)	13.4(12.1-14.3)
Verano	35.7 (29.2-42.0)	32.5 (15-52)	83.0 (78-85)	13.4(12.1-14.3)
Otoño	20.6 (16.6-26.8)	43.5 (5.3-36)	70.8 (69-61)	11.1 (10.0-12.1)

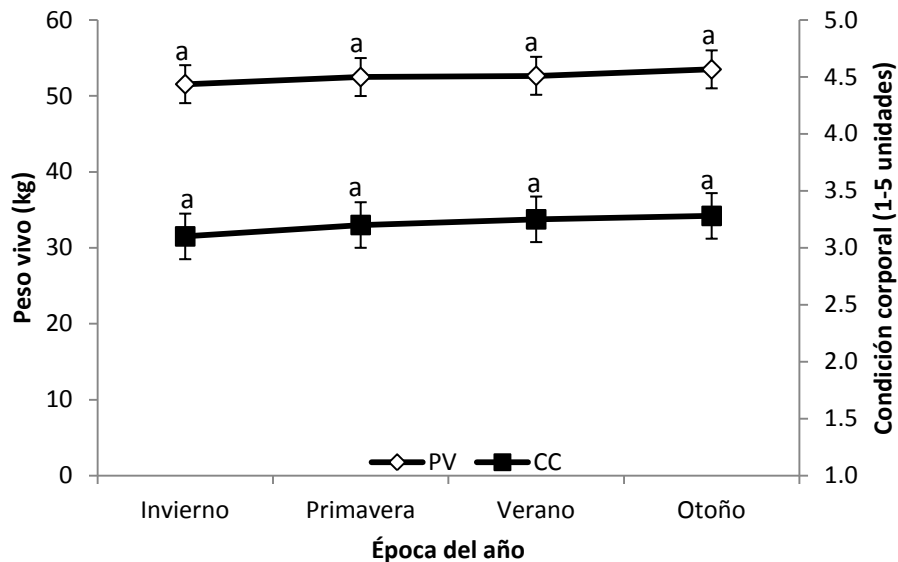
*Día más corto del año= 21 de diciembre (10 horas) y día más largo del año= 21 de junio (14.3 horas).

** Para cada variable climática se coloca entre paréntesis el rango.

Avendaño (2012) menciona que un ambiente con un ITH >72 puede ser de estrés calórico para el ganado. Algunos estudios indican que temperatura ambiental alta puede afectar negativamente la ciclicidad continua de la actividad reproductiva en pequeños rumiantes (Marai et al., 2008). Por su parte, Arroyo (2011) menciona que el fotoperiodo es el principal factor ambiental que regula la actividad reproductiva, y en forma indirecta, la temperatura y disponibilidad de forraje. No obstante, una investigación reciente concluyó que las condiciones de estrés por calor no son un factor determinante para alterar la conducta de estro en ovinos de raza de pelo, pero si un factor medioambiental como el fotoperiodo puede ser responsable (De la Isla et al., 2010). En valle de Mexicali (32°24' LN) se observa una diferencia de 4.3 h entre el día más corto y el más largo del año, la cual es mayor a la observada en otras latitudes donde han hecho estudios de actividad reproductiva de ovinos Pelibuey (19° ó 20° LN; Porras et al., 1999; Cerna et al., 2000; Arroyo et al., 2007; Arroyo et al., 2009; De la Isla et al., 2010).

4.2. Peso vivo y condición corporal

Las ovejas presentaron un peso vivo y condición corporal promedio durante el estudio de 52.5 ± 2.5 kg y 3.2 ± 0.2 unidades, respectivamente. La época del año no afectó ninguna de estas variables ($P > 0.05$).



Gráfica 1. Efecto de época del año sobre el peso vivo y la condición corporal de ovejas Pelibuey (letras diferentes en cada tipo de ciclo indican diferencias a ($P < 0.05$)).

La ausencia de variaciones en el estado corporal de las ovejas a través de las épocas del año es debido a que se alimentaron con una dieta de mantenimiento. Algunos estudios sugieren que las variaciones en actividad reproductiva entre épocas en las hembras pueden ser originadas por la condición corporal (Urrutia-Morales et al., 2009; De la Isla et al., 2010; González-Bulnes et al., 2010). Aunque en ovejas Pelibuey, De la Isla et al. (2010; 2011) evaluaron efecto de divergencia en la condición corporal (baja y alta) en épocas de invierno-primavera y verano-otoño, encontrando que la condición corporal tampoco es un factor que modifique la aparición de estro pero sí la duración de éste y algunos eventos ováricos (cantidad de folículos > 4 mm y la tasa ovulatoria). Por lo tanto, los resultados del presente estudio garantizan que los efectos encontrados en actividad estral, ovulación y funcionalidad del cuerpo lúteo por efecto de época sean independientes del estado nutricional.

4.3. Características del ciclo estral

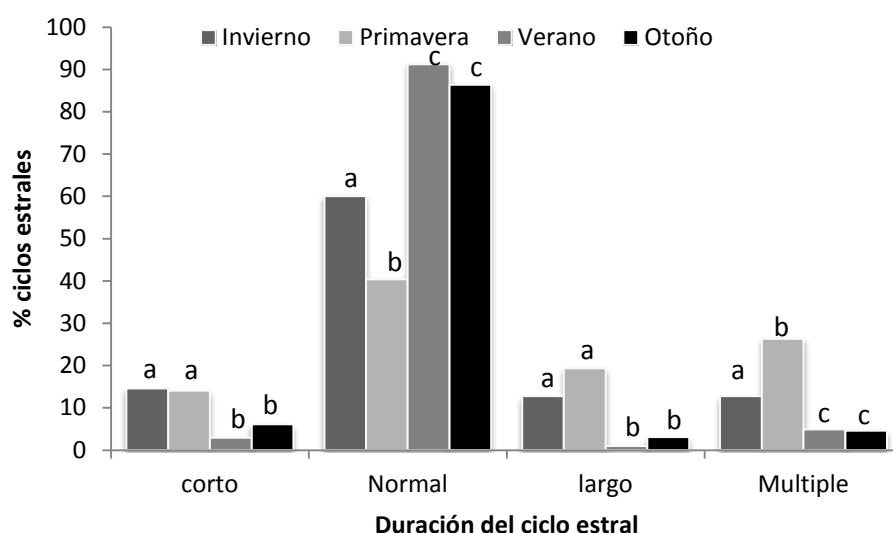
El número de ciclos estrales totales y normales por oveja fueron similares ($P>0.05$) entre verano y otoño, pero en ambos meses las medias de esos ciclos fueron mayores ($P<0.05$) que en invierno, lo mismo, que en primavera. Entre invierno y primavera tampoco se observaron diferencias ($P>0.05$) en el número de ciclos totales y normales (Cuadro 2). El número de ciclos cortos y largos no fueron afectados ($P>0.05$) por época, pero el número de ciclos múltiples fue mayor ($P<0.05$) en primavera que en las otras épocas, entre las cuales no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$). Como consecuencia de la mayor cantidad de ciclos múltiples en primavera, la duración promedio del ciclo estral fue más larga ($P<0.05$) en esta época que en el resto. La duración del ciclo no varió ($P>0.05$) entre las épocas de invierno, verano y otoño.

Cuadro 2. Efecto de época del año sobre las características del ciclo estral de ovejas de Pelibuey.

	Épocas del año				E.E.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
Número de ciclos (n)					
Total	2.80 ^a	3.10 ^a	4.90 ^b	4.00 ^c	0.90
Normal	1.80 ^a	1.30 ^a	4.60 ^b	3.10 ^c	0.90
Cortos	0.30 ^a	0.50 ^a	0.14 ^a	0.23 ^a	0.51
Largos	0.25 ^a	0.20 ^a	0.05 ^a	0.14 ^a	0.30
Múltiple	0.40 ^a	1.05 ^b	0.14 ^a	0.14 ^a	0.40
Intervalo entre ciclos (d)	20.1 ^a	24.2 ^b	17.8 ^a	17.3 ^a	3.80

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de hilera indican diferencias significativas a $P\leq 0.05$.

En general, considerando el total de ciclo estrales de cada tipo a través del año, se observó que el porcentaje de ciclos cortos (14.2 vs. 4.5%), largos (16.0 vs. 2.1%) y múltiples (19.5 vs. 4.7%) fue mayor ($P<0.05$) en invierno y primavera que en verano y otoño (Gráfica 2). Contrariamente, el porcentaje de ciclos normales fue mayor ($P<0.05$) en verano y otoño que las otras épocas (88.0 vs. 50.2%). El porcentaje de ciclos de todos los tipos fue similar ($P>0.05$) entre verano y otoño, pero no así entre invierno y primavera, donde el porcentaje de ciclos normales fue menor ($P<0.05$; 40.3 vs. 60.0%) y el de ciclo múltiples mayor ($P<0.05$; 12.7 vs. 26.3%) en primavera comparado con invierno.



Gráfica 2. Efecto de época del año sobre el porcentaje de ciclos estrales cortos, normales, largos múltiples de ovejas de Pelibuey (letras diferentes en cada tipo de ciclo indican diferencias a $P<0.05$).

Los ovinos se caracterizan por ser poliéstricos estacionales con ciclos estrales que duran en promedio 17 días (Bartlewski et al., 2011). Goodman (1994) reportó que la longitud del ciclo estral en las ovejas es consistente a través de la época de

empadre (agosto a diciembre), y solamente pequeñas diferencias, que no exceden de un día, son observadas entre razas, pero ningún efecto de edad. Congruente con lo mencionado anteriormente, en esta investigación se observó que las ovejas estudiadas presentaron mayor cantidad de ciclos estrales en las épocas de verano y otoño. Además, que predominantemente los ciclos eran de duración normal (15- 19 d) en dichas épocas. Contrariamente, la presencia de estros con duración anormal fue más notoria en invierno y primavera, de hecho, en esta última época fue evidente la presencia de ciclo estrales con duración mayor a 27 d (26.3% del total de ciclos de la época), lo cual posiblemente se deba a la presencia de anestro en algunas ovejas de pelo como se observa en ovejas de lana. En un estudio realizado por Arroyo et al. (2007) usando ovejas Pelibuey, reportaron que alrededor del 40% de las ovejas de esta raza tiene la capacidad de experimentar anestro entre enero y junio.

En general, estos resultados sugieren un importante efecto del fotoperiodo sobre la duración del ciclo estral, pero no del estrés por calor en ovejas de pelo. Esto considerando que este estudio se realizó a una latitud de 32°, muy cercana a la latitud de 35° donde han demostrado que ovejas de pelo como la Pelibuey (Porrás et al., 1999; Cerna et al., 2000) y Black belly (Chemineau et al., 2004) responden al fotoperiodo. Además, en esta región del país, los veranos se caracterizan por ser muy intensos en calor al registrarse temperaturas de hasta 50° C, lo cual repercutiría negativamente sobre cualquier animal doméstico, no siendo el caso en las ovejas de pelo utilizadas en el presente estudio. En otras publicaciones también han reportado que el estrés calórico no limita la ciclicidad de las ovejas Pelibuey (De la Isla et al., 2010; Gastelum-Delgado et al., 2013), de tal manera que esto explica porqué el

número de ciclos estrales observado en verano fue similar a la de invierno, esto considerando que en ambas épocas el fotoperiodo favorece la ciclicidad natural de las ovejas. Dicha situación refleja el grado de adaptación que presenta estas ovejas a las condiciones de estrés por calor.

Cabe aclarar que es limitada la información existente del efecto de época sobre duración del ciclo estral en ovejas Pelibuey. De la Isla et al. (2010) encontraron en ovejas Pelibuey que la longitud del ciclo estral no fue afectado por época del año, lo cual no coincide con lo observado en el presente estudio. Posiblemente, la diferencia en latitudes y climas en que se realizó cada estudio explica esta variación en resultados. El estudio de De la Isla et al. (2010) fue hecho en una región tropical ubicada a 21° LN, muy cercana al ecuador y en condiciones donde los ovinos de pelo fueron desarrollados de manera natural, por lo que el fotoperiodo no es un factor que pudiera alterar la duración del ciclo estral como se observó en el presente estudio. En el caso de cabras, varias investigaciones coinciden en mencionar que la época es un factor determinante en la duración del ciclo estral, asimismo, en la frecuencia con que se presentan ciclos de duración normal o anormales (Lopes et al., 2001; Fakruzzaman et al., 2012); resultados que coinciden con los de este estudio. Dichos estudios reportan que entre los meses de julio y octubre, las cabras presentan con mayor regularidad ciclos estrales de longitud normal.

4.4 Conducta estral

La presencia de ovejas con al menos un estro y el número de estros cortos por oveja no variaron ($P>0.05$) entre épocas del año, no obstante, el número de estros totales (4.8 ± 1.0 vs. 2.9 ± 1.0 estros) y normales (3.3 ± 0.8 vs. 1.2 ± 0.8 estros) fueron

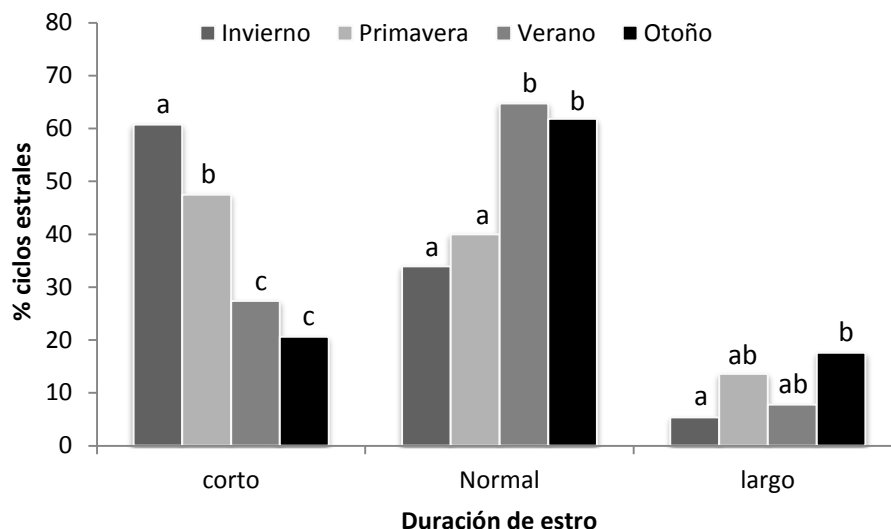
mayores ($P>0.05$) en verano y otoño que en invierno y primavera (Cuadro 3). Comparando invierno con primavera vs verano con otoño, no se encontraron diferencias ($P>0.05$) en la cantidad de estros totales y normales. El número de estros largos fue más alto ($P<0.05$) en otoño (0.57 ± 0.2 estros) y más bajos en invierno (0.05 ± 0.2 estros).

En general, considerando el total de estros de cada tipo a través del año, se encontró que en verano y otoño fue menor ($P<0.05$) el porcentaje de estros cortos (24.0 vs. 54.1%) y mayor ($P<0.05$) el porcentaje de estros normales (37.0 vs. 63.3%) comparado con invierno y primavera (Gráfica 3). El porcentaje de estros cortos y normales fue similar ($P>0.05$) entre verano y otoño, mientras que entre invierno y primavera solamente fue similar ($P>0.05$) el porcentaje de estros normales. El porcentaje de estros largos fue más alto ($P<0.05$) en otoño (17.6%) y más bajo ($P<0.05$) en invierno (5.4%).

Cuadro 3. Efecto de época del año sobre la conducta de estro de ovejas de Pelibuey.

	Épocas del año				E.E
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
Presencia de estros (%)	95.2 (21/22) ^a	95.2 (21/22) ^a	100 (22/22) ^a	100 (22/22) ^a	---
Duración del estros (h)	20.1 ^a	22.7 ^a	26.7 ^b	28.7 ^b	3.4
Número de estros (n)					
Normal	1.1 ^a	1.2 ^a	3.3 ^b	3.2 ^b	0.8
Cortos	1.7 ^a	1.5 ^a	1.3 ^a	1.0 ^a	0.8
Largos	0.05 ^a	0.30 ^b	0.33 ^b	0.57 ^c	0.18

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de hilera indican diferencias significativas ($P\leq0.05$).



Gráfica 3. Efecto de época del año sobre el porcentaje de ciclos estrales con estros cortos, normales y largos de ovejas Pelibuey (letras diferentes en cada tipo de ciclo indican diferencias a $P < 0.05$).

Las ovejas Pelibuey estudiadas mostraron gran capacidad para presentar signos de estro en cualquier época del año bajo las condiciones áridas del noroeste de México, ya que 100% de las hembras lo presentaron cuando menos una vez en verano y otoño, y el 95.2% en invierno y primavera. No obstante, el número de estros varió entre épocas, siendo mayor en verano y primavera. Por lo tanto estos resultados indican que esta raza de ovejas presenta cierto grado de estacionalidad reproductiva, posiblemente regulada por el fotoperiodo, pero no es tan profundo y prolongado como se observa en ovejas de raza de lana. Similarmente, bajo condiciones del altiplano mexicano (19° LN), Valencia et al. (2006) y Arroyo et al. (2007) observaron que 100% de las ovejas Pelibuey presentaron al menos un estro en cada época del año, no obstante, la frecuencia de la aparición de signos de estro por oveja disminuyó en los primeros seis meses del año. Por su parte, en el Estado

de Veracruz (20° LN), Cruz et al. (1994) no encontraron diferencias a través de las épocas del año en la conducta de estro de ovejas Pelibuey manteniéndolas con una alimentación constante.

Por otra parte, los resultados del presente estudio demostraron que la duración de la presencia de signos de estro en ovejas Pelibuey está en función de la época como consecuencia de la variación en la longitud del día a través del año; al menos en climas áridos localizados a los 32° LN. Basado en los resultados del estudio, indica que los días cortos favorecen una ciclicidad más continua con estros de duración normal, mientras que los días largos provocan fallas en la frecuencia con que se presentan estros y su duración. Esto considerando que en invierno y primavera fue más común observar ciclos estrales con estros cortos en comparación con verano y otoño (24 vs. 55%). En congruencia con los resultados de conducta de estro, Rodríguez et al. (2007) reportaron en ovejas de pelo Santa Inés, una mayor presencia de signos de estro en verano y otoño que en invierno y primavera. Estos resultados pueden ser explicados por la presencia de un menor desarrollo folicular en época natural de anestro, lo cual promueve que el diámetro de dominancia y la tasa ovulatoria sea menor, y por ende, la concentración de estrógenos también sea reducido. Al respecto, De la Isla et al. (2010) describieron un efecto negativo de época sobre la foliculogénesis en ovejas Pelibuey, esto al encontrar baja cantidad de folículos ≥ 4 mm, diámetro máximo folicular pequeños y tasa ovulatoria menores en invierno-primavera que en verano-otoño. Cruz et al. (1994) también reportaron una menor tasa ovulatoria de enero a junio comparado con la observada entre julio y diciembre para ovejas Pelibuey bajo condiciones tropicales. En ovejas Ossimi, Ali et al. (2007) concluyeron que la época del año altera la población de folículos, siendo

en los meses de anestro cuando predominan folículos pequeños (<4 mm). Finalmente, este bajo crecimiento folicular conlleva a la baja en la secreción de estrógenos durante la época de anestro o baja actividad reproductiva, tal como lo informan Bartlewski et al. (1999).

4.5. Actividad ovulatoria

El porcentaje de ovejas con al menos una ovulación fue similar ($P>0.05$) entre épocas del año (Cuadro 3). En verano y otoño, el número de ovulaciones por oveja fue mayor ($P<0.05$; 4.2 ± 0.7 vs. 5.2 ± 0.7 ovulaciones) y el porcentaje de ovejas con estros silenciosos fue menor ($P<0.05$; 34.1 vs. 75.0%) comparado con invierno y primavera. Ninguna diferencia ($P>0.05$) se observó en el número de ovulaciones por oveja entre invierno y primavera y entre verano y otoño. Adicionalmente, en otoño se observó el menor ($P<0.05$) porcentaje de ovejas con estro silencioso (27.3%). El porcentaje de ovejas con estros sin ovulación no fue alterado ($P>0.05$) por efecto de la época.

Cuadro 4. Efecto de época del año sobre la actividad ovulatoria de ovejas de Pelibuey.

	Épocas del año				E.E
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
Ovejas ovulando (%)	95.2 (21/22) ^a	95.2 (21/22) ^a	100 (22/22) ^a	100 (22/22) ^a	---
Ovulaciones/oveja (n)	4.2 ^a	4.3 ^a	5.4 ^b	4.9 ^b	0.8
Estros silenciosos (%)	72.7 (16/22) ^a	77.3 (17/22) ^a	40.9 (9/22) ^b	27.3 (6/22) ^c	---
Estros sin ovulación (%)	9.1 (2/22) ^a	0.0 (0/22) ^a	4.6 (1/22) ^a	4.6 (1/22) ^a	---

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de hilera indican diferencias significativas ($P\leq0.05$).

No se encontró ningún estudio que evaluara el efecto de época sobre la actividad ovulatoria de ovejas Pelibuey a los 32° LN, bajo un clima árido. Sin embargo, existen varios estudios donde midieron la actividad ovulatoria mensual de ovejas Pelibuey a través del año en regiones tropicales (20° a 21° LN; González-Reyna et al., 1992; Cruz et al., 1994; De la Isla et al., 2010) y del altiplano mexicano (19° LN; Valencia et al., 2006; Arroyo et al., 2007). En esos estudios se demostró que de enero a mayo hay una reducción en el porcentaje de ovejas ovulando, pero no necesariamente fueron las mismas en cada mes. En general, en esos estudios observaron que cada oveja deja de ovular uno o dos meses en la época de baja actividad reproductiva (invierno y primavera), y después, vuelve a tener actividad ovárica normal. Por lo tanto, al igual como se observó en este estudio, las ovejas Pelibuey tienen la capacidad de ovular en cualquier época del año, al menos una vez, y reducen la frecuencia con que ovulan en invierno y primavera, lo cual pudiera estar relacionado con el fotoperiodo. Al respecto, Arroyo (2011) menciona que las ovejas Pelibuey disminuyen su actividad ovulatoria durante la primavera, independientemente de las variaciones anuales en peso y condición corporal. Así, este autor sugirió que la actividad ovulatoria anual puede estar regulada por las variaciones anuales en la duración del fotoperiodo.

Interesantemente, en este estudio se encontró que la presencia de ovejas con estros silenciosos se incrementa en las épocas del año con baja actividad reproductiva (invierno y primavera), pero no así los estros sin ovulaciones. En verano se observó 35% y en otoño 48% menos presencia de estros silencioso en relación a lo observado en invierno y primavera. Este resultado podría estar relacionado con el estímulo luminoso de días largos, el cual provoca cambios en la sensibilidad del

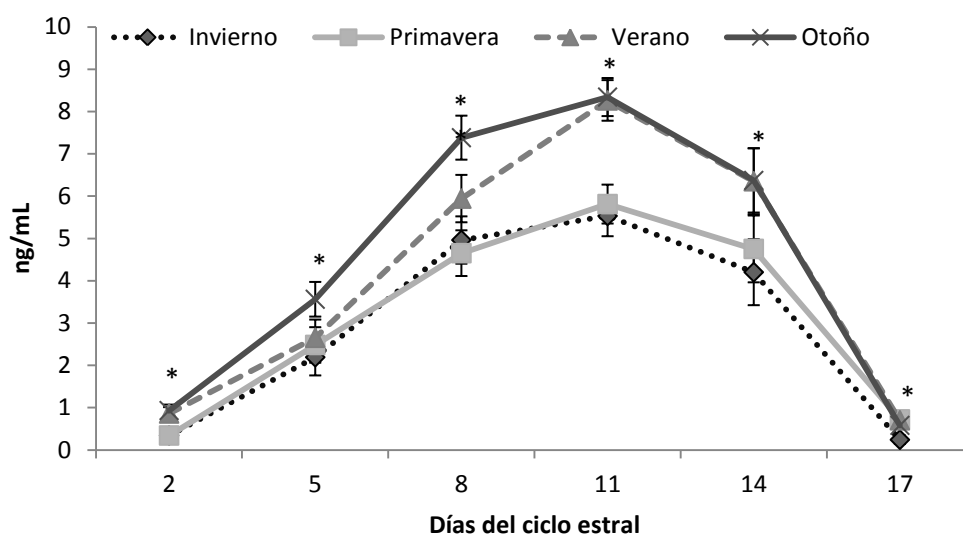
hipotálamo a consecuencia de la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol y a una baja producción de progesterona (Thiéry et al., 1989; Arroyo et al., 2009). Aunque cabe mencionar que dicho cambio en la sensibilidad hipotalámica puede no ser tan fuerte como se observa en ovejas de lana por lo que las ovejas de pelo no experimentan un anestro estacional tan marcado como en las razas de lana.

Niveles bajos de progesterona se han relacionado con la presencia de estros silenciosos en ovinos (Hashem et al., 2011) y bovinos (Grajales et al., 2009), ya que la presencia de esta hormona es necesaria para la activación de receptores de estradiol en hipotálamo medio basal. La activación de dichos receptores aseguran una mayor sensibilidad de esta región hipotalámica a los estrógenos, los cuales favorecen positivamente la presencia de signos de estros y la liberación suficiente de GnRH-LH para desencadenar el pico pre-ovulatorio de LH y, por ende, la ovulación (Sasa et al., 2002; Hashem et al., 2011). En este estudio se detectaron niveles inferiores de progesterona en invierno y primavera comparado con verano y otoño. Por lo tanto, esta baja en los niveles de progesterona en la época de baja actividad reproductiva podría estar afectando negativamente la activación de receptores de estradiol en hipotálamo a tal grado que puedo evitar la presencia de estro en las ovejas, pero no el desencadenamiento del pico preovulatorio de LH y la ovulación.

4.6. Funcionalidad del cuerpo lúteo

La funcionalidad del cuerpo lúteo fue afectada por la época del año (Gráfica 4). Las ovejas tuvieron similar ($P > 0.05$) concentración de progesterona en todas las épocas los d 2 (≤ 0.93 ng/mL) y 17 (≥ 0.58 ng/mL), pero en los d 5, 8, 11 y 14 difirió significativamente ($P < 0.05$) por efecto de la época. La concentración de progesterona

al día 5 y 8 del ciclo fue mayor ($P<0.05$) en otoño (3.6 y 7.4 ng/mL para el d 5 y 8) que en los otros meses, entre los cuales no se observaron diferencias ($P>0.05$) en la concentración de la hormona por época. La concentración de progesterona fue similar ($P>0.05$) entre otoño y verano y entre invierno y otoño los días 11 y 14; pero tanto en verano como en otoño fue mayor ($P<0.05$) dicha concentración comparado con invierno y primavera.



Gráfica 4. Efecto de época del año y día del ciclo estral sobre la concentración de progesterona de ovejas de Pelibuey (* indica diferencias entre épocas del año dentro de cada día del ciclo estral a ($P<0.05$)).

Los resultados de progesterona sugieren que la funcionalidad del cuerpo lúteo varía con la época del año, siendo muy notoria una disminución en invierno y primavera. Esto puede ser un indicativo de que las ovejas Pelibuey experimentan cierto grado de estacionalidad a los 32° LN, considerando que dicha hormona juega un rol clave en las épocas de transición de estro a anestro y viceversa (Rosa et al.,

2003). Además, existen estudios (Porrás et al., 1999; Cerna et al., 2000; Trujillo-Quiroga et al., 2007; De la Isla et al., 2010; Arroyo 2011) sobre la posibilidad de que las ovejas de pelo regulan su actividad reproductiva a través del año por efecto del fotoperiodo, pero mostrando menos sensibilidad hipotálmica a la retroalimentación negativa de estradiol, y por ende, el anestro no es tan profundo y largo en las razas procedentes de climas templados.

Considerando los resultados de progesterona y la importancia de esta hormona en la presencia ó ausencia del estro y la ovulación durante la época reproductiva y anéstrica, muy posiblemente todas las fallas que encontramos en la duración del ciclo estral, en la presencia de signos de estros y en la ovulación de las ovejas estudiadas, pudieran estar relacionadas con la baja funcionalidad lútea que presentaron las ovejas en las épocas de invierno y primavera. Adicionalmente, muy posiblemente esta baja funcionalidad lútea en las ovejas Pelibuey durante invierno y primavera no ocurra solamente a los 32° LN en climas cálidos, sino también a latitudes inferiores (19° LN en altiplano mexicano o 21° LN en Yucatán), lo cual explicaría la reducción en la actividad reproductiva entre los meses de enero a junio reportada en estudios previos (Valencia et al., 2006; Arroyo et al, 2007).

Consistente con los resultados encontrados de progesterona en el presente estudio, Ali et al. (2006) reportaron efecto de época del año sobre morfología y funcionalidad del cuerpo lúteo en ovejas Ossimi, raza que presentan características reproductivas y de adaptación muy similar a la Pelibuey. Estos autores indicaron que en otoño comparado con invierno y primavera, las ovejas presentaron un cuerpo lúteo con menor tasa de crecimiento y similar diámetro máximo, pero con mayor funcionalidad de los días 11 y 14 del ciclo estral.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones áridas del noroeste de México, la época del año alteró la duración del ciclo estral, así como los signos de estro, la ovulación y la funcionalidad del cuerpo lúteo en ovejas Pelibuey. En las épocas de verano y otoño es cuando las ovejas presentaron la mayor actividad estral y ovárica, por ende, se sugiere que es la época más adecuada para reproducirse. Esto nos indica que el fotoperiodo es el principal factor ambiental que controla la actividad reproductiva en las ovejas Pelibuey estudiadas, ya que en invierno y primavera fue común detectar fallas en los diferentes eventos fisiológicos del ciclo estral. El mecanismo a través del cual el fotoperiodo alteró dicho eventos fue reduciendo la funcionalidad del *cuerpo lúteo*. Las temperaturas altas de verano no fueron un factor que comprometieran la reproducción de esta raza de ovinos.

VI. LITERATURA CITADA

1. Ali, A., R. Derar, and R. H. Hussein. 2006. Seasonal variation of the ovarian follicular dynamics and luteal functions of sheep in the subtropics. *Theriogenology* 66:463-9.
2. Amezcua-Manjarrez, E.V., H. Castillo-Rojas, A. Villa-Godoy, H. Román-Ponce, y C. Vázquez-Peláez. 2000. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras Cebú mantenidas en clima tropical. *Gac. Cienc. Vet.* : 89-104.
3. Arroyo-Ledezma, J., J. Gallegos-Sánchez, A. Villa-Godoy, y J. Valencia-Méndez. 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: una revisión. *Interciencia* 31:8-15.
4. Arroyo, L. J., A Gallegos-Sánchez, A. Villa-Godoy, J. M. Berruecos, G. Perera, and J. Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Anim. Reprod. Sci.* 102:24-30.
5. Arroyo, J., H. Magaña-Sevilla, y M. A. Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Trop.Subtrop. Agroecosyst.* 10:301-312.
6. Arroyo, J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14:829-845.
7. Avendaño-Reyes, L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones, *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*, Prof. Narongsak Chaiyabutr (Ed.), ISBN: 978-953-51-0765-1, InTech, DOI: 10.5772/51299.
8. Avdi, M., M. A Driancourt, and P. Chemineau. 1993. Seasonal variations in estrus behavior and ovulatory activity in Chios and Serres ewes in Greece. *Reprod. Nutr. Dev.* 33:15-24.
9. Avdi, M., and P. Chemineau. 1998. Reproductive and productive performance in Chios ewes mated in spring or in autumn. *Reprod. Nutr. Dev.* 38:551-558.
10. Bartlewski, P.M., A.P. Beard, and N.C. Rawlings. 1999. An ultrasonographic study of luteal function in breeds of sheep with different ovulation rates. *Theriogenology* 52:115-30.

11. Bartlewski, P.M., T.E. Baby, and J.L. Giffin. 2011. Reproductive cycles in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 124: 259-68.
12. Cerna, C., A. Porras, M.J. Valencia, G. Perera, and L. Zarco. 2000. Effect of an inverse subtropical (19°13'N) photoperiod on ovarian activity, melatonin and prolactin secretion in pelibuey ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 60:511-525.
13. Cerna-Cabrera, C., A. Porras-Almeraya, L. Zarco-Quintero, y J. Valencia-Méndez. 2004. Efecto del fotoperiodo artificial sobre reinicio de la actividad ovárica posparto en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 35:197-185.
14. Cerón-Luis, J.H., y A. Zarco-Quintero. 1998. Función del cuerpo lúteo y muerte embrionaria en rumiantes. *Gac. Cienc. Vet.* 2:1-28.
15. Chemineau, P., A. Daveau, Y. Cognié, G. Aumont, and D. Chesneau. 2004. Seasonal ovulatory activity exists in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a temperate photoperiod. *BMC Physiol.* 4:1-12.
16. Cruz, L.C., S. Fernández, L.J. Álvarez, y R.H. Pérez. 1994. Variaciones estacionales en la presentación de la ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Vet. Méx.* 25: 23-27.
17. Cueto, M., y A.E. Gibbons. 2000. Efecto de la dosis de PMSG en la inseminación artificial intrauterina sistemática o con detección de estros. Asociación interprofesional para el desarrollo agrario (ITEA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Bariloche, 18:440-442.
18. De la Isla, H.G., L.J.R. Aké, B.A. Avala, y A. González-Bulnes. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Vet Méx.* 41:167-175.
19. Fakruzzaman, M., Q.S. Akter, S.S. Husain, M.A.M.Y. Khandoker, A.S. Apu, and M.R. Islam. 2012. Estrus Characteristics of Black Bengal does under intensive condition. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 2:89-95.
20. Forcada, F., and J.A. Abecia. 2006. The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:355-365.

21. García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a ed. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.46-52.
22. Gastelum-Delgado, M.A., L. Avendaño-Reyes, F.D. Álvarez- Valenzuela, A. Correa-Calderón, C.A. Meza-Herrera, and U. Macías-Cruz. 2014. Circannual estrus behavior in hair breed ewes under arid conditions of the northwestern Mexico. Rev. Méx, Cienc. Pecu. (Aceptado).
23. González, A., B. D. Murphy, W.C. Foote, and E. Ortega. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. Small Ruminant Res. 8:225-232.
24. Gonzalez, B. A., P. Pallares, and M. I. Vázquez. 2010. Ultrasonographic imaging in mall ruminant reproduction. Reprod Domest Anim. 2:9-20.
25. Goodman, R.L. 1994. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. In: Knobil E, Neill JD, eds. The Physiology of Reproduction (2nd ed) 2. New York: Raven Press Ltd. 659-710.
26. Grajales, H., y N. Tovío. 2009. Aspectos básicos del ciclo estral de la vacas. Genet. Bov. 15:32-36.
27. Gutiérrez-Aguilar, C., A. Lassala-Irueste, y L. Rangel-Porta. 2010. Fisiología Veterinaria e Introducción a la Fisiología de los Procesos Productivos. D.R. Universidad Nacional Autónoma de México. (1ra. ed.) México D.F. Pp. 463-467.
28. Hafez, E.S.E., y Hafez, B. 2004. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Mc Graw Hill. Interamericana Editores, S.A de C.V. (7ma. ed.) México D.F. Pp. 181-182.
29. Hafez, E.S.E. 1987. Reproducción e inseminación artificial en animales. Mc Graw Hill. Interamericana Editores, S.A de C.V. (5ta. ed.) México D.F. Pp. 177-178.
30. Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Dairy. Sci. 82:10-20.
31. Heredia, A., T. M. Menéndez, y M. A. Velázquez. 1991. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. Memorias de la

- Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 115.
32. Hashem, N.M., S. Z. Zarkouny, T.A. Taha, and Z. R. Elezz. 2011. Effect of season, month of parturition and lactation on estrus behavior and ovarian activity in Barki x Rahmani crossbred ewes under subtropical conditions. *Theriogenology* 75:1327-35.
33. Jablonka, S. A., A. T. Grazul, D. A. Redmer, and L. P. Reynolds. 1993. Growth and cellular proliferation of ovine corpora lutea throughout the estrous cycle. *Endocrinology* 133:1871-1879.
34. Karsch, F.J. 1984. The hypothalamus and anterior pituitary gland. *Reprod. Mamm.* 3: 1-20.
35. Lopes, J.E.S., D. Rondina, A. A. Simplício, and V. J. F. Freitas. 2001. Oestrus behaviour and performance in vivo of Saanen goats raised in northeast of Brazil. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias–FAVET–UECE–Av. Paranjana, 1700. Itaperi. CEP 60740-000. Fortaleza, Ceará, Brazil.
36. López, S.A. 1989. Estacionalidad de la reproducción. *Ovis* 1:59-73.
37. Macías-Cruz, U., F.D. Álvarez-Valenzuela, J. Rodríguez-García, A. Correa-Calderón, N.G. Torrentera-Olivera, L. Molina-Ramírez, y L. Avendaño-Reyes. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42:147-154.
38. Marai, I.F.M., A.A. El-Darawany, A. Fadiel, and M.A.M. Abdel-Hafez. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecos.* 8:209-234.
39. Márquez, I., L. Otero, y A. López. 1997. Concentración de progesterona sérica en hembras bovinas en diferente época. *Gac. Cienc. Vet.*:35-42.
40. Martínez, R.R.D., Q. L. Zarco, L. C. Cruz, y G.I. Rubio. 1995. La estacionalidad de la actividad ovárica en la oveja Pelibuey es independiente de variaciones en el peso o condición corporal de los animales. Memorias del VIII Congreso Nacional de Producción Ovina, Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, A.C. Chapingo, México. Pp. 131-134.

41. Mukasa-Mugerwa, E., D. Anindo, A. Lahlou, E.R. Mutiga, and S. Sovani. 1993. Seasonal variation in ovarian and oestrous activity of tropical Menz sheep as affected by plane of nutrition. *Reprod Nutr Dev.* 33:585-95.
42. Navarro, L., y A. Torres. 1984. Duración, frecuencia e incidencia natural del estro en ovejas Wet African en la mesa de Guanipa. *Zootec. Trop.* 2:39-49.
43. Porras, A. A. I. 1999. Efectos del fotoperiodo artificial sobre la actividad reproductiva de la oveja Pelibuey. Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 9-12.
44. Porras-Almeraya, A., L.A. Zarco-Quintero, y J. Valencia-Mendez. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Cienc. Vet.* 9:1-33.
45. Rangel-Portal, L., A. Lassala-Irueste, y C. Gutiérrez-Aguilar. 2010. Fisiología veterinaria e introducción a la fisiología de los procesos productivos. D.R. Universidad Autónoma de México. (1ra. ed.) México D.F. Pp.469-479.
46. Rodríguez A.P., L. A. Coelho, O. Nonaka, A. Sasa, W.R. Russiano, J.C. Balieiro, and E. S. Ramos. 2007. Annual characteristics of estrous activity in wool and hair ewe lambs under subtropical conditions. *Sci. Agric.* 64:468-475.
47. Rosa, H.J.D., and M.J. Bryant. 2003. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Ruminant Res.* 48:155-171.
48. Rosa-Velázquez, L.E., C. Aguayo-Fregoso, R. López-Ordaz, y J. Hernández-Cerón. 2011. Respuesta y porcentaje de concepción en vacas Bos Taurus-Bos Indicus posparto, tratadas con la hormona bovina del crecimiento en un programa de la inducción de la ovulación con progesterona y eCG. *Vet. Mex.* 42:245-251.
49. Russel, A.J.F., J. M. Doney, and R. J. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Agric Sci* 72:451-454.
50. Sangha, G.K., R. K. Sharm, and S. S. Guraya. 2002. Biology of corpus luteum in small ruminants. *Small Ruminant Res.* 43:53-64.
51. SAS, 2004. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1, 2nd Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.

52. Sasa, A., D. C. Teston, P.A. Rodriguez, L. A. Coelho, and E. Schalch. 2002. Concentrações Plasmáticas de Progesterona em Borregas Lanadas e Deslanadas no Período de Abril a Novembro, no Estado de São Paulo. *Bras. Zootec.* 31:1150-1156.
53. Smith, M. F. 1986. Symposium: Ovarian function. Recent advances in corpus luteum physiology. *J Dairy Sci.* 69:911-926.
54. Urritia-Morales, J., C. A. Meza-Herrera, F. J. Escobar-Medina, H. G. Gamez-Vazquez, B. M. Ramírez-Andrade, M. O. Díaz-Gómez, and A. González-Bulnes. 2009. Relative roles of photoperiodic and nutritional cues in modulating ovarian activity in goats. *Reprod. Biol.* 9: 283-94.
55. Thiéry, J.C., G.B. Martin, Y. Tillet, M. Caldani, M. Quentin, C. Jamain, and J.P. Ravault. 1989. Role of Hypothalamic catecholamines in the regulation of luteinizing hormone and prolactin secretion in the ewe during seasonal anestrus. *Neuroendocrinology* 49:80-87.
56. Trujillo-Quiroga, M., J. Gallegos-Sánchez, A. Porras-Almeraya, J. Valencia-Méndez. 2007. Los días artificiales largos inducen el anestro en ovejas pelibuey con patrón reproductivo continuo. *Agrociencia* 41:513-519.
57. Valencia, J., A. Porras, O. Mejía, J. M. Berruecos, J. Trujillo, y L. Zarco. 2006. Actividad reproductiva de la oveja Pelibuey durante la época del anestro: influencia de la presencia del macho. *Rev. Cient. FCV-LUZ* 16:136-141.
58. Yenikoye, A. 1984. Annual variations in estrual behavior, rate and possibilities for ovulation in Peulh ewes from Niger. *Reprod. Nutr. Dev.* 24:11-9.