

Actividad reproductiva estacional de ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas de México[#]

Seasonal reproductive activity of Pelibuey ewes under arid conditions of Mexico

U Macías-Cruz^a, TJ Sánchez-Estrada^a, MA Gastelum-Delgado^a, L Avendaño-Reyes^{a*}, A Correa-Calderón^a,
FD Álvarez-Valenzuela^a, R Díaz-Molina^b, CA Meza-Herrera^c, M Mellado^d

^a Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

^b Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

^c Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Durango, México.

^d Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Coahuila, México.

SUMMARY

Twenty-two multiparous Pelibuey ewes managed under intensive conditions were exposed to rams and used for blood sample collection during one year, to evaluate the effect of season of the year on estrous cycle characteristics, ovulation and *corpus luteum* functionality under arid conditions in Mexico (32° NL). Rams were daily introduced with ewes to identify estrous behavior, while blood samples were individually collected twice per week to determine ovulation through progesterone concentrations. Additionally, blood samples were individually collected every three days during an overall estrous cycle to determine *corpus luteum* functionality. Estrous cycles and estrous signs in each ewe were classified based on their duration in normal, short, large, and multiple. Ewes maintained a steady live weight ($P > 0.05$) and body condition score ($P > 0.05$) across all seasons. The number of total and normal estrous cycles, as well as the number of total and normal estrous signs per ewe was 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° NL, Pelibuey ewes reduce their estral and ovulatory activity, as well as the *corpus luteum* functionality in winter and spring seasons.

Key words: hair sheep, estrous behavior, progesterone, ovulation.

RESUMEN

Durante un año, 22 ovejas múltiparas Pelibuey mantenidas en condiciones estabuladas fueron expuestas a machos y se les tomaron muestras de sangre para evaluar el efecto de la época del año sobre las características del ciclo estral, la ovulación y la funcionalidad del cuerpo lúteo bajo condiciones áridas de México (32° LN). Los machos fueron expuestos diariamente a las ovejas para identificar conducta de estro, mientras que las muestras de sangre se colectaron dos veces por semana para determinar ovulación a través de medir la concentración de progesterona. Adicionalmente, muestras de sangre se colectaron cada tres días durante un ciclo completo para determinar funcionalidad del cuerpo lúteo. Las ovejas mantuvieron constante su peso vivo ($P > 0,05$) y condición corporal ($P > 0,05$) a través de todas las estaciones del año. El número de ciclos estrales y de signos de estros totales y normales por oveja fueron mayores ($P < 0,05$) en verano y otoño que en invierno y primavera. Comparado con invierno y primavera, en verano y otoño se observó mayor ($P < 0,05$) número de ovulaciones por oveja y menor porcentaje de ovejas con estros silenciosos. 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 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 verano e invierno.

Palabras clave: ovinos de pelo, conducta de estro, progesterona, ovulación.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la población de ovinos de raza de pelo Pelibuey se ha incrementado en las regiones áridas y semiáridas del norte de México debido a que se adapta fácilmente a las condiciones climáticas extremas y por su alta rusticidad (Macías-Cruz y col 2010). Además, bajo estas condiciones, estas ovejas han mostrado comportarse

reproductivamente muy similar a lo observado en otras regiones del sur (De la Isla y col 2010) y centro del país (Arroyo y col 2007), es decir, manifiestan solamente una reducción en la actividad estral entre enero y mayo, sin llegar a considerarse como anestro estacional (Gastelum-Delgado y col 2015). No obstante, es escasa la información existente sobre la actividad reproductiva de las ovejas Pelibuey en climas áridos de México.

En la región noroeste de México (32° latitud norte [LN]) el clima es variable entre épocas, fluctuando las temperaturas ambientales de $< 0^{\circ}$ (invierno) hasta 50° C (verano). Adicionalmente, la precipitación es escasa, lo que limita la disponibilidad y calidad del forraje durante

Aceptado: 26.03.2015.

[#] Proyecto financiado al primer autor por PROMEP 2010.

* Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California, México, C.P. 21705; lar62@hotmail.com.

el año. 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, actividad ovulatoria y funcionalidad del cuerpo lúteo entre épocas del año. No obstante, poco se conoce del efecto de épocas del año sobre las características del ciclo estral y funcionalidad del cuerpo lúteo que presentan las ovejas Pelibuey bajo estas condiciones ambientales, o en cualquier otro clima. En un estudio realizado al sur del país (21° 06' LN) se evaluó el efecto de la época (Verano-otoño vs. Invierno-primavera) sobre la actividad estral, el desarrollo folicular y la tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey (De la Isla y col 2010), encontrando 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. En otro estudio realizado en Brasil a 21° 59' de latitud sur (LS) 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 y col 2007). Ambos estudios muestran el impacto que tiene la época del año sobre los patrones reproductivos de los ovinos de pelo y sugieren la necesidad de seguir realizando investigaciones al respecto para comprender la fisiología reproductiva de esta raza ovina bajo diferentes escenarios climáticos y productivos. En este sentido, la hipótesis fue que en regiones áridas localizadas a 32° LN, la actividad reproductiva (estro, ovulación y la funcionalidad del cuerpo lúteo) de ovejas Pelibuey varía entre las épocas del año como consecuencia de las temperaturas extremas y los cambios fotoperiódicos circanuales registrados en esas condiciones climáticas. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la época del año sobre las características del ciclo estral, la ovulación y la funcionalidad del cuerpo lúteo en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó de enero a diciembre del 2011 en la Posta Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA-UABC), localizado en el valle de Mexicali, Baja California, al noroeste de México (32° 24' LN y 115° 16' longitud oeste [LO]). El clima en la región es árido y seco, con temperaturas máximas registradas en verano de hasta 50 °C y mínimas en invierno ≤ 0 °C; la precipitación promedio anual es de 84 mm (García 1985). Se colectaron los datos climatológicos del año de estudio a partir de una estación meteorológica ubicada aproximadamente a 20 km del lugar de estudio. Con esta información se calcularon los valores promedios diarios por época de temperatura (T), humedad relativa (HR), fotoperiodo e índice de temperatura-humedad (ITH). El ITH se calculó

usando la fórmula propuesta por Hahn (1999): $ITH = 0,81 \times T + HR (T-14,4) + 46,4$.

Se utilizaron 22 ovejas adultas Pelibuey con edad al inicio del experimento de entre 4 y 5 años, peso vivo (PV) de $51,3 \pm 2,5$ kg y condición corporal (CC) de $3,1 \pm 0,2$ unidades en la escala de 1 a 5 (1 = muy flaca y 5 = muy obesa; Russel y col 1969). Durante todo el experimento, las ovejas se alimentaron *ad libitum* y se mantuvieron estabuladas en un corral (36 m²) provisto de comederos, bebederos, sombra y piso de tierra. La dieta fue formulada sobre la base de los requerimientos nutricionales descritos por NRC (2007) para mantenimiento (91,2% de MS, 9,8 de PC y 1,8 Mcal de EM/kg de MS), usando como ingredientes 48% de paja de trigo picada, 48% de heno de alfalfa molido y 4% de premezcla mineral. El agua se ofreció a libre acceso. Cabe mencionar que un mes antes de inicio del experimento, todas las ovejas se trataron intramuscularmente con 3,0 ml de vitaminas A-D-E (Vigantol, Bayer) y 1,0 ml del desparasitante ivermectina (Ivermectin, Sanfer). En general, las cuatro épocas del año representaron los tratamientos, considerándose primavera del 21 de marzo al 20 de junio, verano del 21 de junio al 20 de septiembre, otoño del 21 de septiembre al 20 de diciembre e invierno del 21 de diciembre al 20 de marzo.

El PV y la CC individual de las ovejas se registraron tres veces (inicio, mitad y final) en cada época del año. Además, diariamente se introducía uno de tres machos Pelibuey, de fertilidad probada, al corral de las ovejas para identificar si alguna presentaba signos de estro, considerándose que una oveja estaba en estro cuando no mostraba ningún reflejo de movimiento a la monta. Las ovejas detectadas en estro se separaron del grupo a un corral adyacente donde permanecieron hasta el término del periodo de detección; posteriormente se regresaban al grupo. El macho seleccionado para detección era equipado con un mandil para evitar la cópula. Esta actividad se realizó mañana (6:00 h) y tarde (18:00 h) durante 30 min en cada tiempo. Las ovejas detectadas en estro se continuaban exponiendo al macho en forma similar a las ovejas que no habían mostrado estro, hasta que ya no aceptaban ser montadas. A partir de esta información se calcularon, por época, las siguientes variables de estudio: total de ciclos estrales por oveja (cantidad/oveja), frecuencia de ciclos estrales por oveja con duración basada en la clasificación de Sasa y col (2002; normal [15-19 d], cortos [≤ 14 d], largo [20-26 d] y múltiples [≥ 27 d]) y duración del ciclo estral (intervalo de tiempo entre el inicio de un estro y otro). Asimismo, porcentaje de ovejas en estro (al menos uno/época), total de estros por oveja (cantidad/oveja), y frecuencia de estros con duración (normal [24-36 h], corto [< 24 h] y largo [> 36 h]) basada en la clasificación de Rodríguez y col (2007).

Adicionalmente, 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 (P_4) mediante la técnica de ELISA. Se utilizó un kit comercial para cuantificar dicha hormona (Accu-Bind® ELISA Microwells, USA), el cual tuvo una sensibilidad de 0,03 ng/mL y coeficiente de variación entre y dentro de ensayos de 7,1% en promedio. Se consideró que una oveja ovuló cuando la concentración de P_4 fue $\geq 1,0$ ng/ml en al menos dos muestras consecutivas después de haber presentado niveles de $P_4 < 1,0$ ng/ml (Valencia y col 2006). Con esta información se generaron las siguientes variables por época: porcentajes de ovejas ovulando (al menos una ovulación por época), número de ovulaciones por oveja, y porcentaje de ovejas con estro silencioso (al menos uno por época) y estro sin ovulación (al menos uno por época).

En el caso de evaluación de la funcionalidad del cuerpo lúteo, se midió determinando la concentración de P_4 en suero durante un ciclo estral en cada época. En 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 equipo, el método de extracción y el manejo de la muestra para obtener suero y medir concentración de P_4 , fueron similares a lo descrito previamente para ovulación.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS (2004). Las variables cuantitativas se analizaron 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 se analizaron con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis aplicando el procedimiento NPAR1WAY, ya que aún con transformaciones no siguieron una distribución normal. Las variables expresadas en porcentaje se analizaron con la prueba chi-cuadrada usando el procedimiento FREQ del programa SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas fueron de estrés calórico ligero para primavera ($T=28,2\pm 4,1$ °C e $ITH=73,5\pm 5,1$ unidades) y de tipo moderado para verano ($T=35,7\pm 1,2$ °C e $ITH=83,0\pm 1,5$ unidades), acorde a Avendaño-Reyes (2012). En invierno ($T=19,0\pm 3,5$ °C e $ITH=63,3\pm 3,7$ unidades)

y otoño ($T=20,6\pm 12,2$ °C e $ITH=70,8\pm 1,8$ unidades), el clima fue favorable para un adecuado desarrollo reproductivo de las ovejas, ya que los ITH fueron inferiores a las 72 unidades, límite señalado como de inicio del estrés calórico en rumiantes. El rango de variación en el fotoperiodo durante el año fue de 4,3 h (11,1 a 13,2 h), el cual es mayor al registrado previamente en otras regiones donde han evaluado la actividad estral y ovulatoria en ovejas Pelibuey (Valencia y col 2006, De la Isla y col 2010). Esta mayor amplitud en el fotoperiodo obedece a que este estudio fue realizado a una latitud mayor en comparación con los demás (32° vs. 19° ó 21° LN).

El PV y la CC de las ovejas no variaron ($P > 0,05$) con la época del año. En promedio, las ovejas tuvieron un PV de $52,5\pm 2,5$ kg y una CC de $3,2\pm 0,2$ unidades durante las épocas. La CC no es un factor que modifique la aparición del estro en ovejas Pelibuey, pero sí la duración y algunos eventos ováricos como la cantidad de folículos > 4 mm y la tasa ovulatoria (De la Isla y col 2010). Por lo tanto, estos resultados garantizan que, en el presente estudio, no exista un efecto confundido entre época y estado nutricional de las ovejas sobre las variables reproductivas evaluadas.

Por otra parte, la época no afectó ($P > 0,05$) el número de ciclos estrales cortos y largo por oveja, pero sí el número de ciclos totales y normales por oveja, siendo mayor ($P < 0,05$) en verano y otoño comparado con invierno y primavera (cuadro 1). El número de ciclos múltiples y la duración del ciclo estral por oveja fueron mayores ($P < 0,05$) en primavera comparado con las otras épocas. Bajo las condiciones del noroeste de México, las ovejas Pelibuey se caracterizan por ser poliéstricas continuas durante la época natural reproductiva (verano-otoño), no obstante, esta situación cambia entre enero y junio, donde siguen siendo poliéstricas pero con presencia de anestros cortos (68%; Gastélum-Delgado y col 2015). Lo anterior explica por qué se incrementó el número de ciclos totales y de duración normal en verano y otoño, mientras que la duración del ciclo en primavera fue más prolongada.

El porcentaje de ovejas en estro y ovejas ovulando fue similar ($P > 0,05$) entre épocas (97,5% en promedio; cuadro 2), lo cual coincide con resultados de otros estudios realizados en el altiplano mexicano (19° LN; Valencia y col 2006, Arroyo y col 2007) y región tropical del país (De la Isla y col 2010). También están acorde con la presencia de estros observada en ovejas Pelibuey bajo condiciones del noroeste de México (32° LN; Gastélum-Delgado y col 2015). Además, en el presente estudio, se encontró que el número de estros totales y de estros con duración normal por oveja, así como el número de ovulaciones por oveja fueron mayores ($P < 0,05$) en verano y otoño que en invierno y primavera. El número de estros largos en otoño también fue mayor ($P < 0,05$) comparado con las demás épocas. Similarmente, en estudios hechos con ovejas Santa Inés en Brasil (21° LS; Rodríguez y col 2007) y ovejas Pelibuey en México (De la Isla y col 2010), se reportó mejor actividad ovulatoria y estral con estros de duración

Cuadro 1. Efecto de la época del año sobre la duración del ciclo estral en ovejas Pelibuey.
Effect of season of the year on duration of the estrous cycle in Pelibuey ewes.

	Épocas del año				EE
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
Número de ciclos (n)					
Total	2,8 ^a	3,1 ^a	4,9 ^b	4,5 ^b	0,9
Normal	1,8 ^a	1,3 ^a	4,6 ^b	3,6 ^b	0,9
Cortos	0,30	0,50	0,14	0,23	0,51
Largos	0,25	0,20	0,05	0,14	0,30
Múltiple	0,40 ^a	1,05 ^b	0,14 ^a	0,14 ^a	0,40
Duración del ciclo (d)	20,1 ^a	24,2 ^b	17,8 ^a	17,3 ^a	3,8

^{a,b} Superíndices dentro de hilera indican diferencias significativas a $P < 0,05$.
Ausencia de superíndices dentro de hilera indican no diferencia significativa a $P > 0,05$.

Cuadro 2. Efecto de la época del año sobre la conducta de estro y la actividad ovulatoria en ovejas Pelibuey.
Effect of season of the year on estrous behavior and ovulatory activity in Pelibuey ewes.

	Épocas del año				EE
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
Número de ovejas (n)	22	22	22	22	
Presencia de estros (%)	95,2	95,2	100	100	---
Número de estros (n)					
Total	2,8 ^a	3,0 ^a	4,9 ^b	4,7 ^b	1,0
Normal	1,1 ^a	1,2 ^a	3,3 ^b	3,2 ^b	0,8
Cortos	1,7	1,5	1,3	1,0	0,8
Largos	0,05 ^a	0,30 ^b	0,33 ^b	0,57 ^c	0,18
Ovejas ovulando (%)	95,2	95,2	100	100	---
Ovulaciones/oveja (n)	4,2 ^a	4,3 ^a	5,4 ^b	4,9 ^b	0,8
Estros silenciosos (%)	72,7 ^a	77,3 ^a	40,9 ^b	27,3 ^c	---
Estros sin ovulación (%)	9,1	0,0	4,6	4,6	---

^{a,b,c} Superíndices dentro de hilera indican diferencias significativas a $P < 0,05$.
Ausencia de superíndices dentro de hilera indican no diferencia significativa a $P > 0,05$.

≥ 24 h durante la época natural de empadre (verano-otoño) comparado con la época anestro (primavera). Aunque en este estudio no se evaluó el desarrollo folicular, la presencia de un mayor desarrollo folicular durante el verano y otoño pudo ser responsable de la mejor actividad estral y ovulatoria registrada por oveja en estas épocas (De la Isla y col 2010). La presencia de anestros cortos en ovejas Pelibuey durante enero a junio (Gastelum-Delgado y col 2015) también puede ser responsable del menor número de estros (totales, normales y largos) y ovulaciones observado en la época de invierno y primavera.

La época no afectó ($P > 0,05$) la presencia de ovejas con estros sin ovulación, pero sí la presencia de estros silenciosos ($P < 0,05$; cuadro 2). El porcentaje de ovejas con al menos un estro silencioso fue menor ($P < 0,05$) en otoño que en las otras épocas, no obstante, en invierno y primavera fue mayor ($P < 0,05$) que en verano. La alta

incidencia de estros silenciosos registrados en invierno y primavera puede deberse a los niveles bajos de P_4 detectados durante los ciclos estrales de dichas épocas. En ovinos (Hashem y col 2011) y bovinos (Grajales y col 2010), reportaron un incremento en la presencia de estros silenciosos cuando la concentración de P_4 disminuyó. Concentraciones elevadas de P_4 favorecen la activación de receptores de estradiol en el hipotálamo medio basal, lo que incrementa la sensibilidad a estradiol para la aparición del estro y ovulación (Blache y col 1994).

Las concentraciones de P_4 fueron afectadas ($P < 0,05$) por la interacción época x día del ciclo estral (figura 1). Entre los días 5 y 14 del ciclo fue observada diferente ($P < 0,05$) concentración de P_4 entre épocas. Mientras que en los días 5 y 8 la concentración de P_4 en las ovejas fue más alta ($P < 0,05$) en otoño que en las otras épocas, en los días 11 y 14 dicha concentración fue mayor ($P < 0,05$) en verano y

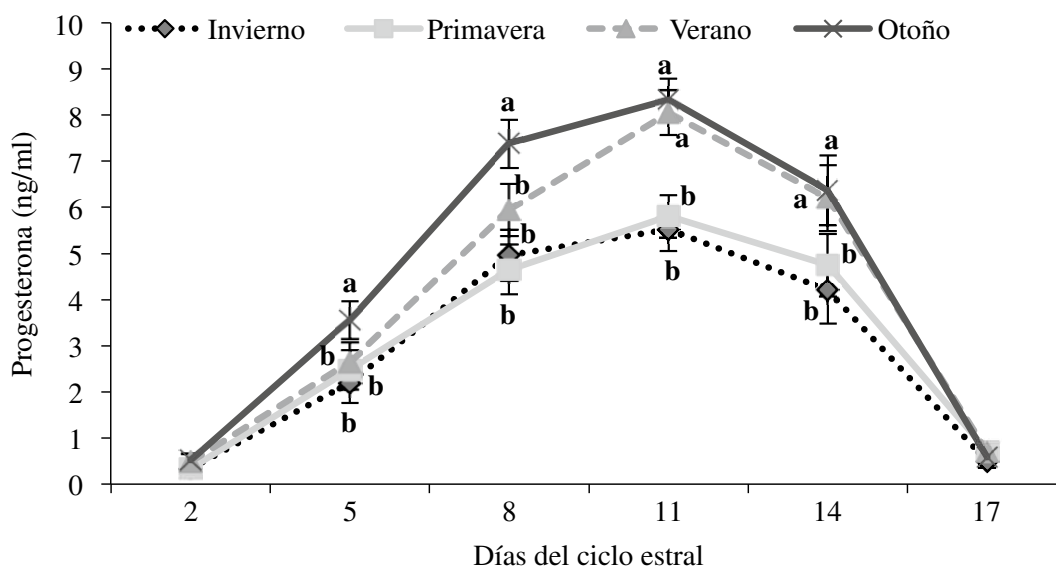


Figura 1. Efecto de época del año sobre la concentración de progesterona en los días del ciclo estral en ovejas Pelibuey (a, b, c superíndices indica diferencias entre épocas del año dentro de cada día del ciclo estral a $P < 0,05$).

Effect of season of the year on progesterone concentrations through days of the estrous cycle in Pelibuey ewes.

otoño en comparación con invierno y primavera. La concentración de P_4 entre verano y otoño fue similar ($P > 0,05$) en los días 11 y 14. Finalmente, las concentraciones de P_4 en los días del ciclo estral fueron similares ($P > 0,05$) en invierno y primavera. Esta es la primera investigación que evalúa el efecto de época sobre los niveles de P_4 en ovejas Pelibuey y los resultados sugieren que la funcionalidad del cuerpo lúteo varía con la época del año, siendo muy notoria una disminución en invierno y primavera. Estos resultados de P_4 pueden deberse a diferencias entre épocas en la tasa ovulatoria, lo que se refleja directamente en el número de cuerpos lúteos. En ovejas Pelibuey, De la Isla y col (2010) reportaron 38,4% mayor tasa ovulatoria en los meses de verano y otoño comparado con los meses de invierno y primavera. Cabe mencionar que la reducción en los niveles de P_4 durante la época natural de anestro (días largos) puede ser un indicativo de que las ovejas Pelibuey experimentan, a 32° LN, cierto grado de estacionalidad reproductiva.

Por otra parte, las condiciones de estrés calórico de verano no fueron un factor importante que impactara negativamente en la ciclicidad y conducta estral de las ovejas Pelibuey. Sin embargo, sí se observó que las temperaturas elevadas de verano alteraron parcialmente la funcionalidad del cuerpo lúteo en esta raza ovina. Sin embargo, este resultado no coincide con lo reportado por Rodríguez y col (2009), quienes indicaron que estrés calórico no afecta la funcionalidad del cuerpo lúteo en ovejas Pelibuey y Suffolk. Esta discrepancia entre resultados puede deberse al tiempo de exposición que fueron sometidos las ovejas en cada estudio.

Se concluye que las características del ciclo estral y la funcionalidad del cuerpo lúteo se modifican por efecto de la época en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones áridas del noroeste de México. La mejor actividad estral y ovárica de esa raza se presenta en las épocas de verano y otoño. Al parecer, el fotoperiodo es el principal factor ambiental que controló la actividad reproductiva en las ovejas Pelibuey, ya que en invierno y primavera fue común detectar fallas en los diferentes eventos fisiológicos del ciclo estral. Finalmente, las temperaturas elevadas de verano no comprometen la reproducción de esta raza ovina de pelo.

REFERENCIAS

- Arroyo LJ, A Gallegos-Sanchez, A Villa-Godoy, JM Berruecos, Perera G, J Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Anim Reprod Sci* 102, 24-30.
- Avendaño-Reyes L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones. In: Chaiyabutr N (ed). *Milk production -An up-to-date overview of animal nutrition, management and health*. In Tech, Pp165-184.
- Blache D, M Batailler, C Fabre-Nys. 1994. Oestrogen receptors in the preoptic hypothalamic continuum: immunohistochemical study of the distribution and cell density during estrous cycle in ovariectomized ewe. *J Neuroendocrinol* 6, 329-339.
- De la Isla HG, LJR Aké, BA Avala, 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.
- García E. 1985. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3^{ra} ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, Pp 46-52.
- Gastelum-Delgado MA, L Avendaño-Reyes, FD Álvarez-Valenzuela, A Correa-Calderon, CA Meza-Herrera, M Mellado, U Macías-Cruz. 2015. Circannual estrus behavior in hair breed ewes under

- arid conditions of the northwestern Mexico. *Rev Mex Cienc Pecu* 6, 109-118.
- Grajales H, A Hernández, E Prieto. 2010. Niveles de progesterona durante el ciclo normal y silencioso en bovinos en el trópico colombiano. *Rev MVZ Córdoba* 15, 2060-2069.
- Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J Dairy Sci* 82, 10-20.
- Hashem NM, SZ Zarkouny, TA Taha, ZR 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, 1327-1335.
- Macías-Cruz U, FD Álvarez-Valenzuela, J Rodríguez-García, A Correa-Calderón, NG Torrentera-Olivera, L Molina-Ramírez, 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.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy of Science, Washington, DC., USA.
- Rodríguez AP, LA Coelho, O Nonaka, A Sasa, WR Russiano, JC Balieiro, ES Ramos. 2007. Annual characteristics of estrous activity in wool and hair ewe lambs under subtropical conditions. *J Sci Agric* 64, 468-475.
- Rodríguez MM, HH Montaldo, SJA Balcazár, CJ Hernández. 2009. Niveles de progesterona sérica en ovejas Pelibuey y Suffolk sometidas a estrés calórico. *Vet Méx* 40, 97-102.
- Russel AJF, JM Doney, RJ Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J Agr Sci* 72, 451-454.
- SAS INSTITUTE, SAS/STAT. 2004. User's guide statistics released 9.1, 2nd ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Sasa A, DC Teston, PA Rodriguez, LA Coelho, E Schalch. 2002. Concentrações plasmáticas de progesterona em borregas lanadas e deslanadas no período de abril a novembro, no Estado de São Paulo. *Rev Bras Zootecn* 31, 1150-1156.
- Valencia J, A Porras, O Mejía, JM Berruecos, J Trujillo, 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.