

INFLUENCIA ESTACIONAL SOBRE EL CICLO ESTRAL Y EL ESTRO EN HEMBRAS CEBÚ MANTENIDAS EN CLIMA TROPICAL^a

Eugenio Villagómez Amezcua Manjarrez^b
Héctor Castillo Rojas^b
Alejandro Villa-Godoy^c
Heriberto Román Ponce^b
Carlos Vázquez Peláez^d

RESUMEN

Villagómez AME, Castillo RH, Villa-Godoy A, Román PH, Vázquez PC. *Téc Pecu Méx* 2000;38(2):89-103. Se realizaron dos experimentos (EXP) para examinar la duración del ciclo estral (DCE), duración del estro, número de estros (NE), la función lútea (FL) y la tasa de ovulación. Se estudiaron 16 vaquillas y 22 vacas Indobrasil, suplementadas energéticamente. Se utilizó un diseño en arreglo factorial anidado, cuyos factores fueron: tratamiento (TRT: vaca o vaquilla) y estación (EXP-1: primavera= PR, verano= VE, otoño= OT o invierno= IN; EXP-2 PR o IN). Los datos se analizaron por varianza. En el EXP-1, el estro fue detectado durante 1 h, 2 veces/día, por un año, para determinar DCE y NE y para DE 1 de cada 3 h por 22 días a la mitad de cada estación. En EXP-2 se detectaron estros por 1 h, 2 veces/día hasta el día 17 postestro y 1 de cada 2 h del día 18 al estro subsecuente. Se determinó FL y ovulación mediante radioinmunoanálisis para progesterona. La DCE fué menor en OT (19.9± 2 días) que en VE (20.8± 2 días) ($P < 0.05$). La duración del estro fué más corta en VE (10.4± 0.9 h) y OT (8.7± 1 h) que en PR (14.3± 0.9 h). El NE fue menor en IN que en las otras estaciones ($P < 0.01$). En el EXP 2, el 100 % de los animales ovuló en PR e IN. Todas la vacas presentaron estro en ambas estaciones; sin embargo el 60% de las vaquillas mostraron estro en IN vs el 100 % en PR. Se concluye que las estaciones afectan algunas funciones reproductivas que podrían explicar los cambios estacionales de fertilidad observados en hembras cebú en estudios previos.

PALABRAS CLAVE: Estacionalidad, Cebú, Ciclo estral, Estro, Función lútea.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limitan en mayor grado la productividad del ganado bovino del trópico, es la marcada estacionalidad

en la producción de leche y de becerros⁽¹⁾, que resulta fundamentalmente de la estacionalidad reproductiva observada en este tipo de animales⁽²⁾. La generalidad de los autores considera que las hembras bovinas son poliéstricas continuas^(3,4). Sin embargo, estudios sobre ganado cebú han informado variaciones estacionales en cuanto a la manifestación de estros⁽⁵⁾ y a sus tasas de fecundación^(6,7). Se ha documentado que varios componentes

^a Recibido el 25 de abril de 2000 y aceptado para su publicación el 21 de agosto de 2000.

^b Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 Carr. Veracruz-Córdoba. Paso del Toro, Ver. AP 1224. 91700 Veracruz, Ver. Tel. (29) 34-77-38. villagoe@cirgoc.inifap.conacyt.mx

^c Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.

^d Dirección General de Zoológicos de la ciudad de México.

climáticos inciden sobre la reproducción de los bovinos, manifestando que en ganado cebú, la eficiencia reproductiva está asociada con la temperatura ambiental^(8,9), las precipitaciones pluviales⁽¹⁰⁾ o el fotoperíodo⁽¹¹⁾; no obstante, otros trabajos contradicen a los anteriores^(12,13). Los conflictos encontrados en la literatura pueden deberse a interacciones de los factores ambientales o a diferencias en el estado fisiológico de los animales estudiados. A pesar de que se desconocen los efectos precisos de los componentes ambientales sobre la reproducción, se sabe que hay meses que favorecen la fertilidad del ganado cebú. Las épocas de mayor fertilidad varían según la localidad geográfica. Así por ejemplo estudios en el sureste de México,^(6,7) Florida⁽⁵⁾ y Cuba⁽¹⁴⁾ han indicado que la fertilidad del ganado cebú y sus cruza es elevada durante la primavera y el verano, que coinciden con las épocas no lluviosa y la lluviosa, mientras que durante el otoño y el invierno se registran las tasas de fertilidad más bajas. Por el contrario en Brasil⁽¹²⁾ y Guatemala⁽¹³⁾ se ha observado una mejor fertilidad de las hembras cebú durante la época de sequía. En los estudios previamente mencionados, no fue posible disociar los efectos de estacionalidad de la influencia de la disponibilidad de forrajes. Sin embargo el hecho de que la época de mayor fertilidad no coincide en todos los casos con la mayor abundancia de forrajes, indica que la alimentación por sí sola, no explica el fenómeno de estacionalidad reproductiva en el ganado cebuino.

Entre los eventos reproductivos que podrían ser afectados por la estacionalidad, se encuentran la duración del ciclo estral, la

duración y presentación del estro y la función del cuerpo lúteo. Todos estos eventos son afectados por algunos factores climáticos aislados y son importantes por estar asociados con la fertilidad^(5,15).

La progesterona contribuye a modular el ambiente endocrino preovulatorio y puede afectar la función del cuerpo lúteo subsecuente⁽¹⁶⁾. Alternativamente la secreción insuficiente o excesiva de progesterona se ha asociado con alta mortalidad embrionaria y ciclos estrales prolongados, quizá debido a una incompatibilidad entre la función del útero y el desarrollo del embrión⁽¹⁷⁾. A pesar de que la estacionalidad reproductiva de los bovinos del trópico ha sido documentada, como se indica en la discusión previa, no se sabe con certeza cuales eventos o funciones reproductivas son afectados específicamente, ni cuales son los factores ambientales que inciden sobre la fertilidad.

El tema central del presente estudio fue determinar bajo condiciones de alimentación controlada, los efectos de estacionalidad sobre el estro, el ciclo estral y la función del cuerpo lúteo de hembras cebú en ausencia de gestación y lactación. Un objetivo colateral fue establecer la asociación entre las variables reproductivas afectadas y los factores ambientales que determinan la estacionalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos se realizaron dos experimentos en el Campo Experimental "Playa Vicente" (CIRGOC-INIFAP), cuyo clima es tropical Amg⁽¹⁸⁾; la temperatura media anual es de 26°C y la precipitación

promedio anual es de 2000 mm. El campo experimental se encuentra localizado a 17°19' Latitud norte y 99°65' Longitud oeste, a 95 msnm.

Se utilizaron vaquillas (ciclando, nulíparas y de aproximadamente 24 meses de edad) y vacas (de dos partos, no gestantes, sin cría y con un mínimo de 3 meses posparto), de la raza Indobrasil. Todos los animales se manejaron en condiciones similares de pastoreo rotacional y tuvieron libre acceso a una mezcla de sales minerales y agua. Con el fin de evitar pérdidas de peso, que enmascararan los efectos de la estación, durante los meses de escasez de forrajes los animales fueron suplementados con 4 kg/día de un concentrado con 2.5 Mcal de energía metabolizable y 14 % de PC por kilogramo. Para verificar lo anterior, los animales fueron pesados al inicio de cada experimento y posteriormente cada 28 días. Se tomaron lecturas diarias de temperatura ambiental, precipitación pluvial, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento en la estación meteorológica ubicada en el campo experimental. El fotoperiodo (horas de iluminación/día) para 17°19' Latitud norte fueron calculados en el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Experimento 1. Para llevar a cabo el primer objetivo se utilizaron 11 vaquillas y 12 vacas. Para determinar la duración del ciclo estral y la incidencia de estros a través del año, todos los animales fueron observados durante dos periodos de una hora cada uno (0700 a 0800 y 1700 a 1800). Siete días después de observado el estro, se palparon los ovarios por vía rectal, para

determinar la presencia de un cuerpo lúteo como indicador de la ocurrencia de una ovulación. Con el fin de determinar la duración del estro, durante un intervalo de 22 días, seleccionado a la mitad de cada una de las estaciones del año, se observaron los animales una de cada tres horas para la detección del estro. El criterio de monta fue cuando el animal aceptó la monta homosexual.

Las variables de respuesta fueron:

Duración del estro. El inicio del estro fue la primera monta homosexual aceptada, mientras que el final del mismo fue la última monta aceptada, seguida por lo menos, por cuatro periodos de observación sin ninguna aceptación de la monta homosexual.

Incidencia del estro. Fue el número de estros por animal durante cada una de las estaciones del año.

Duración del ciclo estral. Tiempo transcurrido entre dos inicios de estro consecutivos.

Se usó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial anidado:

$$Y = \mu + T_i + A_{(i)j} + s_{(i)j} + E_k + TE_{ik} + AE_{(i)jk} + S$$

Donde:

Y es la duración del ciclo estral o del estro o el número de estros en el i-ésimo tratamiento del j-ésimo animal en la k-ésima época del año.

μ : Es la media teórica de la población.

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento (vaca o vaquilla).

$A_{(i)j}$: Efecto del j-ésimo animal dentro del i-ésimo tratamiento.

- $s_{(ij)}$: Error de restricción.
 E_k : Efecto de la k -ésima estación (primavera, verano, otoño, invierno)
 TE_{ik} : Efecto de la interacción del i -ésimo tratamiento con la k -ésima estación.
 $AE_{(i)jk}$: Efecto de la interacción del j -ésimo animal con la k -ésima estación del i -ésimo tratamiento.
 S : Error aleatorio con distribución NID $(0, s^2)$.

Se empleó un análisis de varianza usando el procedimiento de modelo lineal general del Sistema de Análisis Estadístico (SAS). Los contrastes entre medias de las variables de respuesta se realizaron con la prueba de Scheffé. Para determinar la asociación entre los factores ambientales y las variables dependientes, se empleó el método de regresión lineal. En el modelo se estudiaron las asociaciones individuales de las variables independientes y sus dobles interacciones; sin embargo fue imposible encontrar una ecuación que explicara la asociación de los factores ambientales y las variables en estudio, quizás debido a la variación existente. Por lo tanto, únicamente se examinaron los coeficientes de correlación simple entre los factores climáticos y las variables independientes.

Experimento 2. Para cumplir con el segundo objetivo, se utilizó la concentración de progesterona como indicador de función lútea, así como para confirmar la ocurrencia de estro y si fue seguido o no de ovulación. Además se midió la concentración de progesterona presente durante el estro. Se utilizaron seis vacas y cinco vaquillas. El estudio se realizó durante mayo y junio (primavera) y diciembre y enero (invierno). La selección de las épocas de estudio se hizo con base

a estudios previos^(6,7), en los cuales se ha observado una mayor fertilidad del ganado cebú durante mayo y junio y una menor fertilidad durante diciembre y enero. Para facilitar la detección de estros y la colección de muestras sanguíneas, los animales fueron inyectados por vía i.m. con 25 mg de prostaglandina F_2 alfa (Lutalyse, Tuco). La detección de estros durante el experimento 2 se realizó con la presencia de un toro con pene desviado. A partir de la inyección de la prostaglandina, los animales fueron observados durante dos períodos diarios de una hora (0700 a 0800 y 1700 a 1800) para detección de estros. Del día 18 del estro sincronizado (día 0 = inicio del estro) en adelante, los animales se observaron una de cada tres horas; lo anterior con el fin de detectar aquellos estros menores de cuatro horas, observados en hembras cebú previamente⁽¹⁹⁾. Entre los días 13 y 15 del estro sincronizado y del día 18 hasta el estro siguiente, se tomaron muestras de sangre por punción de las venas coccígea o yugulares (0800 y 1800), se depositaron en tubos "vacutainer" heparinizados con el fin de obtener el plasma y determinar la concentración de progesterona por radioinmunoanálisis⁽²⁰⁾.

Las variables de respuesta fueron:

Concentración de progesterona durante la fase lútea. Concentración promedio a partir de las muestras de plasma obtenidas durante el diestro tardío (días 13 a 15 posteriores al estro).

Concentración de progesterona durante el estro. Concentración promedio a partir de las muestras tomadas el día del estro no sincronizado.

INFLUENCIA ESTACIONAL SOBRE EL CICLO ESTRAL Y EL ESTRO EN HEMBRAS CEBÚ

Para lograr el objetivo se usó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial anidado, con el siguiente modelo:

$$Y = \mu + T_i + A_{(i)j} + s_{(i)j} + E_k + TE_{ik} + AE_{(i)jk} + S$$

Donde:

- Y es la concentración de progesterona durante el diestro medio o durante el estro, en el i-ésimo tratamiento del j-ésimo animal, en la k-ésima época del año.
- μ : Es la media teórica de la población.
- T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento (vaca o vaquilla).
- $A_{(i)j}$: Efecto del j-ésimo animal dentro del i-ésimo tratamiento.
- $s_{(i)j}$: Error de restricción.
- E_k : Efecto de la k-ésima estación (primavera, invierno).
- TE_{ik} : Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento con la k-ésima estación.
- $AE_{(i)jk}$: Efecto de la interacción del j-ésimo animal con la k-ésima estación del i-ésimo tratamiento.
- S: Error aleatorio con distribución NID (0, s^2).

Para el análisis estadístico se utilizó el modelo lineal general del SAS, mencionado anteriormente.

RESULTADOS

En el experimento 1, en ninguna de las estaciones ni las vacas ni las vaquillas perdieron peso (ganancia diaria promedio de 290 y 213 g para vacas y vaquillas, respectivamente), por lo que fue posible estudiar los efectos estacionales. El análisis de varianza (Cuadro 1) indica que el tratamiento (vaca o vaquilla) no influyó ninguna de las variables estudiadas ($P > 0.05$). Por el contrario, la estación afectó ($P < 0.01$) el número y la duración de estros. Asimismo se observó un efecto de estación ($P < 0.05$) sobre la duración del ciclo estral. Además se detectaron interacciones entre el estado fisiológico y las estaciones que modificaron el número y la duración del estro ($P < 0.05$).

Se observó que durante el invierno, tanto vacas como vaquillas presentaron un menor número de estros ($P < 0.01$) que durante

Cuadro 1. Análisis de varianza del estro y ciclo estral en vacas y vaquillas cebú por estación

Variables de respuesta	Fuente de variación				
	Cuadrados medios				
	Tratamiento	Animal	Estación	Interacción	Error
Número de estros	1.47(1)a	0.51(21)	4.78**(3)	1.94*(3)	0.48(63)
Duración del estro	2.24(1)	16.25(21)	179.89**(3)	47.90*(3)	20.47(65)
Duración del ciclo estral	8.42(1)	8.24(21)	14.84*(3)	3.62(3)	4.66(362)

a En paréntesis, grados de libertad.
 * ($P < 0.05$)
 ** ($P < 0.01$)

el resto de las estaciones (Cuadro 2); sin embargo, aparentemente gran parte de esta reducción se debió a una interacción entre el tratamiento “vaquilla” y el invierno ($P < 0.05$). En contraste con lo anterior, el estro fue más corto ($P < 0.01$) en verano y otoño con relación a la primavera y al invierno (Cuadro 3); no obstante, en este caso, las vaquillas fueron más afectadas ($P = 0.06$) durante el otoño, mientras que las vacas, al menos numéricamente, fueron las que evidenciaron mayores efectos durante el verano.

La duración del ciclo estral (Cuadro 4) difirió ($P < 0.05$) cuando se contrastaron

verano y otoño, siendo más corto en esta última estación, tanto para vacas como para vaquillas. Los coeficientes de correlación entre los factores climáticos y las variables de respuesta resultaron bajos en general; sin embargo se observaron algunas asociaciones significativas (Cuadros 5, 6). Los coeficientes de correlación entre el número de estros y los factores climáticos, indican una asociación positiva entre dicha variable reproductiva y la temperatura ambiente (media, máxima y mínima), la insolación y el fotoperíodo en vacas y vaquillas en conjunto. Es evidente que la incidencia de estros en las vaquillas tuvieron una mayor asociación con las

Cuadro 2. Número de estros observados por estación en vacas y vaquillas cebú mantenidas en clima tropical.

	E s t a c i ó n				Promedio
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	
Vaquillas	4.82±0.2	4.27±0.2	4.36±0.2	3.09±0.2 ^a	4.14±0.1
Vacas	4.59±0.2	4.50±0.2	4.29±0.2	4.17±0.2 ^b	4.39±0.1
Promedio	4.70±0.1 ^c	4.39±0.1 ^c	4.33±0.1 ^c	3.63±0.1 ^d	4.27±0.1

^{ab} Distintas literales en columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^{cd} Distintas literales en renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.001$).

Cuadro 3. Duración del estro (horas) en vacas y vaquillas cebú mantenidas en clima tropical.

	E s t a c i ó n				Promedio
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	
Vaquillas	14.4±1.4	11.9±1.2	6.6±1.8 ^a	16.1±1.4	12.2±0.7
Vacas	14.1±1.3	8.9±1.3	10.8±1.4 ^b	13.8±1.2	11.9±0.7
Promedio	14.3±0.9 ^c	10.4±0.9 ^d	8.7±1.1 ^d	14.9±0.9 ^c	12.1±0.7

^{ab} Distintas literales en columna son diferentes ($P = 0.06$).

^{cd} Distintas literales en renglón son diferentes ($P < 0.001$).

INFLUENCIA ESTACIONAL SOBRE EL CICLO ESTRAL Y EL ESTRO EN HEMBRAS CEBÚ

variables relacionadas con el sol, a diferencia de las vacas. La velocidad del viento (Cuadro 6) se asoció positivamente con la duración del estro de las vacas y vaquillas. En contraste, la humedad relativa y la precipitación pluvial se asociaron negativamente con la longitud del estro de vacas y vaquillas.

De manera similar al Experimento 1, en el Experimento 2 se observaron ganancias de peso en las vacas y en las vaquillas a través de las cuatro estaciones del año

(ganancia de peso promedio de 220 y 240 g para vacas y vaquillas, respectivamente).

El análisis de varianza (Cuadro 7) no indicó efecto alguno de la estación y del tratamiento ($P > 0.05$) sobre la concentración plasmática de progesterona presente durante la fase lútea y durante el estro. Todas las vacas presentaron estro tanto en la primavera como en el invierno; sin embargo sólo el 60% de las vaquillas (3 de 5), mostraron estro durante el invierno, en comparación con el 100% en la primavera. Mediante la

Cuadro 4. Duración del ciclo estral (días) en vacas y vaquillas cebú mantenidas en clima tropical.

	E s t a c i ó n				Promedio
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	
Vaquillas	20.3±0.3	20.6±0.3	19.5±0.3	20.2±0.4	20.2±0.2
Vacas	20.2±0.3	21.1±0.3	20.3±0.3	20.4±0.3	20.5±0.2
Promedio	20.3±0.2 ^{ab}	20.9±0.3 ^a	19.8±0.2 ^b	20.3±0.2 ^{ab}	20.4±0.2

^{ab} Distintas literales en renglón son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre los factores climáticos y la presentación de estros en vacas y vaquillas cebú

	Vacas	Vaquillas	Vacas y Vaquillas
Temperatura ambiental °C			
Media	0.27(0.06) ^a	0.61(0.001)	0.44(0.001)
Máxima	0.28(0.05)	0.62(0.001)	0.42(0.001)
Mínima	0.26(0.07)	0.58(0.001)	0.43(0.001)
Humedad relativa, %	-0.13(0.36)	-0.22(0.14)	-0.18(0.09)
Insolación, h sol	0.27(0.06)	0.46(0.002)	0.37(0.003)
Velocidad del viento, m/seg	0.15(0.28)	0.05(0.75)	0.10(0.36)
Precipitación pluvial, mm	0.12(0.40)	0.29(0.06)	0.21(0.10)
Fotoperiodo, h luz/día	0.26(0.07)	0.43(0.003)	0.35(0.006)

^a En paréntesis, nivel de significancia ($P =$)

medición de la concentración plásmatica de progesterona, se verificó que las vaquillas que no manifestaron signos de estro ovularon normalmente. De tal manera, el 100 % de los animales, independientemente de su condición (vaca o vaquilla), ovuló en las dos estaciones estudiadas.

DISCUSIÓN

En trabajos realizados anteriormente para estudiar la estacionalidad del ganado cebú, existe controversia en los resultados

obtenidos, debido posiblemente a un inadecuado control sobre la nutrición, el manejo y la condición fisiológica de los animales. En el presente estudio se logró evitar la influencia de la pérdida de peso y los efectos confundidos debidos a lactación, amamantamiento y cambios reproductivos posparto. Por lo tanto se pudieron examinar los efectos estacionales en ausencia de otros factores cuyas influencias pudieran estar confundidas.

Incidencia de estros. Se observó una reducción del estro durante el invierno con

Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre los factores climáticos y la duración del estro en vacas y vaquillas cebú

	Vacas	Vaquillas	Vacas y Vaquillas
Temperatura ambiental °C			
Media	-0.09(0.54) ^a	-0.17(0.25)	-0.12(0.12)
Máxima	-0.16(0.92)	-0.04(0.78)	-0.02(0.83)
Mínima	-0.11(0.47)	-0.21(0.14)	-0.15(0.14)
Humedad relativa, %	-0.27(0.07)	-0.40(0.004)	-0.33(0.001)
Insolación, h sol	0.18(0.23)	0.09(0.54)	0.14(0.17)
Velocidad del viento, m/seg	0.48(0.001)	0.35(0.01)	0.41(0.001)
Precipitación pluvial, mm	-0.22(0.14)	-0.42(0.002)	-0.31(0.002)
Luz, h luz/día	0.08(0.59)	-0.10(0.48)	-0.001(0.99)

^a En paréntesis, nivel de significancia (P =)

Cuadro 7. Análisis de varianza de la concentración de progesterona en vacas y vaquillas cebú por estación

Variables de respuesta	Fuente de variación				
	Tratamiento	Animal	Estación	Interacción	Error
Diestro	0.01(1) ^a	0.38(2)	0.18(1)	0.08(1)	0.74(10)
Estro	0.001(1)	0.03(2)	0.001(1)	0.01(1)	0.02(10)

^a En paréntesis, grados de libertad. (P>0.05).

relación a las otras estaciones; el cual fue ejercido en forma más severa sobre las vaquillas. Esta observación puede explicar las discrepancias entre grupos de investigadores^(5,21). Los autores que apoyan el concepto de que la estacionalidad altera la expresión del estro, usan vaquillas⁽⁵⁾; mientras que los investigadores que apoyan lo contrario, emplearon vacas⁽²¹⁾. Los factores que integran la estación invernal pueden actuar en forma directa o indirecta sobre la manifestación del estro. Indirectamente podrían reducir la disponibilidad o la calidad de los alimentos, causando pérdidas de peso y por lo tanto disminuir la expresión del estro; sin embargo, en vista de los resultados del presente estudio, esto es poco probable, ya que tanto las vacas como las vaquillas ganaron peso durante todas las estaciones. Además, existe información que indica que aún perdiendo peso, vaquillas Holstein sometidas a restricciones nutricionales severas durante cuatro ciclos estrales, manifestaron el estro en forma normal⁽²²⁾.

En forma directa, las condiciones climáticas invernales podrían incidir sobre algunos mecanismos neuroendocrinos aún no estudiados. Se puede pensar que debido a que las vaquillas aún se encuentran en un período de desarrollo, no sean capaces de mantener su ciclicidad sexual; sin embargo al inicio del experimento las vaquillas tuvieron en promedio una edad de 24 meses y un peso de 380 kg, condiciones en las cuales la vaquilla cebú es apta para mantener su ciclicidad sexual^(23,24,25). Además es importante destacar que en el Experimento 2, un 40% de las vaquillas no manifestó signos de

estro en el invierno, a diferencia de la primavera en donde el 100% de las vaquillas lo manifestó. Es claro que a pesar de que las vaquillas ganaron peso a través del año en los dos experimentos, la reducción del número de estros coincidió en la estación invernal; pareciera que el efecto invernal severo sobre la presentación de estros de las vaquillas, sea mediado de manera directa por el ambiente. En estudios realizados con ratas se ha encontrado que mientras el fotoperíodo no afecta la ciclicidad estral, el tamaño testicular o la espermatogénesis de animales adultos, el inicio de la apertura vaginal y el peso testicular en animales prepúberes sí es alterado por la longitud del día⁽²⁶⁾. Asimismo, diferencias entre animales adultos y jóvenes en la respuesta de ciertos eventos reproductivos al fotoperíodo, también han sido encontradas en el cerdo y el conejo^(27,28). Lo anterior también concierne a los bovinos, ya que se ha observado que vaquillas Holstein expuestas a una mayor cantidad de horas luz al día, alcanzan la pubertad a una edad más temprana que aquéllas expuestas a menos horas luz^(29,30).

Los resultados del presente estudio, indican que hubo una mayor asociación entre el fotoperíodo, la temperatura y la insolación con la presentación de estros en las vaquillas, a diferencia de las vacas. Es posible entonces que las vaquillas sean más susceptibles que las vacas a las variables relacionadas con el sol, las cuales quizás modifiquen el umbral requerido por los esteroides ováricos, para actuar sobre ciertos substratos neurales encargados de producir los síntomas típicos del estro. La reducción de estros o la ausencia de signos

manifiestos de los mismos en los animales durante el invierno, pueden explicar al menos parcialmente la baja fertilidad observada durante la misma época en hatos de la región en los que se utiliza exclusivamente la inseminación artificial (IA)⁽⁶⁾. Cabe mencionar que en el Experimento 2 se comprobó que las vaquillas que no mostraron signos de estro, sí ovularon; además a pesar de la frecuencia de observación y de la presencia del toro, no se detectaron algunos estros en las vaquillas, lo que indica que los estros pueden ser silenciosos aún para el toro, lo que explicaría la baja fertilidad que ocurre durante el invierno, en hatos donde se emplea la monta natural.

En el presente estudio fue imposible separar la asociación directa entre las variables relacionadas con el sol y la presentación de estros. En un estudio previo realizado con vacas cebú en Nayarit, se registró una mayor proporción de vacas lactantes en estro a medida que se incrementaba el fotoperíodo y se reducía la precipitación pluvial⁽³¹⁾. También se ha observado una correlación altamente significativa entre la temperatura ambiental y la concepción⁽⁸⁾. En el presente estudio no hubo efectos confundidos debidos a lactación, alimentación y estado reproductivo, indicando que las variables climáticas relacionadas con el sol, parecen tener un efecto positivo sobre el estro del ganado cebú. Es pertinente recalcar que las tres variables relacionadas con el sol son colineales, por lo que una de ellas o todas, pueden ser los estímulos o señales que mantienen o inhiben la expresión del estro de hembras cebú.

Duración del estro. Se observó un acortamiento del estro; durante el verano, se observó tanto en las vacas como en las vaquillas, pero en el otoño este fue evidente únicamente en las vaquillas. En estudios previos, se han detectado dos épocas de mayor fertilidad en el año, siendo la distribución de tipo bimodal^(6,32,33). Castillo *et al.*⁽⁶⁾ detectaron que el primer pico en la frecuencia mensual de fecundaciones se presentó durante los meses de abril y mayo (primavera), ocurriendo posteriormente una disminución en los meses de junio y julio (primera mitad del verano). Por consiguiente, bajo condiciones de IA, un acortamiento de la actividad estral puede disminuir las posibilidades de detectar estros.

Tomando en cuenta que en muchos ranchos se rebasa la cantidad límite de 25 ó 30 vacas por toro, así como el alto porcentaje de vacas fecundadas durante la primavera, es posible que la capacidad de monta de estos últimos se encuentre disminuida en la primera mitad del verano. Si a lo anterior se agrega la reducción del estro observada durante la misma época en el presente estudio, puede explicar al menos de manera parcial la baja fertilidad observada durante este período en el estudio previo⁽⁶⁾.

Durante el otoño la reducción del estro se observó únicamente en las vaquillas. En hembras cebú se ha observado un menor porcentaje de concepciones durante el otoño en comparación con la primavera^(34,35). Entonces una disminución en la duración del estro, puede ser una de las causas de esta baja fertilidad. Asimismo Jöchle⁽⁸⁾, en ganado cebú y con monta natural, observó que durante el mes de

noviembre (mediados de otoño) hubo el menor número de concepciones en comparación con los otros meses del año. Por consiguiente, estros de corta duración a la mitad del verano en combinación con la presentación de celos silenciosos durante el invierno, pueden contribuir a las bajas tasas de fecundación observadas durante dichas épocas.

Los coeficientes de correlación entre los factores climáticos estudiados y la duración del estro resultaron bajos; sin embargo se observó una asociación negativa de la precipitación pluvial y la humedad relativa con la duración del estro. Lo anterior indica que a una mayor precipitación pluvial y humedad relativa, disminuye la duración del estro, condiciones presentes en el verano y el otoño. Estudios sobre actividad estral de vacas *Bos taurus* han mostrado que condiciones diferentes de suelo, tales como el fango, modifican la manifestación del estro^(36,37,38). Otra posibilidad es que la lluvia abundante *per se* incomode al animal, disminuyendo así la expresión del estro; hecho observado al realizar el presente estudio. Con respecto a la humedad relativa, es posible que actúe en combinación con la precipitación pluvial o afecte individualmente la manifestación del estro, como se ha observado en vacas lecheras⁽³⁹⁾. Por otro lado hubo una asociación positiva de la velocidad del viento con la duración del estro. Se ha señalado que en el ganado cebú el mecanismo de disipación de calor más importante es el de la sudoración^(40,41), sugiriendo que la marcada actividad de las glándulas sudoríparas del ganado cebú así como su pelaje corto son responsables de dicho fenómeno⁽⁴²⁾. Es evidente

entonces, que un incremento en la velocidad del viento aumenta el confort de las hembras cebú favoreciendo por ende la expresión del estro.

Duración del ciclo estral. El acortamiento del ciclo estral durante el otoño, tanto en vacas como en vaquillas difirieron de los obtenidos por otros investigadores⁽¹⁵⁾, quienes encontraron que la influencia estacional en ganado cebú se manifiesta como un alargamiento de los ciclos estrales, fenómeno que coincide en gran parte con la época de sequía; es posible que en este trabajo, las alteraciones de la longitud del ciclo estral se hayan debido a la escasez y (o) a la calidad del forraje⁽⁴³⁾ y no a efectos estrictamente estacionales. Existe información que indica que la escasez de forraje determina un incremento de anestros y de celos silenciosos en vacas que dependen exclusivamente de los pastos para cubrir sus necesidades nutricionales⁽⁴⁴⁾. Consecuentemente, los efectos estacionales documentados por Zakari *et al.*⁽⁵⁾, pudieron haber sido sobre la presentación del estro y no sobre la duración del ciclo estral. Las fallas en la detección de estros, efectivamente pueden contribuir a la variación aparente de la duración de los ciclos estrales; esto ocurre principalmente en hatos grandes de vacas lecheras, donde es común encontrar ciclos estrales menores de 18 días⁽⁴⁵⁾. Sin embargo, es poco probable que esto haya ocurrido en el presente estudio, debido al reducido número de animales, y a la cuidadosa y frecuente observación para detectar signos de estro.

En vaquillas ovariectomizadas, un tratamiento previo de progesterona mejora

la conducta de estro inducida por el estradiol⁽⁴⁶⁾ y por otro lado la administración de progesterona durante el metaestro temprano alteró la duración del ciclo estral de vaquillas productoras de carne⁽⁴⁷⁾. Tomando en cuenta que en el presente estudio se observó una reducción en la duración de los ciclos estrales durante el otoño, y considerando además que tal reducción antecedió a la presencia de celos silenciosos observados en las vaquillas durante el invierno, es posible que una inadecuada secreción de progesterona en los días cercanos al estro o una alteración en el umbral de acción requerido por esta hormona, mediados por el clima, sean responsables de los resultados aquí obtenidos.

Función lútea. La estación no afectó las concentraciones de progesterona presentes durante la fase tardía del cuerpo lúteo. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en estudios con vaquillas cebú de la raza Fulani⁽⁴⁸⁾. No obstante existe bastante controversia: en estudios realizados en Cuba con ganado Holstein y sus cruza con cebú, se observó que las concentraciones de progesterona fueron elevadas durante el verano, y se atribuyó esto a la alta temperatura ambiental presente durante dicha estación⁽⁴⁹⁾. Asimismo, en Texas se observó una menor concentración de progesterona sérica en vaquillas Brahman durante el otoño tardío y el invierno⁽⁵⁰⁾. Resultados diferentes obtuvieron investigadores en Israel, quienes trabajando con vacas lactantes Israelí-Friesian en el período posparto, encontraron una reducción de la progesterona circulante durante el verano en comparación con el invierno⁽⁵¹⁾. Por

otro lado, en un estudio con vacas *Bos taurus* no lactantes y bajo condiciones de tensión térmica elevada, se observó que éstas presentaron concentraciones de progesterona séricas semejantes a vacas que estaban bajo condiciones de termoneutralidad⁽⁵²⁾. Sin embargo en las vacas lactantes la concentración de progesterona fue mayor cuando se les sometió a temperaturas elevadas, que cuando estaban en temperatura confortable. Por lo tanto la alimentación, la condición fisiológica, la raza y la localidad geográfica pueden ser factores que causan variaciones en la respuesta de la función lútea a la estacionalidad. Los resultados del presente estudio indican que con base en mediciones efectuadas en el diestro tardío, la baja fertilidad mencionada por otros autores, o las variaciones en la presentación del estro durante el invierno encontradas aquí mismo, no son mediadas por disfunciones del cuerpo lúteo; sin embargo es posible que la vida del cuerpo lúteo sí sea afectada.

Las concentraciones de progesterona en el momento del estro, tampoco fueron afectadas por la estación. Se ha encontrado que concentraciones de progesterona relativamente altas dos días antes o durante el estro pueden afectar la fertilidad⁽⁵³⁾, algo no observado en el presente estudio.

Se concluye que bajo condiciones controladas de alimentación y manejo, las estaciones afectan algunas funciones reproductivas que podrían explicar los cambios estacionales de fertilidad observados en hembras cebú en estudios previos. Además, los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten intuir que los factores estacionales afectan al estro

en forma secuencial a través del año: aparentemente durante el verano se reduce la duración del estro en vacas y vaquillas, posteriormente durante el otoño, disminuye la duración del estro y del ciclo estral tanto en vacas como en vaquillas; finalmente en el invierno se reduce la presentación de estros principalmente en vaquillas.

EFFECTS OF SEASON ON ESTROUS CYCLE AND ESTRUS OF ZEBU COWS AND HEIFERS UNDER HUMID TROPICAL CONDITIONS

ABSTRACT

Villagómez AME, Castillo RH, Villa-Godoy A, Román PH, Vázquez PC. *Téc Pecu Méx* 2000;38(2):89-103. Sixteen heifers and 22 Indubrazil cows on pasture and under controlled feeding and management conditions were used to determine the effects of season on reproduction. In Exp 1, a 2 x 4 factorial nested design was used; reproductive condition (RC; cow or heifer) and season (SS; Spring: SP, Summer: SU, Autumn: AU or Winter: WI) were the main factors, and dependent variables were length of estrous cycle (LEC), length of estrus (LE) and number of estrus (NE). In Exp 2, a 2 x 2 factorial nested design was used: main effects were RC and SS (SP or WI). Data were analyzed by ANOVA. In Exp 1, RC did not affect any of the dependent variables but LEC, was shorter in AU (19.9 ± 2.0 d) than in SU (20.8 ± 2.0 d) ($P < 0.05$), whereas LE was shorter in SU (10.4 ± 0.9 h) and AU (8.7 ± 1.0 h) than in SP (14.3 ± 0.9 h); animals displayed less estrus in WI than in any other season (3.6, 4.8, 4.3 and 4.4 ± 0.1 for WI, SP, SU and AU, respectively) ($P < 0.001$). In Exp 2, seasons did not influence luteal function during diestrus and did not alter serum concentrations of progesterone during estrus. All cows and heifers ovulated during SP and WI; however, while all cows displayed estrus before each ovulation in both seasons, only 60% of the heifers did it during WI. It was concluded that independently of nutrition

and management, the seasons affect reproductive functions that may explain the documented fact that most Zebu cows become pregnant during the spring (drought season), in the Mexican tropics.

KEY WORDS: Season, Zebu, Estrous cycle, Estrus, Tropics.

LITERATURA CITADA

1. Piccone BA. Factores genéticos y ambientales que influyen en algunos caracteres reproductivos en un hato de ganado Brahman en Yucatán [tesis de maestría]. Mérida, Yucatán: Universidad de Yucatán; 1983.
2. Leyva-Ocariz H, Querales G, Saavedra J, Hernández A. Corpus luteum activity, fertility, and adrenal cortex response in lactating Carora cows during rainy and dry seasons in the tropics of Venezuela. *Domest Anim Endocrinol* 1996;13(4):297.
3. Foote G. Cattle. In: Hafez ESE editor. *Reproduction in Farm Animals*. 3a ed. EU; Lea & Febiger. 1979;257.
4. Salisbury GW, VanDemark NL, Lodge JR. Management factors that affect the reproductive efficiency of the cow. In: Freeman and Co. editores. *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*. 2a ed. 1980:680.
5. Plasse DA, Warnick C, Koger M. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade brahman heifers. *J Anim Sci* 1970;27:94
6. Castillo RH, Padilla RJ, Rivera MJA, Fajardo GJ, Pérez SJ. Ciclo anual de las fecundaciones en *Bos indicus* y *Bos taurus* por *Bos indicus* mantenidos en clima tropical [resumen]. Memoria reunión de investigación pecuaria en México. 1983;86.
7. Romero A, Hernández E, González E, Vázquez C. Estacionalidad reproductiva de bovinos ubicados al oriente de Yucatán en trópico subhúmedo [resumen]. Memoria reunión de investigación pecuaria en México. 1983:68.
8. Jöchle W. Seasonal fluctuations of Reproductive functions in Zebu cattle. *Int J Biom* 1972;16:31.
9. Wilson SG. The seasonal incidence of calving and of sexual activity in Zebu cattle in Nyassaland. *J Agric Sci* 1949;36:246.

10. Morales JR, Dora J, Menéndez A, Iglesias C, Chávez H. Resultados de los servicios de inseminación artificial en hembras bovinas y su relación con el medio en Cuba. *Rev Cubana Reprod Anim* 1976;2:40.
11. Agarwal SP, Vasavay MN. Seasonality and prediction of reproductive performance in Kankrej cows. [resumen] *Anim Breed Abst* 1970;(38):3558.
12. Carneiro GG, Brown EP. Epoca de fecundacao de vacas da raza Guzerat en condicoes a campo Alto San Francisco, Minas Gerais. *Arq Esc Vet Belo Horizonte*. 1961;13:223.
13. Sánchez F, Iturbide AC, Colón OH. Caracteres reproductivos de un hato Brahman en Guatemala. *Rev Fac Med Vet Zoot*. 1969; (II):43.
14. Menéndez A, Guerra D, Dora J, Pérez ML, Morales JR. Comportamiento reproductivo de la vaca cebú en Cuba. I. Efecto de la época del año sobre la gestación y el parto. *Rev Cubana Reprod Anim* 1978;4:103.
15. Zakari AY, Molowku EC, Osori DI. Effect of the season on the oestrus cycle of cow (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria. *Vet Rec* 1981;109:213.
16. Smith FM Symposium: ovarian function; Recent advances in corpus luteum physiology. *J Dairy Sci* 1985;69:911.
17. Verde OG, Thatcher WW, Wilcox CJ. Influence of heat stress on reproductive performance. A review. *Dairy Sci Mimeo Rep DY Fla Agr Exp Sta* 1970;(71)1.
18. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a ed. Universidad Nacional Autónoma de México; 1973.
19. Anderson J. The periodicity and duration of estrus in Zebu and grade cattle. *J Agr Sci* 1944;34:57.
20. Jiménez KF, Galina SC, Ramírez B, Navarro-Fierro R. Comparative study of the concentration of peripheral progesterone before and after PGF_{2a} injection between *Bos taurus* (Brown Swiss) and *Bos indicus* (Indobrasil) in the tropics. *Anim Reprod Sci* 1985;9:333.
21. Rahka M A, Igboeli G. Effects of nutrition, season and age on estrous cycle of Indigenous Central Africa cattle. *J Anim Sci* 1972;32:943.
22. Villa-Godoy A, Hughes RS, Emery WJ *et al.* Effects of energy balance and body condition in behavior around estrus in Holstein heifers [resumen] *J Anim Sci* 1987;65(Suppl):420.
23. Levine JM, Amezcua MC, Hohenboken WD. Relationship of live weight to calving rate of grade Zebu heifers and cows on the Eastern plains of Colombia. *J Animal Sci* 1980;50(6):1040.
24. Mahadevan PH, Harricharan H, Spring BGF. The performance of Santa Gertrudis, Sahiwal, Brahman and crossbred animals in the intermediate Savanna of Guyana. *J Agric Sci Camb* 1976;79:67.
25. Plasse DA, Warnick C, Koger M. Reproductive behavior of *Bos indicus* in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. *J Animal Sci* 1968;27:94.
26. Johnston PG, Zucker I. Photoperiodic regulation of reproductive development and maintenance in the cotton rat, *Sigmodon hispidus*. *Biol Reprod* 1980;21:1.
27. Berger T, Mahone JP, Svodova GS, Metz KW, Clegg ED. Sexual maturation of boars and growth of swine exposed to extended photoperiod during decreasing natural photoperiod. *J Anim Sci* 1980;51:672.
28. Kamwanja LA, Hauser ER. The influence of photoperiod on the onset of puberty in the female rabbit. *J Anim Sci* 1983;56:1370.
29. Peters RR, Chapin LT, Emery RS, Tucker HA. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods. *J Anim Sci* 1980;51:1148.
30. Petitclerc D, Chapin LT, Emery RS, Tucker HA. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J Anim Sci* 1983;57:892.
31. Lozano DR. Estacionalidad reproductiva de vacas cebú en el trópico [tesis maestría]. Cuautitlán, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México. 1986.
32. Donaldson LE. Some observations of the fertility of beef cattle in North Queensland. *Aust Vet J* 1962;33:447.
33. Stonacker HH, Villar J, Osorio G, Salazar J. Differences among cattle and farms as related to beef cow reproduction in the eastern plains of Colombia. *Trop Anim Hlth Prod* 1976;3:147.
34. Fajardo GJ, Román-Ponce H, Vázquez C, Castillo RH. Eficiencia reproductiva en ganado Indobrasil en clima tropical [resumen] Memoria reunión de investigación pecuaria en México. 1989:173.
35. Rivera MJ, Piña B, Fajardo J, *et al.* Épocas cortas de empadre en ganado bovino en clima tropical [resumen] Memoria reunión de investigación pecuaria en México. 1984:300.
36. De Silva AWMV, Anderson GW, Gwazdauskas FC, McGilliard ML, Lineweaver JL. Interrelationship with estrous behavior and conception in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1981;64:2409.

INFLUENCIA ESTACIONAL SOBRE EL CICLO ESTRAL Y EL ESTRO EN HEMBRAS CEBÚ

37. Gwazdauskas FC, Thatcher WW, Wilcox CJ. Physiological, environmental and climatic factors at insemination which may affect conception. *J Dairy Sci* 1973;56:873.
38. Gwazdauskas FC, Wilcox CJ, Thatcher WW. Environmental and management factors affecting conception rate in a subtropical climate. *J Dairy Sci* 1975;58:88.
39. Bond J, McDowell RE. Reproductive performance and physiological responses of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. *J Anim Sci* 1972;35:820.
40. Brody S. Climatic physiology of cattle. *J Dairy Sci* 1956;39:715.
41. Carvalho FA, Lammoglia MA, Simoes MJ, Randel RD. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. *J Anim Sci* 1995; 73:3570.
42. Taneja GC. Swetting in cattle. *J Agric Sci* 1959;52:62.
43. Poppi DP, McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci* 1995;73:278.
44. Tassel R. The effects of diet on reproduction in pigs and cattle. V. Plane of nutrition in cattle. *British Vet J* 1967;(36)123:459.
45. MacMillan KL, Watson JD. Short estrous cycles in New Zealand dairy cattle. *J Dairy Sci* 1971;54:1526.
46. Melampy RM, Emmerson MA, Rakes JM, Hanka LJ, Eness PG. The effect of progesterone on the estrous response of estrogen-conditioned ovariectomized cows. *J Anim Sci* 1957;16:967.
47. Burke CR, Mihm M, Macmillan KL, Roche JF. Some effects of prematurely elevated concentrations of progesterone on luteal and follicular characteristics during the oestrus cycle in heifers. *Anim Reprod Sci* 1994;35:27.
48. Adeyemo O, Heath E. Plasma progesterone concentration in *Bos taurus* and *Bos indicus* heifers. *Theriogenology* 1980;14:411
49. Castellanos R. Variaciones estacionales de progesterona plasmática en vacas de diferentes grupos raciales en Cuba. *Rev Cubana Ciencia Agrícola* 1984;18:111.
50. Stahringer RC, Neuendorff DA, Randel RD. Seasonal variations in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology* 1990;34:407.
51. Rosenberg M, Herz Z, Davidson M, Folman Y. Seasonal variations in postpartum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. *J Reprod Fert* 1977; 51-363.
52. Wolff VL, Monty DE, Foote WC. Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am J Vet Res* 1977;38:1027.
53. Shotton SM, Roy JHB, Pope GS. Plasma progesterone concentrations before puberty to after parturition in British Friesian heifers reared on high planes of nutrition and inseminated at their first oestrus. *Anim Prod* 1978;27:89.

blanca