

DESARROLLO FOLICULAR EN VAQUILLAS CEBU Y SUIZO PARDO PERIPÚBERES EN CONDICIONES TROPICALES^a

René Carlos Calderón Robles^b
Alejandro Villa-Godoy^c
Juvencio Lagunes Lagunes^d
Pernilla Fajersson^e

RESUMEN

Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ, Fajersson P. *Téc Pecu Mex* 2000;38(3)163-175. Los objetivos fueron determinar si existen ondas de desarrollo folicular (ODF) en vaquillas prepúberes Suizo Pardo (SP) y Cebú (CE), y definir la existencia de ODF durante los primeros ciclos estrales en vaquillas CE. Se utilizaron vaquillas prepúberes (17 CE y 8 SP), mantenidas en potrero o en corral, recibiendo un concentrado para ganancias promedio de 0.5 kg/d. A partir de los 195 kg de peso, se detectaron signos de estro en 2 periodos/día de 1 h cada uno; diariamente se tomaron de los ovarios imágenes ultrasonográficas y muestras sanguíneas para cuantificar progesterona, esto se realizó hasta que en cada vaquilla ocurrieron 2 ó 3 ciclos interovulatorios normales (cuerpos lúteos de 15 ± 2 días, precedidos de estro). Las variables dependientes fueron número de ODF (NOF) y duración de ODF (DOF). El análisis de los datos fue por ANDEVA para un diseño de parcelas divididas. Se determinó que existen ODF en vaquillas prepúberes, pero ni el NOF ni la DOF fueron afectados por raza, sistema de manejo o su interacción (NOF=5.5/45 d; DOF=7.7 d). Tampoco se detectaron efectos de raza, manejo o su interacción en NOF (2.5 ODF/ciclo) de vaquillas ciclando. Mientras que la DOF sólo tuvo efecto de raza (SP=8.6±0.5; CE=7.2±0.3 d). En el 64, 32 y 4% de los ciclos estrales ocurrieron 3, 2 y 4 ODF, respectivamente. Los índices de constancia fueron ≤ 0.20 , por lo que el NOF de un ciclo no predice el desarrollo folicular en ciclos sucesivos de vaquillas peripúberes. La DOF en condición puberal y el diámetro de los folículos dominantes fue diferente entre *B. indicus* y *B. taurus*. Estas diferencias podrían explicar la relativamente pobre respuesta de las hembras Cebú a los tratamientos superovulatorios documentados por otros autores.

PALABRAS CLAVE: Vaquillas, Peripúberes, Desarrollo folicular, Trópico, Cebú, Suizo Pardo.

INTRODUCCIÓN

Diversos factores de tipo ambiental han sido reconocidos como agentes que alteran los eventos reproductivos en el ganado bovino. En las zonas tropicales, varios de

ellos (por ejemplo: limitada cantidad de forraje en algunas épocas del año, baja calidad nutricional de los pastos, insuficiente o nula suplementación de nutrimentos, altas temperaturas, elevada humedad relativa, entre otros) concurren para limitar la eficiencia reproductiva de vacas y vaquillas^(1,2). El aspecto genético también contribuye a las variaciones de la fertilidad⁽³⁾, particularmente cuando animales de razas originadas en lugares de clima templado compiten con animales de razas de origen tropical, bajo las condiciones que son propicias para estos últimos^(1,4).

^b Dirección Pecuaria del Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP-SAGAR. Manuel Doblado # 1010, Colonia Centro, 6800 Oaxaca, Oax. calderon@cirps.inifap.conacyt.mx Correspondencia y solicitud de separatas.

^c Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

^d Campo Experimental "La Posta". INIFAP-SAGAR.

^e Colegio de Posgraduados. Campus Veracruz.

En los mamíferos, después de la pubertad y al finalizar la gestación, la foliculogénesis es el primero de una serie de eventos fisiológicos que se encaminan a la generación de crías⁽⁵⁾; por lo tanto, es pertinente examinar cómo algunos de los factores que afectan la reproducción, inciden en la dinámica folicular de las hembras bovinas.

Para determinar los cambios dinámicos de las estructuras foliculares, se han realizado estudios en vaquillas que se encontraban ciclando regularmente, existiendo controversia entre los investigadores del tema. Algunos autores apoyan el concepto de que existen dos ondas de desarrollo folicular durante un ciclo estral⁽⁶⁾. Esto se determinó mediante el método de sacrificio de vaquillas en diferentes fases del ciclo estral seguido de la observación de las estructuras ováricas. Por el contrario, otros autores⁽⁷⁾, quienes marcaron folículos por medio de una técnica invasiva, concluyeron que existe un crecimiento folicular continuo. Sin embargo, trabajos posteriores⁽⁸⁾ en los que se empleó la ultrasonografía, apoyan la propuesta de la existencia de dos ondas de desarrollo folicular. Sirois y Fortune⁽⁹⁾, examinaron nuevamente la dinámica folicular mediante el uso de la misma técnica y generaron evidencias indicativas de que los modelos más comunes de desarrollo folicular, son de tres ondas por ciclo estral; aunque reconocieron que existe variación, ya que hay vaquillas con dos, tres y hasta cuatro de estas ondas. Se desconoce si las vaquillas presentan en ciclos sucesivos un número fijo de ondas de desarrollo folicular. Además hasta el momento de realizar el presente trabajo, no existía información sobre los cambios dinámicos

de los folículos ováricos en vaquillas prepúberes; si bien, Peebles *et al.*⁽¹⁰⁾ concluyeron al estudiar la foliculogénesis mediante ultrasonografía en vaquillas prepúberes y púberes, que en las dos condiciones, el desarrollo y la regresión de los folículos se lleva a cabo en un modelo de ondas. Con esta información no es posible determinar el modelo más frecuente de desarrollo folicular en los dos tipos de vaquillas estudiadas.

Trabajos más recientes efectuados con ganado *Bos taurus*^(11,12), sirvieron como base a la propuesta de que el desarrollo folicular en vaquillas prepúberes, ocurre en ondas similares a las que se observan después de la pubertad.

Por lo anterior, es evidente que la información existente sobre la dinámica folicular peripuberal es escasa y se refiere a vaquillas *Bos taurus* que viven en condiciones de clima templado. Como consecuencia, actualmente no se ha definido si la dinámica folicular de las vaquillas de las razas índicas es similar a la de las razas europeas, antes, durante y después de la pubertad. Por último, la literatura revisada indica que no se ha determinado si un modelo de desarrollo folicular se repite en ciclos secuenciales dentro de una misma vaquilla que se aproxima a la pubertad o después de ella.

Para dar respuesta a algunas de las interrogantes propuestas en los párrafos previos, los objetivos del presente estudio fueron: a) determinar si existen ondas de desarrollo folicular en vaquillas *Bos taurus* y *Bos indicus* prepúberes; b) si existen diferencias entre las vaquillas Suizo Pardo y Cebú; c) definir la existencia de ondas

de desarrollo folicular durante los primeros ciclos estrales de vaquillas Cebú; d) evaluar si difieren de las que se presentan en vaquillas Suizo Pardo y, por último e) determinar el índice de constancia de las ondas foliculares en periodos interovulatorios consecutivos en ambas razas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el C.E. "Las Margaritas" localizado en el estado de Puebla, en los 19°45' de Latitud norte y 97°20' de Longitud oeste, a una altura de 400 a 500 msnm. El clima es tipo Af (c)⁽¹³⁾, caracterizándose por tener una temperatura media anual de 21 °C, precipitación pluvial anual de 3000 mm y una humedad relativa de 90%. Se utilizó la información de 25 vaquillas, 17 de razas cebuínas y 8 Suizo Pardo, nacidas en un periodo de 4 meses (julio a octubre). Todas las vaquillas fueron destetadas a los tres meses de edad. Los animales empleados en este estudio fueron una parte de los utilizados en un trabajo anterior⁽¹⁴⁾, donde durante el experimento, la mitad de las vaquillas de cada especie se alojó en corrales individuales y la otra mitad en potreros. Las vaquillas alojadas en corrales fueron alimentadas diariamente con forraje de corte, fresco picado y un concentrado comercial con 16% de PC y aproximadamente 70% de TND. Las vaquillas en potrero fueron mantenidas en un solo grupo pastoreando rotacionalmente en praderas establecidas con zacate Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*), mezclado con gramas nativas (*Axonopus spp* y *Paspalum spp*). A estas vaquillas se les suplementó con el mismo concentrado ofrecido a los animales que permanecieron en corrales. La alimentación

originalmente fue diseñada para que las vaquillas tanto de corral como de potrero, ganaran aproximadamente 500 g de peso al día; en efecto los incrementos de peso no difirieron entre grupos ($P > 0.05$) y en promedio las vaquillas ganaron 537 g por día. Para comprobar la eficacia de la dieta y determinar el peso a la pubertad y primera ovulación, los animales fueron pesados cada 14 días. A partir de los 180 kg las vaquillas alojadas en corral y en potrero fueron observadas durante dos periodos por día (1 h cada uno), para detectar signos de estro. Entre las actividades relacionadas con el estro se registraron: las montas homosexuales, intentos de monta, topeteos, inquietud combinada con bramidos y presencia de moco cervical. Se definió como estro a la aceptación de una o más montas homosexuales o en su ausencia, la asociación de las otras actividades que debieron coincidir con concentraciones de progesterona similares a las basales. La concentración basal de progesterona se obtuvo de la colección de dos series de muestras de sangre por cinco días (una diaria) a los 4 y 5 meses de edad.

Para confirmar el estado prepuberal, se tomaron simultáneamente muestras de sangre para cuantificar la progesterona sérica e imágenes ultrasonográficas cada 7 días, hasta que las vaquillas alcanzaron 195 kg. Posteriormente el muestreo (toma de sangre y ultrasonido) fue diario y realizado por dos personas. La primera ovulación fue indicada por la desaparición súbita del folículo dominante de un día a otro en la imagen ultrasonográfica⁽¹⁵⁾, seguida por un incremento en las concentraciones de progesterona que

excedió a la basal más dos desviaciones estándar y que coincidieron con la detección de tejido lúteo en la imagen ultrasonográfica. Se definió el inicio de la pubertad⁽¹⁴⁾ como el día de la primera ovulación precedida por conducta estral, seguida por 3 periodos interovulatorios consecutivos con formación de cuerpos lúteos normales en cuanto a duración y función (la duración funcional fue determinada cuando las concentraciones de progesterona excedieron a la basal más dos desviaciones estándar y dicho incremento se mantuvo por lo menos durante 10 días consecutivos). El equipo de ultrasonido fue un ALOKA 210, equipado con un explorador intrarrectal de 7.5 Megahertz (Mhz). De las muestras sanguíneas se obtuvieron los sueros que fueron usados para cuantificar la progesterona por radioinmunoanálisis⁽¹⁶⁾ y enzimmunoanálisis⁽¹⁷⁾.

Para la variable de respuesta diámetro máximo de folículos ovulatorios, la información de las vaquillas prepúberes y la de las púberes se analizó en conjunto. En la variable de respuesta diámetro máximo de los folículos dominantes, se promediaron los diámetros promedio por ciclo, independientemente del número de ondas que hubiera tenido dicho ciclo, incluyendo el del folículo ovulatorio; para ello el ciclo 0 representó el periodo prepúber, el 1 y 2 el primer y segundo ciclos normales interovulatorios, respectivamente. La variable de respuesta duración de las ondas de desarrollo folicular se obtuvo promediando la duración en días de manera similar a la variable anterior. Se contó con un total de 47 observaciones para Cebú y 21 para

Suizo Pardo. En el caso de la variable número de ondas foliculares en vaquillas pre y postpúberes, se tomó como base para las prepúberes, la duración promedio (20 días) de todos los ciclos interovulatorios normales que tuvieron las púberes, considerándose como ciclo -1 del día -40 al -21 y como ciclo 0 del día -20 al -1, anteriores a la primera ovulación. Para estas variables el análisis de varianza se hizo con un diseño completamente al azar en un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue la vaquilla anidada en su combinación de tratamiento respectiva y la subparcela el ciclo interovulatorio. Para el análisis se utilizó el programa GLM del paquete SAS⁽¹⁸⁾. Con el fin de obtener el índice de constancia para el número de ondas foliculares en ciclos estrales sucesivos, se utilizaron los componentes de la varianza estimados entre vaquillas y dentro de vaquillas⁽¹⁹⁾. Los efectos de ciclo estral y raza sobre el número de ondas en los dos primeros ciclos estrales puberales regulares, se analizaron mediante la prueba de J_i^2 cuadrada⁽²⁰⁾.

RESULTADOS

Ni el análisis de varianza, ni las medias de cuadrados mínimos (Cuadro 1) revelaron efectos de raza, manejo, ni su interacción sobre el número de ondas de desarrollo folicular durante los 45 días previos a la primera ovulación de las vaquillas. Los datos obtenidos revelaron que tanto las vaquillas Cebú como las Suizo Pardo mantenidas en el trópico, tuvieron un promedio general de 5.5 ± 0.84 ondas durante los 45 días previos a la primera ovulación, con un rango de 3 a 7. El

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para número de ondas de desarrollo folicular (NDF) durante los 45 días previos a la primera ovulación en vaquillas prepúberes

Raza	NDF	Manejo	NDF
Suizo	5.67±0.38	Corral	5.89±0.38
Cebú	5.44±0.20	Potrero	5.22±0.28

(P>0.05)

análisis de varianza (Cuadro 2) mostró que el diámetro máximo de los folículos dominantes en vaquillas pre y postpúberes es afectado por la raza, el sistema de manejo y la interacción entre estos dos factores. El diámetro máximo de los folículos ovulatorios y la duración de las ondas de desarrollo folicular sólo fueron alterados ($P < 0.01$) por la raza de las vaquillas. El ciclo no alteró ninguna de

las variables presentadas en el Cuadro 2, ni interactuó significativamente con los otros factores estudiados (Cuadro 3). En la raza Suizo Pardo y en todas las vaquillas mantenidas en potrero, el diámetro máximo de los folículos dominantes (Cuadro 4) fue mayor ($P < 0.01$), que en las vaquillas Cebú y en las que fueron mantenidas en corral. Se detectó una interacción ($P < 0.01$) entre el sistema de manejo y la

Cuadro 2. Cuadrados medios para diámetro mayor de folículos dominantes (DFD), ovulatorios (DFO) y duración en días de ondas de desarrollo folicular (DOF), en vaquillas Suizo Pardo y Cebú pre y postpúberes

Efecto	gl	DFD	DFO	DOF
Raza (RZ)	1	6.53**	0.35**	4.16**
Manejo (MN)	1	6.17**	0.01 NS	1.74 NS
RZ x MN	1	2.54*	0.02 NS	1.03**
Vaquillas (RZxMN)	21	1.39**	0.01 NS	1.63 NS
Ciclo (CIC) ^a	2	1.60 NS	0.00 NS	0.57 NS
RZ x CIC	2	1.07 NS	0.01 NS	1.29 NS
MN x CIC	2	0.42 NS	0.00 NS	1.37 NS
RZxMNxCIC	2	0.63 NS	0.00 NS	0.59 NS
Error	35	0.63	0.02	0.48
R ² (%)		76	55	81

^a Periodos de 20 días en prepúberes.* ($P < 0.05$)** ($P < 0.01$)

NS No significativo

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para el diámetro máximo de folículos y duración de ondas de desarrollo folicular por ciclo en vaquillas peripúberes

Ciclo*	Diámetro de folículos (cm)		Duración de ondas (días)
	Dominantes	Ovulatorios	
0	1.18±0.02	1.23±0.03	7.53±0.25
1	1.11±0.02	1.24±0.03	7.68±0.31
2	1.17±0.03	1.25±0.03	8.13±0.28

* El ciclo 0 correspondió a ondas de desarrollo folicular que precedieron a la pubertad. Los ciclos 1 y 2 corresponden a los dos ciclos estrales consecutivos de duración normal y posteriores al inicio de la pubertad ($P>0.05$)

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para el diámetro máximo de folículos dominantes por raza y sistema de manejo (cm)

Raza	Diámetro	Manejo	Diámetro
Suizo	1.20±0.02 ^a	Corral	1.11±0.02 ^b
Cebú	1.11±0.01 ^b	Potrero	1.20±0.02 ^a

^{a,b} Distintas literales dentro de columnas indican diferencia entre medias ($P<0.01$)

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para el diámetro máximo de folículos ovulatorios en vaquillas peripúberes (cm)

Raza	Manejo		Total
	Corral	Potrero	
Suizo Pardo	1.29±0.04 ^a	1.35±0.04 ^a	1.32±0.03 ^a
Cebú	1.17±0.03 ^b	1.15±0.03 ^b	1.16±0.02 ^b
Total	1.23±0.02 ^{ab}	1.25±0.02 ^{ab}	

^{ab} Distintas literales entre renglones y columnas indican diferencia entre medias ($P<0.05$)

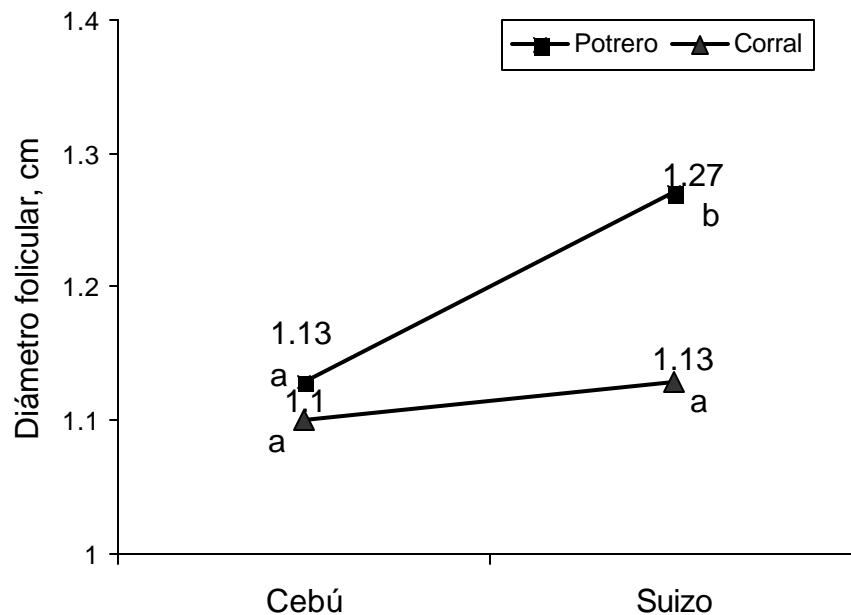
DESARROLLO FOLICULAR EN VAQUILLAS CEBÚ Y SUIZO PARDO PERIPÚBERES

raza (Gráfica 1); observándose que mientras el sistema de manejo no afectó esta variable en las vaquillas Cebú, las vaquillas Suizo Pardo de potrero tuvieron mayor diámetro de folículos dominantes que las de corral. El diámetro de folículos ovulatorios fue mayor (Cuadro 5) en las vaquillas Suizo Pardo que en las Cebú. De igual forma en las vaquillas Suizo Pardo peripúberes, la duración de las ondas de desarrollo folicular fue de aproximadamente un día más que en las Cebú (Cuadro 6). No hubo efecto ($P > 0.05$) de las fuentes de variación, sobre el número de ondas foliculares en vaquillas pre y postpúberes. En este caso, la moda fue de tres ondas por ciclo, y de 91 ciclos registrados sólo dos fueron de una onda y

otros dos de cuatro ondas. Los ciclos de una onda ocurrieron en el periodo prepúber y los de cuatro ondas en ciclos de animales púberes.

Los índices de constancia del número de ondas por ciclo, de acuerdo a la información disponible, se calcularon: a) para todos los animales púberes en conjunto, b) por separado para las vaquillas que contaron con tres ciclos estrales y c) para las que contaron con dos ciclos; después se hicieron los mismos cálculos pero dentro de raza (Cuadro 7). Los valores fueron bajos en todos los casos, ya que el mayor índice de constancia obtenido fue de 0.20 ± 0.05 , que corresponde a las vaquillas Cebú con dos ciclos estrales.

Gráfica 1. Diámetro máximo de folículos dominantes en vaquillas Suizo Pardo y Cebú. Interacción entre raza y manejo



a,b Medias con distinta literal son diferentes ($P < 0.01$)

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la duración en días de ondas de desarrollo folicular en vaquillas peripúberes

Raza	Manejo		Total
	Corral	Potrero	
Suizo	7.71±0.24	8.77±0.47	8.24±0.26 ^a
Cebú	7.25±0.19	7.39±0.28	7.32±0.17 ^b
Total	7.48±0.15	8.08±0.27	

^{ab} Distintas literales indican diferencia entre medias ($P < 0.05$).

Cuadro 7. Índices de constancia para número de ondas foliculares en vaquillas Suizo Pardo y Cebú con 2 ó 3 ciclos estrales normales

Número de ciclos	Vaquillas		
	SP y CE	Cebú	Suizo Pardo
2 y 3	0.08±0.17(19)*	0.18±0.22(13)	0.00(6)
3	0.06±0.20(10)	0.18±0.29(6)	0.00(4)
2	0.17±0.03(19)	0.20±0.05(13)	0.00(6)

*Entre paréntesis el número de observaciones.

La mayoría de los ciclos de las vaquillas púberes (64%) tuvieron tres ondas de desarrollo folicular. El 32% de los ciclos presentaron dos y solamente 4% de ellos tuvieron cuatro ondas. Al aplicar la prueba de Ji cuadrada, no se detectó ($P > 0.05$) efecto de raza, pero si existió efecto de ciclo ($P < 0.05$); ya que en el primer ciclo regular de las vaquillas, el 79.3% presentó tres ondas y el resto (20.7%) dos ondas. Por el contrario, en el segundo ciclo un 10% presentó cuatro ondas, un 45% tres ondas y el 45% restante dos ondas.

DISCUSIÓN

La determinación de ondas de desarrollo folicular en vaquillas Suizo Pardo

prepúberes, confirma la información generada en vaquillas Holstein⁽¹⁰⁾ y en Hereford⁽¹¹⁾ en clima templado. Estos trabajos que son de los primeros en su género, revelan que las vaquillas *Bos taurus* presentan ondas de desarrollo folicular antes de iniciar la pubertad y esto ocurre, en animales mantenidos tanto en clima templado como en clima tropical. El presente trabajo, documenta que al igual que en vaquillas *Bos taurus*, las *Bos indicus* prepúberes presentan desarrollo folicular en forma de ondas. Sin embargo, es conveniente realizar estudios en fases anteriores a los 45 días previos a la primera ovulación, ya que no se sabe cuando aparecen las ondas de desarrollo folicular por primera vez en las vaquillas⁽²¹⁾, aunque

se documentó que en ganado europeo ya existen a los 8 meses de edad⁽¹¹⁾.

El número de ondas de desarrollo folicular fue de 5.5 en 45 días para vaquillas prepúberes, coincidiendo con lo mencionado por otros autores⁽¹⁰⁾, quienes en un periodo de 28 días (62% de 45 días) observaron que ocurrían 3.3 ondas (60% de 5.5 ondas). Los resultados señalan que el número de ondas de desarrollo folicular previas a la pubertad, no difiere entre vaquillas *Bos taurus* y *Bos indicus*, ni entre sistemas de manejo, potrero o corral. Tomando como base la duración promedio de los periodos interovulatorios normales y definiendo este intervalo como un ciclo en vaquillas prepúberes, el número de ondas no se vio afectado por ningún factor analizado. Por lo tanto, el número de ondas que preceden a la pubertad no difieren de las que se presentan en vaquillas que empiezan a ciclar regularmente, sin importar la raza. La obtención de los índices de constancia, para el número de ondas de desarrollo folicular en los primeros ciclos regulares de las vaquillas, indican que no es posible predecir el número de ondas en ciclos sucesivos, en vaquillas que empiezan a ciclar regularmente.

El presente estudio muestra, que ni la duración ni el número de ondas de desarrollo folicular en las vaquillas prepúberes varía de las púberes, no obstante la variación que existe entre y dentro de animales en cuanto a la duración de dichas ondas. La información aquí generada, muestra que la duración más frecuente (46%) de las ondas de desarrollo folicular es de 7 a 8 días con promedios de 7.5 días para las prepúberes y de 7.9 días para las púberes. El rango fue de 4

a 15 días, teniendo como moda 7 días. Existe una variación con estos datos y los informados por Savio *et al.*⁽²²⁾ en vacas durante los primeros 45 días de preñez (10 a 12 días), pero, son similares a los publicados por Sirois y Fortune⁽⁹⁾ en vacas que se encontraban ciclando regularmente, las cuales presentan 3 ondas por ciclo, con duración promedio de 7 días. Entonces, parece ser que tanto en vaquillas prepúberes como en vaquillas y vacas que se encuentran ciclando, sin importar la raza, las ondas de desarrollo folicular duran en promedio entre 7 y 8 días como también lo indican otros trabajos^(11,12), mientras que en vacas gestantes las ondas son más cortas, situándose su duración entre 3 y 4 días.

El diámetro de los folículos dominantes y ovulatorios, no difirió ($P > 0.01$) entre vaquillas pre y postpúberes, siendo de 11.8 y 11.4 mm para los dominantes y para los ovulatorios de 12.3 y 12.5 mm en pre y postpúberes, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los de otros autores^(11,12), sin embargo, contrastan con los obtenidos por Peebles *et al.*⁽¹⁰⁾ quienes documentaron que en folículos dominantes, los diámetros fueron menores para las vaquillas Holstein prepúberes (14.5 mm) que en las postpúberes (18.3 mm). Es evidente que el diámetro folicular fue mayor en hembras prepúberes y ciclando del trabajo citado, que lo documentado en el presente estudio, aunque los folículos ovulatorios tienen rangos de 10 a 20 mm de diámetro⁽²³⁾. Quizá, la diferencia detectada se deba a que Peebles *et al.*⁽¹⁰⁾ trabajaron con razas y condiciones diferentes. Los autores que han publicado diámetros mayores a los aquí observados^(8,22,24,25,26), generalmente han

realizado los estudios ultrasonográficos con exploradores de 5 Mhz, lo que varía con el presente estudio, donde se utilizó uno de 7.5 Mhz. Sirois y Fortune⁽⁹⁾, usaron equipo de 7.5 Mhz e informaron diámetros foliculares de tamaño muy similar al aquí documentado, a pesar de que las razas y condiciones en que se llevó a cabo el trabajo, fueron parecidas a los informes generados con equipos de 5 Mhz. Por lo tanto, es factible que la diferencia entre estudios en cuanto a las dimensiones de los diámetros foliculares, sean debidas al uso de distintos equipos y procedimientos para medir dichas estructuras, y sobre todo a que los estudios mencionados se han realizado en animales adultos.

Las vaquillas Cebú presentaron folículos dominantes y ovulatorios con diámetro menor que las Suizo Pardo. Debido a que en la literatura disponible no se encontraron trabajos en los que se contrasten los diámetros foliculares entre razas, de acuerdo a lo observado aquí, se postula que la raza o por lo menos la subespecie (i.e. *taurus* versus *indicus*), es un factor que determina en forma importante el diámetro de los folículos ováricos dominantes, independientemente de si su destino final es la atresia o la ovulación .

No se detectaron diferencias en el número de ondas de desarrollo folicular por ciclo entre razas. No obstante, el diámetro de los folículos dominantes, el de los folículos ovulatorios y la duración de las ondas de desarrollo folicular, fueron mayores en las vaquillas *Bos taurus* que en las *Bos indicus*. Estas diferencias, no se asociaron ($P > 0.05$) con la duración del ciclo interovulatorio, que fue similar entre las

vaquillas Suizo Pardo (20.8 ± 0.37 días) y las Cebú (19.9 ± 0.34 días). Puesto que no hubo diferencia en la duración del ciclo y sí en la duración de las ondas de desarrollo folicular entre razas, es posible que al ser más pequeños los folículos de las vaquillas Cebú, requieran menor tiempo para su desarrollo y regresión, pero que simultáneamente se incremente el tiempo requerido para el desarrollo inicial de los folículos de la siguiente onda (periodo de reclutamiento).

Puede ser que estas diferencias (diámetros de folículos y duración de ondas de desarrollo folicular) repercutan en el comportamiento estral, ya que a pesar de que no existen evidencias concluyentes, algunos investigadores asumen que las hembras *Bos indicus* manifiestan el estro en forma más tenue o por tiempos más cortos que las *Bos taurus*^(27,28). Una posible repercusión de las diferencias encontradas, es el de la respuesta a los tratamientos superovulatorios, ya que algunos autores han demostrado que las hembras Cebú producen un menor número de óvulos ante tratamientos de este tipo que las hembras de razas europeas⁽²⁹⁾; o bien que responden adecuadamente⁽³⁰⁾ pero con distintas cantidades de hormona folículo estimulante, con respecto a las vacas de razas europeas⁽³¹⁾. Este estudio aporta a las variaciones conocidas previamente entre las hembras cebuinas y las de origen europeo, el que existe una diferencia en el diámetro folicular y en la duración de las ondas de desarrollo folicular entre ambas especies. No obstante lo anterior, estas diferencias podrían no trascender desde el punto de vista fisiológico o productivo. Esto es posible desde el momento que existen ejemplos

parecidos, como es la diferencia en el tamaño del cuerpo lúteo *in vivo* entre las hembras *Bos taurus* y *Bos indicus*, lo cual no afecta las concentraciones séricas de progesterona⁽³²⁾. Similarmente en este trabajo, el diámetro de folículos ovulatorios no repercutió en el comportamiento estral, la duración del ciclo interovulatorio siguiente o en la formación y función de los cuerpos lúteos. Además, en un estudio realizado colateralmente al presente, se observó que los perfiles de la elevación de la progesterona sérica, determinados en las mismas muestras usadas para cumplir con los objetivos propuestos aquí, no difirieron entre vaquillas Cebú y Suizo Pardo ciclando⁽³³⁾. Puesto que el presente trabajo no fue diseñado para demostrar si las variaciones entre las vaquillas Cebú y las de raza europea encontradas aquí y en otros trabajos, tienen repercusiones de carácter productivo, la interrogante planteada permanece sin respuesta concluyente.

El diámetro de los folículos dominantes, se vio afectado por el sistema de manejo y se determinó una interacción entre raza y sistema de manejo; sin embargo, las diferencias son modestas (< 1.5 mm) y no se encontraron en la bibliografía hallazgos que las expliquen. En este estudio, las vaquillas manejadas en potrero, presentaron folículos dominantes mayores en diámetro que las de corral, y la interacción probablemente se debió a que las vaquillas Suizo Pardo de potrero, tuvieron los mayores diámetros de folículos dominantes, ya que no se encontraron diferencias entre los otros tres grupos.

En el presente trabajo se demostró la existencia de ondas de desarrollo folicular en vaquillas *Bos taurus* y *Bos indicus*

prepúberes. Además se comprobó que el número y duración de dichas ondas no difieren de las observadas en vaquillas que estaban ciclando. Con base en ello, una conclusión es que la pubertad no altera la dinámica de desarrollo folicular existente antes de la primera ovulación. Derivado de que el número de ondas de desarrollo folicular antes y después de la pubertad no difieren entre vaquillas *Bos taurus* y *Bos indicus*, se concluye que la dinámica folicular es similar para estas especies; sin embargo, diferencias tales como la duración de las ondas y el diámetro de los folículos dominantes y preovulatorios entre las vaquillas Suizo Pardo y las Cebú indican divergencias fisiológicas que podrían ser la causa del distinto desempeño reproductivo entre ambas especies, documentado por otros autores. La determinación de un bajo índice de constancia para el número de ondas de desarrollo folicular, entre diferentes ciclos estrales de vaquillas Cebú y Suizo Pardo, permite emitir como última conclusión que el número de ondas detectadas durante un ciclo, no es un elemento confiable para predecir el número de ondas de desarrollo folicular en ciclos estrales subsecuentes de vaquillas *Bos taurus* y *Bos indicus*.

FOLLICULAR GROWTH IN PERIPUBERAL ZEBU AND BROWN SWISS HEIFERS IN TROPICAL CLIMATE

ABSTRACT

Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ, Fajersson P. *Téc Pecu Mex* 2000;38(3):163-175. Ovarian follicular dynamics in peripuberal heifers were studied to determine the existence of follicular

growth waves (FGW) in Brown Swiss (BS) and Zebu (ZE) heifers. Seventeen ZE and 8 BS heifers were used in a split plot design. Half of BS and ZE heifers were housed in individual pens and the remainder were located on pasture. All heifers were fed to gain 0.5 kg/d. From 195 kg of body weight, blood sampling and ultrasound scanning were performed daily until the completion of two or three normal interovulatory cycles (corpora lutea of 15 ± 2 days preceded by estrus). It was observed that FGW exist in prepubertal heifers, but neither follicular waves number (FWN) nor follicular waves duration (FWD) were altered by breed (BR), management system (MS) or their interactions (FWN = 5.5/45 d; FWD = 7.7 d). Neither main effects (BR and MS) nor their interactions alter FWN (2.5 /cycles) in cycling heifers. In 64, 32 and 4% of the estrous cycles occurred 3, 2 and 4 FWN, respectively. Repetability was ≤ 0.20 in all cases, therefore the NFW in a given cycle does not predict the follicular growth in subsequent cycles of peripubertal heifers. The existence of FGW in prepubertal heifers was here documented and it was demonstrated that in general, the follicular dynamics are similar in *B. indicus* than in *B. taurus* heifers. However, the FWD and the maximal diameter of dominant follicles after puberty differ between *B. indicus* and *B. Taurus*. These differences might explain the relatively poor response of ZB females to superovulatory treatments, reported by other workers.

KEY WORDS: Heifers, Peripubertal, Follicular waves, Tropics, Zebu, Brown Swiss.

LITERATURA CITADA

1. Villa-Godoy A. Problemas reproductivos en ganado de doble propósito mantenido en el trópico húmedo: soluciones generadas a través de la investigación. Memorias XVIII Simp Ganad Trop. INIFAP Veracruz, México. 1994:37. (Pub Esp N° 6).
2. Villagómez AME, Castillo RH, Villa-Godoy A, Román PH, Vásquez PC. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras Cebú mantenidas en clima tropical. *Téc Pecu Méx* 2000; 38(2):103.
3. Gutierrez CG. Influencia de la nutrición sobre los procesos reproductivos. Memorias VIII Curso Int Reprod Bov. México 1999(I):47.
4. 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 Anim Sci* 1968;(27):94.
5. Bao B, Garverick HA. Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: A review. 1998;(76):1903.
6. Rajakoski E. The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical, and left-right variations. *Acta Endocrinologica* 1960;Suppl 52:1.
7. Dufour J, Whitmore HL, Ginther OJ, Casida LE. Identification of the ovulating follicle by its size on different day of the estrous cycle in heifers. *J Anim Sci* 1972;(34):85.
8. Pierson RA, Ginther OJ. Follicular populations during the estrous cycle in heifers. I. Influence of day. *Anim Reprod Sci* 1987;(14):165.
9. Sirois J, Fortune JE. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod* 1988;(39):308.
10. Peebles JL, Silcox RW, Byerley DJ, Kiser TE, Kraeling RR. Folliculogenesis in pubertal and prepubertal Holstein heifers. *J Anim Sci* 1991; 69(Suppl 1):432.
11. Adams GP, Evans ACO, Rawlings NC. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. *J Reprod Fertil* 1994;(100):27.
12. Evans ACO, Adams GP, Rawlings NC. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J Reprod Fertil* 1994;(100):187.
13. Tamayo JL. Geografía Moderna de México. 9a. ed. México: Trillas; 1980.
14. Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ. Determinación ultrasonográfica de la primera ovulación : asociación con la presentación de ciclos estrales regulares en vaquillas Cebú y Suizo Pardo mantenidas en el trópico. *Téc Pecu Méx* 1996;34(2)79.
15. Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ. Frecuencia y origen de las ovulaciones transitorias de progesterona en vaquillas Cebú y Suizo prepúberes en condiciones tropicales. *Téc Pecu Méx* 1998;36(1)1.
16. Jiménez F, Galina CS, 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.
17. Whitehead TP, Thorpe GHG, Carter TNJ, Groucutt C, Kricka LJ. Enhanced luminescence

DESARROLLO FOLICULAR EN VAQUILLAS CEBÚ Y SUIZO PARDO PERIPÚBERES

- procedure for sensitive determination of peroxidase-labelled conjugates in immunoassay. *Nature* 1983;(305):158.
18. SAS., SAS User's Guide. Statistical System Institute Inc. Cary North Carolina., U.S.A. 1989.
 19. Steel RGD, Torrie JH. Bioestadística: principios y procedimientos. 1ª ed. McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.; 1988.
 20. Gill JL. Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences. Ames, Iowa USA: The Iowa St. University Press. 1978.
 21. Spicer LJ, Echternkamp SE. Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle; a review. *J Anim Sci* 1986;(62):428.
 22. Savio JD, Keenan L, Boland MP, Roche JF. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers. *J Reprod Fert* 1988;(83):663.
 23. Staigmiller RB, England BG. Folliculogenesis in the bovine. *Theriogenology* 1982;(17):43.
 24. Pierson RA, Ginther OJ. Ovarian follicular populations during early pregnancy in heifers. *Theriogenology* 1986;(26):649.
 25. Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci* 1989;(20):187.
 26. Ginther OJ, Knopf L, Kastelic JP. Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. *Biol Reprod* 1989;(41):247.
 27. Rhodes III RC, Randel RD. Reproductive studies of Brahman cattle. I. Behavioral effect of various dose levels of estradiol-17 β upon ovariectomized, Brahman, Brahman x Hereford and Hereford cows. *Theriogenology* 1978;(9):42.
 28. Aguilar A, Galina CS. Estudio morfológico comparativo de los ovarios de la vaca Cebú y la vaca Holstein. VIII Cong Nal de Buiatría. Veracruz, Ver. 1982:211.
 29. Cordova SA, Fraga EE. Utilización de anticuerpos monoclonales contra la PMSG durante la superovulación de vacas *Bos taurus* y *Bos indicus*. Reunión Investigación Pecuaria en México 1987:409.
 30. Aké JR, Alfro ME, Holy L. Respuesta superovulatoria en ganado *Bos indicus* y *Bos taurus* bajo condiciones tropicales, y efecto del desarrollo del embrión sobre el porcentaje de gestación. *Vet Mex* 1995;26(3):189.
 31. Canseco SR. Aspectos prácticos de la transferencia de embriones en el trópico húmedo. Memorias VIII Curso Int Reprod Bov. México 1999;(1):47.
 32. Rhodes III RC, Randel RD, Long CR. Corpus luteum function in the bovine: *in vivo* and *in vitro* evidence for both a seasonal and breedtype effect. *J Anim Sci* 1982;(55):159.
 33. Fajersson P, Calderón-Robles R, Edqvist LE. Comparisons of peripuberal serum progesterone profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers in a subtropical climate. 12th Int Congr Anim Repr and AI. Netherlands 1992;(4)2048-2050.

René Carlos Calderón Robles, Alejandro Villa-Godoy, Juvencio Lagunes Lagunes, Pernilla Fajersson