

11663
1a
2a



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**CAMBIOS DINAMICOS DE LAS ESTRUCTURAS OVARICAS
Y SU RELACION CON LA PROGESTERONA SERICA EN
BECERRAS PERIPUBERES *Bos taurus* y *Bos indicus*,
MANTENIDAS EN CLIMA TROPICAL.**

T E S I S
PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(REPRODUCCION ANIMAL)

POR:

RENE CARLOS CALDERON ROBLES

ASESOR: DR. ALEJANDRO VILLA-GODOY

México, D.F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**CAMBIOS DINAMICOS DE LAS ESTRUCTURAS OVARICAS
Y SU RELACION CON LA PROGESTERONA SERICA EN
BECERRAS PERIPUBERES *Bos taurus* y *Bos indicus*,
MANTENIDAS EN CLIMA TROPICAL.**

**T E S I S
PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(REPRODUCCION ANIMAL)**

POR:

RENE CARLOS CALDERON ROBLES

ASESOR: DR. ALEJANDRO VILLA-GODOY

México, D.F.

1994

LISTA DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE GRAFICAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA	5
ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA APARICION DE LA PUBERTAD.	5
Efecto de la nutrición.	5
Efecto de la época del año.	6
Efecto de la raza.	7
MODELOS DE SECRECION ENDOCRINA EN BECERRAS PREPUBERES.	8
ELEVACION TRANSITORIA DE PROGESTERONA.	9
MECANISMOS ENDOCRINOS QUE GOBIERNAN LA TRANSICION A LA PUBERTAD.	11
CUERPOS LUTEOS DE VIDA CORTA.	13
DINAMICA FOLICULAR EN BECERRAS PERIPUBERES	14
HIPOTESIS Y OBJETIVOS.	19
HIPOTESIS.	19
OBJETIVO GENERAL.	19
OBJETIVOS ESPECIFICOS.	19
MATERIALES Y METODOS.	21
LOCALIZACION.	21
ANIMALES.	21

MANEJO Y ALIMENTACION.	21
TOMA DE MUESTRAS.	23
EXAMEN ULTRASONAGRAFICO.	24
ANALISIS DE PROGESTERONA.	26
ANALISIS ESTADISTICO.	26
CRITERIOS PARE DEFINIR ONDA FOLICULAR Y CUERPOS LUTEOS.	31
RESULTADOS.	33
DISCUSION.	59
CONCLUSIONES.	71
LITERATURA CITADA.	73
ANEXO.	83

INDICE DE CUADROS

	Descripción	Página
CUADRO 1	Cuadrados medios para edad, peso y ganancia diaria de peso (GDP) a la pubertad en becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo.	34
CUADRO 2	Medias de cuadrados mínimos para ganancia diaria de peso (g) a la primera ovulación de becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo.	35
CUADRO 3	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para edad (días) y peso (kg) a la pubertad, por sistema de manejo de becerras Suizo Pardo y Cebú.	36
CUADRO 4	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para edad (días) y peso (kg) a la pubertad por raza de becerras sin importar el sistema de manejo en que se mantuvieron.	37
CUADRO 5	Coefficientes de correlación de la edad (EPO) y peso (PPO) a la primera ovulación con la edad (EPU) y peso (PPU) a la pubertad en becerras Suizo Pardo y Cebú independientemente si se mantuvieron en potrero o en corral	40
CUADRO 6	Cuadrados medios para duración y concentración promedio de progesterona sérica (P4) durante su elevación transitoria en becerras Cebú y Suizo Pardo prepúberes, sometidas a dos sistemas de manejo, corral o potrero	42

CUADRO 7	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para duración (DP4) y concentración de progesterona sérica ([P4]) durante su elevación transitoria en becerras prepúberes, por raza y sistema de de manejo.	43
CUADRO 8	Cuadrados medios para número de ondas de desarrollo folicular en el periodo prepúber de becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo.	44
CUADRO 9	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para número de ondas de desarrollo folicular (#ODF) durante los 45 días previos a la primera ovulación en becerras prepúberes, por raza y sistema de manejo	45
CUADRO 10	Cuadrados medios para diámetro mayor promedio de folículos dominantes (DPFD), ovulatorios (DFO) y duración promedio en días de ondas de desarrollo folicular (DODF), en becerras Suizo Pardo y Cebú pre y pos-púberes.	46
CUADRO 11	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo promedio (cm) de folículos y duración en días de ondas de desarrollo folicular, por ciclo	48
CUADRO 12	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo promedio de folículos dominantes por raza y sistema de manejo	49
CUADRO 13	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo de folículos ovulatorios (cm), en becerras peripúberes.	51

CUADRO 14	Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para la duración en días de ondas de desarrollo folicular en becerras peripúberes.	52
CUADRO 15	Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en todas las becerras (Suizo Pardo y Cebú).	54
CUADRO 16	Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en las becerras Cebú.	55
CUADRO 17	Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en las becerras Suizo Pardo.	56
CUADRO 18	Indices de Constancia para número de ondas foliculares en becerras Suizo Pardo y Cebú con 2 ó 3 ciclos estrales normales.	57

INDICE DE GRAFICAS

	Descripción	Página
GRAFICA 1	Primera ovulación	25
GRAFICA 2	Edad a la pubertad (días): Ausencia de efecto de la interacción entre raza de las becerras y el sistema de manejo a que fueron sometidas	38
GRAFICA 3	Peso a la pubertad (kg): interacción entre la raza de las becerras y el sistema de manejo	39
GRAFICA 4	Diámetro máximo de folículos dominantes en becerras Suizo Pardo y Cebú. Interacción entre raza y sistema de manejo (Potrero y corral)	50
GRAFICA 5	Porcentaje de becerras que iniciaron la pubertad.	68
GRAFICA 6	Proceso de luteinización folicular	69
GRAFICAS 7 a 42	Concentración de progesterona por becerra	Anexo

RESUMEN

René Carlos Calderón Robles. Cambios Dinámicos de las estructuras ováricas y su relación con la progesterona sérica en becerras peripúberes *Bos taurus* y *Bos indicus*, mantenidas en clima tropical (asesorado por el Dr. Alejandro Villa-Godoy).

El objetivo fue determinar los cambios dinámicos que ocurren a nivel de estructuras foliculares y lúteas y su relación con las elevaciones transitorias en la concentración de progesterona (P4) sérica en becerras Cebú (CE) y Suizo Pardo (SP) antes y durante la pubertad. El estudio se realizó con 36 becerras (SP=18; CE=18) nacidas entre julio y octubre de 1989. La mitad de las becerras se mantuvo desde el destete (3 meses de edad) hasta el final del experimento en corrales (CO) individuales y el resto en potrero (PO). La alimentación en CO fue caña japonesa (*S. sinense*) fresca picada y 1 a 3 kg de concentrado (16 % de PC y 70% de TND). En PO se usó pastoreo rotacional de zacate Estrella de Africa (*C. plectostachyus*) y el concentrado usado en CO. Los animales fueron pesados cada 14 d y observados para detección de estro dos veces/d. Antes de que las becerras pesaran 195 kg, se tomaron muestras sanguíneas cada semana, para confirmar el estado prepuberal, indicado por P4. A partir de los 195 kg se tomaron diariamente, imágenes ultrasonográficas de los ovarios durante 21 d, alternandose con 21 d de descanso, en los que el muestreo fue cada 7 días, o se continuó al detectar un folículo > 1 cm. A partir de pesos corporales de 245±5 kg, el muestreo fue diario para imágenes de ultrasonido y P4. La ovulación fue definida por la detección de cuerpo lúteo en la imagen precedida por la desaparición súbita del folículo dominante (1 d antes) y seguida por un incremento en P4 (> al promedio basal + 2σ; basal= al promedio de 5 muestras consecutivas prepuberales). Para las variables de respuesta edad, peso y GDP a la pubertad, número de ondas foliculares (#O) en becerras púberes (ciclo 1 y 2) y prepúberes, concentración y duración en días de P4 durante la elevación transitoria, se usó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2, siendo los factores raza (SP o CE) y sistema de manejo (CO o PO). Las variables de respuesta, diámetro de folículos dominantes y ovulatorios, duración y #O en pre y postpúberes, con arreglo de parcelas divididas siendo la parcela grande la becerro y la subparcela el ciclo interovulatorio. El análisis de los datos fue por ANDEVA y el criterio para definir diferencias fue P<.05. Se obtuvo el índice de constancia (IC) para ondas foliculares de ciclos

estrales sucesivos y χ^2 para efecto de ciclo y raza (RZ) sobre el #O en los dos primeros ciclos regulares. Las GDP del destete a la pubertad, no difirieron entre grupos (SP-CO=543±90; SP-PO=561±80; CE-CO=544±50 y CE-PO=501±76 g). El sistema de manejo (MN) no alteró el peso (CO=306±8; PO=302±8 kg) ni la edad (CO=503±18; PO=521±18 d) en que las becerras iniciaron la pubertad. La pubertad se inició a menor edad (422±18 d) y peso (269±8 kg) en SP que en CE (603±18 d; 340±8 kg). No hubo interacción significativa con respecto a edad entre RZ y MN pero sí para peso a la pubertad ya que las SP no fueron afectadas por el MN, mientras que las CE-CO alcanzaron la pubertad a un peso mayor (356±11 kg) que las CE-PO (325±11 kg). Ni RZ ni RZ*MN influyeron sobre la duración de la elevación transitoria de P4, sin embargo en MN las de PO presentaron elevaciones transitorias de P4 con mayor duración que las de CO (2.47±.27 VS 3.22±.22 d). Ningún factor afectó la P4 durante su elevación transitoria y el promedio fue de .85 ng/ml. Tampoco el #O en becerras: prepúberes (5.5 ondas en 45 d), primer y segundo ciclos regulares de 20 d en promedio (2.8 y 2.6 ondas) fueron afectados por los factores en estudio. El diámetro máximo de los folículos ovulatorios y la duración en días de las ondas de desarrollo folicular sólo fueron alteradas por RZ (SP=1.32±.03 cm y 8.24±.26 d; CE=1.16±.02 cm y 7.32±.17 d). Mientras que el diámetro de los folículos dominantes fue afectado por RZ (SP=1.20±.02 VS CE=1.11±.01 cm), MN (CO=1.11±.02 VS PO=1.20±.02 cm) y RZ*MN ya que el MN afectó a las SP y no a las CE. Los IC para ondas foliculares fueron \leq .20. Y el análisis por χ^2 del #O no identificó efecto de RZ pero sí de ciclo. Se determinó que existen ondas de desarrollo folicular en becerras prepúberes *Bos taurus* y *Bos indicus*, las cuales son similares a las de becerras ciclando en cantidad y calidad, pero difieren en calidad entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. Las elevaciones transitorias de P4 ocurren en todas las becerras prepúberes sean CE o SP y éstas derivan de CL de corta duración y no difieren entre SP y CE.

Introducción

Desde su aparición sobre la superficie de la tierra, la humanidad ha aprendido a mantenerse provista de alimentos y ha evolucionado desde la recolección vegetal y caza animal, hasta el cultivo y domesticación, dando origen a lo que actualmente es la agricultura y ganadería. A través del tiempo el hombre ha logrado avances tecnológicos que han aumentado paulatinamente la eficiencia en dichas actividades. Sin embargo dentro de los graves problemas que se presentan en la actualidad a nivel mundial, resalta la escasez de alimentos, derivada principalmente del crecimiento demográfico que es cada día más elevado sobre todo en países en vías de desarrollo.

En nuestro país se estima que al final de la presente década habrá un incremento en la población de un 40% con relación a la actual que es de aproximadamente 80 millones de habitantes (Rivera, 1985), por lo que es necesario hacer cada día un empleo más racional de los recursos con los que se cuenta para hacer frente a este problema.

Las regiones tropicales presentan el potencial para crecer en cuanto a producción pecuaria, tanto en sentido vertical como horizontal; es decir, el crecimiento se puede dar en la producción, en la población animal y en la superficie destinada a la ganadería.

El territorio Mexicano cuenta en su superficie con un 27% de zonas tropicales y en esta área se explota aproximadamente el 36.8% de la población bovina del país (González y Saldaña, 1990). De Alba (1976) menciona que en los trópicos, a pesar de la baja productividad, ya que el 76% de las vacas en ordeña son manejadas en sistemas extensivos, se produce casi el 40% de la leche nacional y más del 50% de la producción de carne.

Debido a que el ganado Cebú se adapta a las condiciones prevalentes en los trópicos, se encuentra ampliamente difundido en dichas zonas a pesar de presentar características que limitan su eficiencia productiva (Meirelles,

1975). Por otro lado la introducción de razas lecheras al trópico mexicano, ha hecho factible que se logren niveles de producción similares a los obtenidos en clima templado (Becerril et al., 1981; Román et al., 1978).

La reproducción es uno de los factores que limitan en mayor grado la productividad en el trópico y existe poca información que realmente oriente hacia el mejoramiento del comportamiento reproductivo del ganado tropical. Por lo tanto es importante identificar los factores que afectan los eventos reproductivos, ya que la eficiencia de los mismos en los bovinos y particularmente en los que se explotan en condiciones de pastoreo, está limitada fundamentalmente por dos fenómenos: la aparición de la pubertad y la reiniciación de la actividad ovárica posparto. En la presente tesis se examinaron algunos factores asociados con el inicio de la pubertad.

Existe abundante información sobre un gran número de factores que determinan el inicio de la pubertad y de algunos mecanismos endocrinos involucrados en el mismo. En bovinos la mayor parte de esa información ha sido generada en *Bos taurus* y fue compendiada recientemente por Moran et al. (1989). Sin embargo, la información sobre la pubertad en hembras *Bos indicus* o *Bos taurus* mantenidas en el trópico es escasa y fragmentada.

Se ha demostrado que la edad a la pubertad puede ser influida por el genotipo de los animales (Nelsen y et al., 1982; Laster et al., 1972; Wiltbank et al., 1969; Plasse et al., 1968), la época en que nacen (Schillo et al., 1983; Nelsen et al., 1985), la alimentación que reciben (Wiltbank et al., 1969; Grass et al., 1982), su composición corporal (Frisch, 1984), el fotoperíodo (Petitclerc et al., 1983) y otros estímulos estereoceptivos (Izard y Vandenberg, 1982).

Existen varias definiciones de pubertad (Wiltbank et al., 1969; Plasse et al., 1968; Nelsen et al., 1985), pero para los propósitos de este estudio su inicio será definido como el momento en que las becerras presenten la primera ovulación que es precedida por conducta estral y seguida por un cuerpo lúteo (CL) normal ($\geq 12 \leq 17$ días) y dos ciclos estrales regulares (21 ± 4 días).

La definición de pubertad utilizada para este estudio implica que la becerra se encuentre apta para reproducirse. La edad a la pubertad en todos los trabajos consultados se basa en la presentación de un solo evento, que no necesariamente indica la aptitud para reproducirse (primer estro, primera ovulación, primera oleada ovulatoria de LH, entre otros), por lo tanto es conveniente determinar la edad y peso en que las becerras *Bos taurus* y *Bos indicus* mantenidas en el trópico, presentan la regularidad cíclica indicadora de su capacidad para reproducirse eficientemente (pubertad).

Se han realizado estudios en becerras que se encontraban ciclando normalmente, para determinar los cambios dinámicos de las estructuras foliculares; existiendo controversia entre los investigadores del tema. Algunos autores apoyan el concepto de que existen dos ondas de desarrollo folicular durante un ciclo estral (Rajakoski, 1960). 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, Dufour et al. (1972), marcando folículos por medio de una técnica invasiva, consideran que hay un crecimiento folicular continuo. Utilizando la ultrasonografía, Pierson y Ginther (1987b) apoyaron la propuesta de la existencia de dos ondas de desarrollo folicular, pero Sirois y Fortune (1988), quienes usaron la misma técnica, concluyeron que los modelos más comunes de desarrollo folicular, son de tres ondas por ciclo estral; aunque reconocieron que existe variación, ya que hay becerras con dos, tres y hasta cuatro de estas ondas. Se desconoce si las becerras presentan en ciclos sucesivos un número fijo de ondas de desarrollo folicular. Además no existen artículos sobre los cambios dinámicos de los folículos ováricos en becerras prepúberes.

En cuanto a los cambios endocrinos que coinciden con el inicio de la pubertad (primera ovulación), se ha observado un incremento transitorio de progesterona antes de lo que se supone que fue la primera ovulación (González-Padilla et al., 1975a; Berardinelli et al., 1979). Sin embargo otros

autores no han encontrado dicho incremento de progesterona (Kiser et al., 1981).

Aunque existen evidencias de que el incremento de progesterona previo a la pubertad, proviene de estructuras ováricas luteinizadas (Berardinelli et al., 1979), no se sabe si en todos los casos la progesterona es secretada por este tipo de estructuras. Por otro lado, se ignora la proporción de becerras que se aproximan a la pubertad que presentan este incremento transitorio de progesterona y se desconoce cual es la función del mismo.

Se ha documentado (Skaggs et al., 1986) que el primer CL en algunas becerras *Bos taurus* es de corta duración (CL corto), pero se desconoce que porcentaje de ellas lo presenta y si ocurre lo mismo en *Bos indicus*. También se ignora si la presentación de CL cortos se asocia o no con incrementos transitorios de progesterona previos, o con eventos reproductivos posteriores.

La descripción anterior indica que la información disponible sobre los factores que determinan el inicio de la capacidad reproductiva en hembras bovinas es incompleta, particularmente en aquellas que se desarrollan en clima tropical. Por lo tanto, el propósito general de la presente tesis fue generar información que contribuya al entendimiento del fenómeno de la pubertad en hembras *Bos taurus* y *Bos indicus* mantenidas en el trópico.

Algunos factores que influyen sobre la aparición de la pubertad

Efecto de la nutrición. Este factor, es para la aparición de la pubertad, uno de los más importantes en ganado bovino, por lo que desde principios de este siglo se han realizado estudios cuyos resultados indican que al incrementar el nivel de nutrición se reduce el tiempo de presentación del primer estro en vaquillas (Eckels, 1915; Plasse et al., 1968; Arije y Wiltbank 1971; García y Calderón 1978). En general, es en el ganado de razas de origen europeo donde se han llevado a cabo la mayoría de los estudios del efecto de la nutrición sobre la pubertad; dentro de éstos destacan los realizados con gemelas por Shokamoto et al. (1975) y por Crichton et al. (1959) en Gran Bretaña. Los resultados que dichos autores obtuvieron, indican que animales con niveles nutricionales altos llegan a la pubertad a edad más temprana que otros con niveles medios o bajos.

La información se hace más escasa para ganado cebuino, sin embargo los resultados existentes, concuerdan con los obtenidos en ganado europeo (Oyedipe, 1982).

Aunque es cierto que existe una relación estrecha entre el nivel nutricional y la edad a la pubertad, se ha observado una gran variación en el peso en que las becerras sometidas al mismo régimen nutricional inician la pubertad. Por ejemplo, Sorensen et al. (1959) observaron que las vaquillas Holstein alimentadas en forma homogénea presentaron la pubertad entre los 223 y los 315 kg de peso corporal. Por lo tanto existen otros factores además de la alimentación y el peso corporal, que determinan el inicio de la pubertad en hembras bovinas. Dentro de estos otros factores se encuentra la composición corporal, ya que las diferencias en saturación de las grasas pueden afectar la eficiencia de conversión de andrógenos a estrógenos (Frisch, 1984), y en el caso del ganado bovino, como ejemplo la grasa subcutánea tiene menor grado de saturación que los depósitos internos de

grasa (Leat, 1976), pero estos son diferentes de acuerdo a la edad, variando en animales recién nacidos y durante el desarrollo.

Efecto de la época del año. Aunque se dice que el ganado bovino no es estacional ya que se puede reproducir en cualquier momento del año, la época ha sido estudiada como otro factor que afecta la aparición de la pubertad, ya que es posible que altere la actividad sexual o la eficiencia reproductiva de las hembras bovinas (Villagómez, 1990; Lozano et al., 1987).

En varios estudios se ha determinado que la estación de nacimiento influye marcadamente en la edad en que las hembras bovinas alcanzan la pubertad. No obstante, las discrepancias entre dichos estudios abundan; por ejemplo, se ha documentado que las becerras nacidas en primavera y verano tienen su primer estro a menor edad que las que nacen en otras estaciones (Hawk et al., 1954; Menge et al., 1960). Por el contrario, otros autores encontraron que las becerras nacidas en verano e invierno alcanzaron la pubertad a edad más tardía que las nacidas en otras épocas (Roy et al., 1980). Para aumentar la confusión, otro grupo de investigadores señalan que las becerras nacidas en otoño son más jóvenes a la pubertad que las demás, incluidas las nacidas en primavera (Schillo et al., 1982a). Varios autores han sugerido que los efectos estacionales o de época deben de ser atribuidos fundamentalmente a los distintos planos nutricionales que logran las becerras nacidas en momentos que preceden épocas de abundancia o escasez de forrajes (Little et al., 1981; Grass et al., 1982; Roy et al., 1980). Sin embargo, otros investigadores han demostrado que la pubertad se acelera al exponer a las becerras a condiciones de temperatura ambiental relativamente elevada y de fotoperiodo largo, típicos de primavera o verano (Schillo et al., 1983). En trabajos posteriores al antes mencionado, (Hansen et al., 1983) y bajo planos nutricionales altos o bajos (Petitclerc et al., 1983), un régimen de luz similar al observado en verano apresura la pubertad con relación a regímenes de luz que simulaban las condiciones de otoño e invierno.

Aunque los estudios discutidos en el párrafo anterior fueron realizados con ganado *Bos taurus*, las escasas evidencias existentes sobre la pubertad en becerras Brahman indican que también el fotoperiodo de primavera y verano favorece el inicio de la actividad estral (Plasse et al., 1968) en las hembras *Bos indicus*.

Efecto de la raza. Existen abundantes estudios en los que se ha demostrado que la raza es un factor determinante en el inicio de la pubertad de las hembras bovinas. Se ha demostrado que existe una gran variación en cuanto a la edad y peso corporal en los que las hembras de diferentes razas *Bos taurus* alcanzan la pubertad (Wiltbank et al., 1966; Wiltbank et al., 1969; Short y Bellows, 1971). Frecuentemente al hacer comparaciones entre razas, se señalan la Holstein y Angus como entre las más precoces (González-Padilla, 1978).

En términos generales, las razas cebuínas parecen iniciar la pubertad a un peso más elevado y a una edad más tardía que las razas europeas (Plasse et al., 1968; Oyedipe et al., 1982). En las escasas referencias disponibles (Reynolds et al., 1963), donde se compararon razas cebuínas con razas de origen europeo en un ambiente similar, se comprobó lo antes dicho; es decir que las becerras Cebú requieren un mayor peso (320 kg) y edad (816 días) para presentar la pubertad que las becerras de razas europeas (244 kg y 433 días, respectivamente).

La discusión de estos tres incisos, evidencia que los mecanismos que median los efectos de la alimentación, época del año y raza en la pubertad de las hembras bovinas están lejos de ser aclarados. Aunque de los factores antes citados, únicamente raza será estudiado en la presente tesis, se consideró necesario discutirlos en conjunto para ilustrar la necesidad de retomar esas líneas de investigación, o bien tener presente que si no se establecen controles adecuados sobre dichos factores, se corre el riesgo de contar con efectos confundidos que pudieran enmascarar la influencia de algunos aspectos específicos relacionados con el fenómeno de la pubertad.

Modelos de secreción endocrina en becerras prepúberes

Los mecanismos fisiológicos responsables del proceso reproductivo en mamíferos, actualmente no son del todo entendidos, pero se conoce que son gobernados por el sistema nervioso central (SNC) e involucran estructuras como el hipotálamo, la hipófisis y los ovarios, entre otras. El control de la reproducción en becerras es ejercido principalmente a través de las gonadotropinas hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) que son sintetizadas en la hipófisis anterior (Schams et al., 1981).

Las concentraciones de la LH van en aumento del nacimiento a los tres meses y entonces disminuyen, alcanzando el punto más bajo entre los 5 y 6 meses de edad; para volver a incrementarse gradualmente culminando antes de la pubertad, con la máxima concentración detectada hasta ese momento, la cual precede la primera ovulación (Schams et al., 1981). La LH se caracteriza por liberarse en forma pulsátil y sus concentraciones en sangre son muy variables, lo cual refleja cambios en la frecuencia de secreción, pero no en la amplitud de los pulsos (González Padilla et al., 1975a; Schams et al., 1981; Schillo et al., 1982b; Skaggs et al., 1986).

Por otro lado, Day et al. (1984) determinaron que la concentración media de LH se incrementa gradualmente durante los 126 días previos a la pubertad, pero este aumento parece ser debido por lo menos parcialmente, al incremento en la frecuencia de pulsos y tal vez a un incremento en las concentraciones basales de LH. Lo anterior indica que la secreción de LH aumenta conforme se aproxima la pubertad (Dyer et al., 1990). De hecho, el momento de la primera ovulación coincide con el momento en que la secreción episódica de LH alcanza una frecuencia de aproximadamente un pulso por hora.

Las concentraciones sanguíneas de FSH son más constantes que las de la LH en becerras prepúberes, aunque suelen ocurrir algunas fluctuaciones (González-Padilla et al., 1975a; McLeod et al., 1985). La concentración de

FSH incrementa y disminuye en forma paralela a la de la LH, sobre todo en los primeros meses de vida, no obstante este paralelismo entre los cambios pulsátiles de ambas hormonas es menor en la fase puberal (Schams et al., 1981). No se han comprobado cambios en los patrones de secreción de la FSH que coincidan temporalmente con la pubertad en vaquillas.

Desjardins y Hafs (1968) encontraron que las concentraciones de ambas gonadotropinas en la adenohipófisis aumentan hasta los 7 meses de edad y de ahí en adelante son altas durante un período de mínima concentración en la sangre. Como podría esperarse, una marcada disminución de ambas hormonas en su contenido hipofisiario, precede al primer pico preovulatorio de LH y FSH observado en el suero sanguíneo. Esto es el resultado de la liberación simultánea por parte de las células de la hipófisis que sintetizan la LH y FSH.

El 17 β estradiol y la progesterona son las dos hormonas esteroideas más importantes para la reproducción en las becerras y son principalmente sintetizadas en los ovarios. Las concentraciones de estradiol y progesterona son bajas y constantes en las becerras prepúberes con relación a las observadas en animales adultos (González-Padilla et al., 1975a; Day et al., 1984; Skaggs et al., 1986; Dyer et al., 1990).

Elevación transitoria de progesterona

González-Padilla et al. (1975a) establecieron que los modelos de liberación de progesterona se caracterizan por concentraciones relativamente bajas antes del día -20 y con relación a la pubertad, los mismos autores encontraron dos períodos entre el día -20 y 0 durante los cuales las concentraciones de progesterona sanguínea se incrementaron significativamente durante dos a cinco días; el primer período ocurrió entre los días -18 a -11 y siempre precedió al pico preliminar de LH, mientras que el segundo aumento de progesterona ocurrió entre los días -9 y 0 entre el pico preliminar y el pico preovulatorio de LH. Ellos sugieren que el primer

incremento pudo haber sido de origen adrenal y el segundo de origen ovárico por luteinización de folículos, o pequeños cuerpos lúteos no detectados a la palpación. Berardinelli et al. (1979) encontraron los mismos dos períodos de incremento en las concentraciones de progesterona y sugirieron que ambos aumentos eran de origen ovárico, ya que al ovariectomizar a los animales encontraron tejido lúteo en uno de los ovarios, permaneciendo la duda de si este pertenece a cuerpo lúteo o no. Otros investigadores no detectaron estos incrementos transitorios (Kiser et al., 1981) de progesterona, o sólo observaron una elevación en todos, o solo en algunos animales (Schams et al., 1981; Schillo et al., 1983; Day et al., 1984; Skaggs et al., 1986; Dyer et al., 1990; Dodson et al., 1990). Aunque las diferencias anteriores pudieron ser debidas a la variación en los muestreos de sangre, ya que solamente el realizado por Skaggs et al. (1986) ocurrió diariamente, encontrando un incremento en las concentraciones de progesterona con una duración promedio de 3.5 días. Al igual que González-Padilla et al. (1975a) Skaggs et al. (1986) sugieren que la liberación transitoria de progesterona puede provenir de folículos luteinizados o cuerpos lúteos de corta duración (fase lútea corta).

Al examinarse el párrafo anterior, se detecta que no es concluyente la información sobre el número, duración y frecuencia en la presentación de los incrementos transitorios de progesterona que preceden a la primera ovulación durante la vida de una hembra bovina. También es claro que aunque las evidencias indirectas sugieren que el origen de dichos incrementos de progesterona es ovárico, no ha sido demostrado en forma definitiva si las estructuras de procedencia son cuerpos lúteos o no. Finalmente, es necesario hacer notar que toda la información existente al respecto, fue generada en ganado *Bos taurus*, por lo tanto se ignora si en las becerras Cebú ocurren los incrementos transitorios de progesterona y de ser así, si difieren de aquéllos observados en becerras de razas europeas.

Mecanismos endocrinos que gobiernan la transición a la pubertad

Actualmente no existe un patrón que describa las secuencias de eventos y cambios en el sistema endocrino, relacionados con la aparición de la pubertad que sea universalmente aceptado. Sin embargo existen mecanismos propuestos que han sido discutidos ampliamente en algunas revisiones sobre el tema (Moran et al., 1989; Schillo et al., 1982b). Dichos mecanismos se resumieron en forma breve a continuación.

La teoría gonadostática propuesta para explicar la pubertad en ratas por Ramírez y McCann (1963), establece que los esteroides ováricos inhiben la secreción de gonadotropinas en ratas inmaduras a través de un mecanismo de retroalimentación negativa sobre el eje hipotálamo-hipófisis. De acuerdo con esta teoría, la primera ovulación resulta de una disminución en este mecanismo lo que permite un aumento en la liberación de gonadotropinas hipofisiarias que induce la maduración de folículos que culmina en la ovulación. Esta teoría ha sido aplicada para otras especies dentro de las que se encuentran los bovinos (Schillo et al., 1981).

La retroalimentación negativa de los ovarios sobre la secreción de LH, ha sido observada en becerras de uno y medio a cinco meses de edad por Odell et al. (1970), ellos determinaron que la extirpación de los ovarios causa un incremento en las concentraciones de LH en becerras prepúberes. La remoción del mecanismo de retroalimentación negativa de los esteroides ováricos a través de la ovariectomía ha sido ampliamente estudiado en animales prepúberes (Odell et al., 1970; Beck et al., 1976; Kiser et al., 1981; Schillo et al., 1982b; Day et al., 1984; Dodson et al., 1989; Dyer et al., 1990). De estos estudios se informa del incremento en las concentraciones de LH; no obstante otros investigadores trabajaron con esteroides exógenos, básicamente estradiol en inyecciones o implantes, solos o combinados con ovariectomía en becerras de diferentes edades. De esta manera Day et al. (1984) encontraron que un rápido incremento en la secreción de LH ocurre después de la ovariectomía y que, es prevenida con bajas dosis de estradiol

exógeno. Más recientemente, Dodson et al. (1989) y Dyer et al. (1990), encontraron que la ovariectomía da como resultado un modelo de transición de gonadotropina caracterizado por una alta frecuencia en los episodios de LH y una elevada concentración media. No obstante la respuesta a la ovariectomía fue retrasada en animales de 12 meses de edad comparada con los de 12 semanas. Otros estudios adicionando hormonas y/u ovariectomía muestran que esta última incrementa los valores de FSH comparando con animales no ovariectomizados aunque no se detectaron variaciones a diferentes edades (Dodson et al., 1989), ni tampoco por infusiones exógenas de LHRH (Skaggs et al., 1986).

Dodson et al. (1989), encontraron que la proporción de folículos grandes incrementa con la edad y que a los tres meses contienen concentraciones detectables de estradiol. Estos folículos probablemente sean la fuente de estradiol que tiene efecto sobre el mecanismo de retroalimentación negativa en becerras, descrito por Day et al. (1984). Desde los tres meses de edad hasta la pubertad, los estrógenos ováricos disminuyen la producción de LH y FSH por la hipófisis esto es por la evidencia de un incremento en sus concentraciones sanguíneas después de realizar una ovariectomía (Kiser et al., 1981; Schillo et al., 1982b; Day et al., 1984; Dodson et al., 1989; Dyer et al., 1990). Estos datos son estandarizados para el día de la pubertad en animales intactos y ha sido extensivamente documentado (Schillo et al., 1982b; Day et al., 1984; 1987; Dyer et al., 1990) que la concentración media de LH y su frecuencia de pulsos incrementa conforme se acerca la pubertad, debido a una disminución gradual en la sensibilidad del hipotálamo y la hipófisis al efecto de retroalimentación negativa. De hecho, Day et al. (1987) y Kinder et al. 1987 han documentado que los receptores citoplasmáticos para estradiol en la base anterior y media del hipotálamo y la hipófisis disminuyen conforme se aproxima la pubertad. Esto lleva a pensar que el estradiol eventualmente llega a ser inefectivo en la supresión de la secreción de LH y es en este momento cuando la primera oleada ovulatoria es liberada. Esto es evidente en lo mencionado por Day et al. (1984), quienes

con base a dos experimentos, donde a pesar de estar utilizando estradiol exógeno, este no fue efectivo ya que inicialmente, sí mantuvo a bajas concentraciones la secreción de LH pero se notó un rápido incremento que coincidía con la primera ovulación en becerras intactas.

Lo anteriormente expuesto puede explicar los cambios en las concentraciones medias circulantes de FSH y LH observadas por Schams et al. (1981). Moran et al. (1989) en su revisión sobre la pubertad en becerras menciona que la remoción de la inhibición del SNC de la actividad hipotalámica podría explicarse por el incremento en la secreción durante los primeros tres meses ya que la disminución en las concentraciones y el subsecuente incremento del nadir desde los cinco meses a la pubertad corresponden al establecimiento y retirada respectivamente, del efecto de retroalimentación negativa del estradiol sobre el hipotálamo; y de estas ideas se dice que la hembra bovina es capaz de ovular desde etapas tempranas de su vida pero, permanece inactiva debido a la insuficiente estimulación gonadotrópica.

Cuerpos lúteos de vida corta

Como se mencionó anteriormente, no hay evidencia de que los llamados cuerpos lúteos de corta duración sean efectivamente cuerpos lúteos, por lo que la mayoría de los investigadores hablan de una fase lútea corta en becerras prepúberes. Resultados parecidos han sido documentados en la formación de tejido luteal por primera vez en corderas que se aproximan a la pubertad (Keisler et al., 1983), así como en borregas en fases tardías de anestro (Lewis y Bolt, 1987) y en vacas a punto de salir del anestro (Odde et al., 1980). Schallenberger et al. (1984) encontraron que en vacas posparto también la primera fase lútea corta fue precedida de ovulación. Castenson et al. (1976) han demostrado visual e histológicamente, al examinar la primera actividad lútea posparto, sin hacer especial referencia a su longitud, que resulta de ovulación y formación de cuerpo lúteo. Por lo que a veces la

primera ovulación es seguida por la formación de un cuerpo lúteo de corta duración; no obstante Schams et al. (1978) sugieren que el primer ciclo lúteo corto resulta de una inadecuada formación del cuerpo lúteo. Manns et al. (1983) demostraron claramente en vacas de carne que en 8 de 9 animales la actividad lútea corta fue originada de un cuerpo lúteo histológicamente típico precedido por ovulación; ellos suponen que dicho cuerpo lúteo tiene menor habilidad para producir progesterona, por no responder adecuadamente a la estimulación gonadotrópica. Por su parte, Niswender et al. (1976), especularon que los cuerpos lúteos de vida corta resultan de un insuficiente aporte sanguíneo al tejido lúteo o que la disponibilidad de LH es insuficiente.

Moran et al. (1989), con base en su revisión, proponen que la ausencia de progesterona como antecedente (progesterona iniciadora) es responsable del frecuente fracaso de los folículos para ovular, la ausencia de estro así como cuerpos lúteos anormales al momento de la pubertad en becerras; por el contrario la breve exposición a relativamente elevada concentración sanguínea de progesterona que la estructura lútea proporciona a dichas becerras, sirve como un "iniciador" que desencadena el mecanismo que conduce a la primera ovulación y estro, asegurando además, que la siguiente oleada de LH conduzca a una ovulación que es acompañada de conducta estral y seguida de una fase lútea normal.

La literatura examinada en este capítulo evidencia la importancia de la progesterona "iniciadora" para la función del cuerpo lúteo y la expresión del estro en becerras peripúberes, sin embargo sus mecanismos de acción no han sido aclarados y no se conocen con precisión los fenómenos que la inducen.

Dinámica folicular en becerras peripúberes

Existen estudios de folículos ováricos en desarrollo y degeneración durante el ciclo estral en borregas (Dufour et al., 1971; Brand y deJong,

1973; Dailey et al., 1982), ratas (Hirshfield y Midgley, 1978), cerdas (Clark et al., 1975) y mujeres (Block, 1951).

En la literatura se encuentra abundante información sobre la dinámica folicular en ganado bovino, pero existe una gran controversia, referente a que si ocurren o no, y si ocurren cual es el número de estas ondas de desarrollo folicular durante el ciclo estral en hembras bovinas.

En varios estudios y utilizando diferentes técnicas para tener acceso a la población folicular en ovarios de hembras bovinas, se ha propuesto que independientemente de la fase del ciclo estral, el desarrollo folicular es continuo, sin que tenga que ocurrir en forma de ondas de desarrollo (Dufour et al., 1972; Donaldson y Hansel 1968; Choudary et al., 1968; Lobel y Levy, 1968; Marion y Gier, 1971). Pero anteriormente, Rajakoski (1960), pionero en el estudio de la dinámica folicular y a través del sacrificio de hembras bovinas en diferentes fases del ciclo estral, propuso la existencia de dos ondas de desarrollo folicular en cada ciclo estral. Esta propuesta fue apoyada por estudios de tipo invasivo realizados por Ireland y Roche (1983) y Matton et al. (1981). No obstante estos últimos autores propusieron la existencia de tres periodos de desarrollo durante el ciclo estral en vez de dos.

Recientemente el desarrollo del equipo de ultrasonido ha permitido la observación del tracto genital bovino en animales intactos y con la frecuencia que sea necesaria, lo que hace posible el estudio detallado y dinámico de los eventos que ocurren en los ovarios (Pierson y Ginther, 1984).

A pesar del desarrollo tecnológico, sigue existiendo incertidumbre sobre el número de ondas, ya que investigadores como Savio et al. (1988), documentan que es difícil caracterizar el modelo de desarrollo folicular y probablemente sea más seguro describirlo como un proceso continuo de desarrollo y atresia de folículos dominantes. Estos autores concluyen que la dinámica folicular durante el ciclo estral de la mayoría de las becerras, se caracteriza por el desarrollo sucesivo de dos o tres folículos dominantes. Por

otro lado, la hipótesis de que en la mayoría de los intervalos interovulatorios ocurren dos ondas de desarrollo folicular también ha sido apoyada por otros estudios ultrasonográficos (Pierson y Ginther, 1986, y 1987a; Knopf et al., 1989; Ginther et al., 1989a; y 1989b; Rajamahendran y Taylor, 1990). Por el contrario, Sirois y Fortune (1988) caracterizan los cambios foliculares por la presencia de ondas de desarrollo folicular que se inician en diferentes tiempos durante el ciclo estral, por lo que no apoya el concepto de que cambios en los folículos ováricos son continuos e independientes de la fase del ciclo estral. Aunque los últimos investigadores no concluyen, detectaron 2, 3 y 4 ondas de desarrollo folicular, por lo que la presencia de más de un modelo podría explicar las diferencias de los resultados entre estudios.

A partir de los escasos estudios efectuados en becerras prepúberes, Spicer y Echternkamp (1986) resumieron lo que probablemente describa de la mejor manera posible, considerando los conocimientos actuales, la dinámica folicular en estos animales: el número de folículos antrales se incrementa del nacimiento a los tres meses de edad. Entre los tres y nueve meses de edad, los folículos antrales permanecen en número constante y aparentemente, no aumentan sino hasta que ocurre la pubertad. Recientemente, Peebles et al. (1991) estudiaron la foliculogénesis en becerras prepúberes y púberes mediante ultrasonografía y concluyeron que en ambas, el desarrollo y regresión folicular ocurre en un modelo de ondas. No obstante que el último trabajo permite suponer la existencia de ondas de desarrollo folicular, la información generada no hace posible determinar el modelo más frecuente en los dos tipos de becerras estudiadas, a pesar de que si documentó diferencias entre animales.

Con lo anterior, nos percatamos que la información sobre la dinámica folicular en becerras peripúberes es muy escasa e imprecisa, lo que impide tener una clara idea de este fenómeno que inicia la vida reproductiva y productiva de las hembras bovinas. Además es evidente que los estudios relacionados con la pubertad o con los mecanismos asociados a la ciclicidad

estral, han sido efectuados en una inmensa mayoría con hembras *Bos taurus* mientras que los realizados en becerras *Bos indicus* son escasos y esporádicos. Por lo tanto en la actualidad, no es posible responder a la pregunta de si la dinámica folicular de las becerras de razas índicas es similar a las de razas europeas, antes, durante y después de la pubertad. Finalmente, la revisión de literatura indica que no se ha determinado si un patrón de crecimiento folicular se repite en ciclos secuenciales dentro de una misma becerro que se aproxima a la pubertad o después de ella.

Hipótesis y Objetivos

Hipótesis

- a.- Los eventos reproductivos relacionados con la pubertad son similares en ganado *Bos taurus* que en *Bos indicus*.
- b.- Existen ondas de desarrollo folicular en becerras prepúberes.
- c.- Los incrementos transitorios de progesterona en la época prepúber provienen en todos los casos de estructuras ováricas luteinizadas.
- d.- Existe una alta proporción de becerras que presentan cuerpos lúteos (CL) de vida corta antes de que se regularice la ciclicidad estral (pubertad).
- e.- Los incrementos transitorios de progesterona previos a la pubertad, reducen la presentación de CL cortos y aceleran la regularidad de los ciclos estrales.
- f.- La presentación de un CL corto, aumenta el tiempo requerido para la regularización de ciclos estrales.
- g.- Existe variación en cuanto al número de ondas foliculares entre y dentro de becerras ciclando.

Objetivo general

Determinar la dinámica de estructuras foliculares y lúteas y su relación con las variaciones de la progesterona sérica en becerras *Bos taurus* y *Bos indicus*, antes y durante la pubertad.

Objetivos específicos

- a.- Determinar si existen ondas de crecimiento folicular en becerras prepúberes y de ser así, definir si existen diferencias entre las *Bos taurus* y las *Bos indicus*.

- b.- Determinar el porcentaje de becerras que presentan elevaciones transitorias de progesterona antes de la pubertad.**
- c.- Determinar la proporción de vaquillas prepúberes con CL de corta duración antes de la pubertad.**
- d.- Determinar si existe alguna relación entre los incrementos transitorios de progesterona y la presentación de CL de vida corta.**
- e.- Determinar si existe alguna relación entre los incrementos transitorios de progesterona y la edad y peso a la pubertad.**
- f.- Determinar si existe alguna relación entre los CL cortos y la edad y peso a la pubertad.**
- g.- Determinar la existencia de ondas de desarrollo folicular en becerras Cebú ciclando y si estas difieren o no de las de *Bos taurus*.**
- h.- Determinar el índice de constancia de las ondas foliculares en períodos interovulatorios sucesivos correspondientes a ciclos estrales regulares en becerras *Bos indicus* y *Bos taurus* mantenidas en el trópico.**

Materiales y métodos

Localización

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental "Las Margaritas", localizado en la sierra norte del estado de Puebla, en los 19° 45' de latitud norte y 97° 20' de longitud oeste. El Campo Experimental se encuentra de 450 a 500 m sobre el nivel del mar y su clima es considerado por Tamayo (1980) como subtropical húmedo Af(c). Este clima se caracteriza por tener una temperatura media anual de 21°C, precipitación pluvial anual de 3000 mm y una humedad relativa de 90%.

Animales

Se utilizaron 36 becerras, 18 Suizo Pardo y 18 de razas cebuínas. Las becerras nacieron entre julio a octubre de 1989 y fueron destetadas a los tres meses de edad.

Los animales empleados en este experimento, fueron usados en otro trabajo cuyo objetivo era determinar el efecto de sistema de manejo (corral o potrero) en las funciones reproductivas. Por lo tanto, en la presente tesis se respetó el manejo a que fueron sujetas las becerras y el sistema de manejo se consideró como un factor más en el diseño y análisis estadísticos.

Manejo y alimentación

La mitad de las becerras de cada especie se alojó en corrales individuales y la otra mitad en potreros. Las becerras permanecieron en los alojamientos asignados desde el momento del destete a la pubertad (fin del experimento). Los corrales individuales tuvieron una superficie de 3.2 x 9.8 m y contaron con un área de sombra con piso, comedero y saladero de concreto. El área de asoleadero contó con piso de tierra y bebedero de concreto. Colindando

con los corrales se encontraba un potrero de 1 ha que se empleó para detección de estros.

Las becerras alojadas en corrales fueron cepilladas diariamente y alimentadas con forraje de corte, fresco, picado y un concentrado comercial con 16 % de proteína cruda y aproximadamente 70 % de total de nutrientes digestibles.

Las becerras 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*). Estas becerras fueron suplementadas con el mismo concentrado ofrecido al grupo anterior. Ambos grupos contaron con agua y sales minerales a libertad.

La alimentación originalmente fue diseñada para que las becerras, tanto de corral como de potrero, ganaran aproximadamente 500 g de peso al día (NRC, 1978) durante el estudio. Las ganancias diarias de peso reales fueron de 541 ± 90 y 544 ± 50 ; 561 ± 80 y 501 ± 76 para becerras Suizo Pardo y Cebú en corral y potrero, respectivamente.

Tanto en los corrales como en los potreros, se contó con manga de manejo, báscula e instalaciones diseñadas para que el manejo de las becerras durante el muestreo fuera con el menor estrés posible.

El manejo sanitario fue acorde con el calendario de actividades del campo experimental y consistió en: vacunación de las becerras contra brucelosis a los 4 meses de edad y contra carbón sintomático y edema maligno cada 4 meses. Las desparasitaciones se realizaron mensualmente en becerras menores de 200 kg y cada tres meses a las mayores de 200 kg; los baños garrapaticidas se realizaron cada 14 días.

Las becerras fueron incluidas en el experimento al ser destetadas. Los animales fueron pesados cada 14 días desde el destete (3 meses) hasta el final del experimento.

Las becerras alojadas en corral y en potrero fueron observadas durante dos periodos por día (1 h cada uno), para detectar signos de estro. Esta

actividad se llevó a cabo desde el momento que las vaquillas más pesadas alcanzaron 180 kg de peso, hasta el final del estudio. Entre las actividades relacionadas con el estro, se registraron: las montas homosexuales aceptadas, intentos de monta, topeteos, inquietud combinada con bramidos y presencia de moco cervical detectado por escurrimiento. Se definió como estro a la aceptación de una o más montas homosexuales, o en su ausencia, la asociación de las otras actividades, que coincidieron con concentraciones de progesterona similares a las basales.

Toma de muestras

Además de los registros de peso y actividad estral, se tomaron muestras de sangre (punción de las venas yugulares) y registros ultrasonográficos de los ovarios (impresiones termográficas).

Se colectaron dos series de muestras de sangre a cada becerra por 5 días (una/día) a los 4 y 5 meses de edad, con el fin de establecer la concentración basal de progesterona sérica (P4S). De los 150 ± 5 a los 195 ± 5 kg., se tomó una muestra de sangre cada 7 días para cuantificar la P4S. Simultáneamente se empezaron a registrar las estructuras ováricas mediante ultrasonografía. Estos dos procedimientos permitieron constatar que durante esta fase, las becerras permanecieron prepúberes.

Cuando los animales alcanzaron los 195 kg se efectuaron registros ultrasonográficos de los ovarios, durante 21 días consecutivos (una vez por día). Este mismo procedimiento se repitió dejando 21 días de descanso después de cada 21 días de observación. Esa rutina se mantuvo, hasta que las vaquillas pesaron 245 kg y a partir de este peso los muestreos se efectuaron diariamente hasta la pubertad. Durante estos periodos se colectó una muestra diaria de sangre para cuantificar P4S. En los periodos de descanso de 21 días, se realizó un registro ultrasonográfico de los ovarios y se tomó una muestra de sangre cada 7 días, esto fue con la finalidad de confirmar que las becerras permanecían prepúberes. En todos los muestreos

cuando se detectó la presencia de folículos mayores o iguales a 10 mm, se continuó con los registros ováricos y la colección de sangre hasta la ovulación o regresión de los folículos.

Cabe aclarar que la primera ovulación fue indicada por la desaparición súbita del folículo dominante de un día a otro en la imagen ultrasonográfica, seguida por un incremento en las concentraciones de P4S que excedió la basal más dos desviaciones estándar y que estas coincidieran con la detección de tejido lúteo en la imagen ultrasonográfica (Gráfica 1)

Los resultados utilizados para determinar la existencia de ondas foliculares fueron los registrados 45 días antes de la primera ovulación y durante los dos primeros ciclos estrales normales. Se realizó un inventario de todos los folículos de 4 mm o más de diámetro, se les midió el diámetro a los folículos dominantes y a los dos subordinados mayores de cada ovario, utilizando un vernier. En el caso de estructuras lúteas y de aquellos folículos que no fueron esféricos, se promediaron los diámetros máximo y mínimo.

Examen ultrasonográfico

El equipo de ultrasonografía utilizado fue un ALOKA 210, equipado con un explorador intrarectal de 7.5 Mhz y un generador de energía Honda Ex-350. Además se utilizó una videoimpresora SONY Up 85 que funciona con papel sensible al calor, para tomar impresiones termográficas en blanco y negro. Estas impresiones fueron utilizadas para realizar el inventario de los folículos y para determinar el diámetro de los folículos y los cuerpos lúteos. El aparato estaba calibrado de tal manera, que la imagen de la pantalla así como la de las impresiones ultrasonográficas medidas con un vernier, cada 1.45 cm equivalían a 1 cm según el calibrador de la pantalla correspondiente a lo mencionado por las instrucciones del equipo siendo la última la medida real.

Gráfica 1

Primera ovulación

Determinada por la desaparición súbita del folículo dominante del día previo, con la posterior detección de tejido lúteo en la imagen, e incrementos simultáneos en la concentración de progesterona de dos desviaciones estandar por arriba del promedio de la concentración basal.



Concentración basal = El promedio de 5 muestras prepuberales consecutivas

Análisis de progesterona

Las muestras de sangre se tomaron por punción de venas yugulares en tubos "vacutainer" sin anticoagulante, dejándose por espacio de una hora en un cuarto a temperatura ambiente y posteriormente fueron centrifugadas a 3000 rpm por 10 min, para la obtención del suero. Las muestras de suero se mantuvieron congeladas hasta el momento del ensayo para determinar la concentración de progesterona; para lo que se utilizaron enzimmunoensayo y radioinmunoanálisis (RIA). En las muestras de 12 becerras Suizo Pardo se realizó enzimmunoensayo (EIA; Amerlite Progesterone Assay), haciendo uso de una técnica competitiva basada en la luminiscencia intensificada (Whitehead et al., 1983). Los coeficientes de variación, para 76 ensayos donde se utilizaron como controles, muestras de baja ($.84 \pm .14$ ng/ml); de media ($10.4 \pm .94$ ng/ml) y de alta (23.1 ± 1.68 ng/ml) concentración, fueron de 10.8 % y 5.0 % entre y dentro ensayos, respectivamente. La sensibilidad de la curva estándar fue de 0.11 ng/ml. Las muestras de los animales restantes se analizaron por RIA (Jiménez y Col., 1985), el cual tuvo coeficientes de variación entre y dentro de ensayos para el control de calidad en todos los ensayos, fueron 15.05% y 8.93% respectivamente. La sensibilidad de la curva estándar del RIA fue de 12.5 pg por tubo (95% de confiabilidad).

Debido a que se utilizaron estos dos tipos de ensayos (EIA y RIA), inicialmente se corrieron ambos ensayos en una serie de muestras (diarias consecutivas) de suero, El coeficiente de correlación entre ambos ensayos fue de .96 ($P < 0.0001$).

Análisis estadístico

Para los criterios de respuesta asociados con el inicio de la pubertad: edad, peso y ganancia diaria de peso desde el destete al inicio de la pubertad se utilizaron las 36 becerras asignadas al experimento. Para el caso de

número de ondas foliculares en becerras prepúberes durante los 45 días previos a la primera ovulación, se utilizaron las 18 becerras Cebú y 5 becerras Suizo Pardo; la reducción en el número de becerras Suizo Pardo fue por dos razones, por un lado los muestreos de las primeras becerras que ovularon no fueron suficientes y por otro lado se dañaron las imágenes ultrasonográficas tomadas. Para concentración promedio de progesterona y la duración durante la elevación transitoria, se usaron muestras provenientes de 18 becerras Cebú y 14 Suizo Pardo, en este caso la falta de información de 4 becerras se debió a no haber detectado el momento de la primera ovulación con el muestreo establecido. Mientras que para el número de ondas foliculares, en becerras púberes, se emplearon 18 Cebú y 8 Suizo Pardo para el primer ciclo, y para el segundo ciclo, 13 Cebú y 6 Suizo Pardo. La diferencia en cuanto al número de observaciones para las distintas variables de respuesta se debió, al deterioro en imágenes ultrasonográficas y por que al fin del experimento no se contó con el equipo ultrasonográfico.

Para el análisis de las variables de respuesta mencionadas se utilizó un diseño completamente al azar, en arreglo factorial 2 x 2. Los factores fueron la raza de los animales (Suizo Pardo o Cebú) y manejo (corral o potrero).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + M_j + RM_{ij} + e_{(ij)k}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es la respuesta de la edad, peso, ganancia diaria de peso, número de ondas foliculares, concentración y duración promedio de progesterona durante la elevación transitoria de la k-ésima becerro de la i-ésima raza en el j-ésimo manejo

μ : Es la media poblacional

R_i : Es el efecto de la i-ésima raza

M_j : Es el efecto del j-ésimo manejo

RM_{ij} : Es el efecto de la interacción entre la i-ésima raza y el

j-ésimo manejo

e_{(ij)k} : Es el error aleatorio NID (0, σ^2).

Para la variable de respuesta diámetro máximo de folículos ovulatorios, se analizó en conjunto la información de las becerras prepúberes (ciclo 0) y la de las púberes (ciclos interovulatorios 1 y 2 normales). En la variable de respuesta diámetro máximo promedio de los folículos dominantes, se promediaron los diámetros máximos por ciclo, independientemente del número de ondas que hubiese 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. Para cada variable se utilizaron los registros de 17 becerras Cebú y ocho Suizo Pardo, contándose con un total de 47 observaciones para Cebú y 21 para Suizo Pardo. En el caso de la variable número de ondas foliculares en becerras pre y postpúberes, se tomó como base para las prepúberes, la duración promedio en días (20) 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 se hizo con un diseño completamente al azar en un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue la becerria anidada en su combinación de tratamiento respectiva y la subparcela el ciclo interovulatorio.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + M_j + RM_{ij} + B_{k(ij)} + C_l + RC_{il} + MC_{jl} + RMC_{ijl} + e_{(ijkl)}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Es la respuesta del diámetro mayor de folículos ovulatorios y dominantes y de la duración y número de ondas foliculares en becerras peripúberes en el l-ésimo ciclo interovulatorio dentro de la k-ésima becerra de la i-ésima raza en el j-ésimo manejo

μ : Es la media poblacional

R_i : Es el efecto de la i-ésima raza

M_j : Es el efecto del j-ésimo manejo

Rm_{ij} : Es el efecto de la interacción entre la i-ésima raza y el j-ésimo manejo

$B_{k(ij)}$: Es el error aleatorio sobre la becerra

C_l : Es el efecto del l-ésimo ciclo

RC_{il} : Es el efecto de la interacción entre la i-ésima raza y el l-ésimo ciclo

MC_{jl} : Es el efecto de la interacción entre el j-ésimo manejo y el l-ésimo ciclo

RMC_{ijl} : Es el efecto de la interacción entre la i-ésima raza, el j-ésimo manejo y el l-ésimo ciclo

$e_{(ijkl)}$: Es el error aleatorio sobre ciclo interovulatorio

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza adecuados para cada uno de los modelos, utilizando para ello el programa GLM del paquete SAS (1989).

Para obtener el índice de constancia para el número de ondas foliculares en ciclos estrales sucesivos, se utilizaron los componentes de la varianza

estimados entre becerras y dentro de becerras, aplicando la fórmula descrita por Steel y Torrie (1988):

$$IC = \sigma^2 E / (\sigma^2 E + \sigma^2 D)$$

donde:

IC = Índice de constancia

$$\sigma^2 E = (CME - CMD) / K$$

$$\sigma^2 D = CMD$$

CME = Cuadrado medio entre becerras

CMD = Cuadrado medio dentro de becerras

K = Número de ciclos

Para obtener los cuadrados medios entre y dentro de becerras, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_{j(i)}$$

Donde:

Y_{ij} = el número de ondas foliculares en el j-ésimo ciclo de la i-ésima becerra

μ = la media poblacional

B_i = el efecto de la i-ésima becerra

$E_{j(i)}$ = el error aleatorio NID (0, σ^2)

El error aleatorio es el efecto de la j-ésima onda folicular, por lo tanto, el cuadrado medio entre becerras se obtiene a partir de B_i y el cuadrado medio dentro de becerras, de $E_{(i)j}$.

Para analizar el efecto de ciclo estral y el efecto de raza sobre el número de ondas en los dos primeros ciclos estrales puberales regulares se utilizó la prueba de Ji^2 (Gill, 1978).

Crterios para definir onda folicular y cuerpos lúteos

FOLICULO DOMINANTE: Fue el de diámetro mayor con desarrollo de antro y que eventualmente tuvo regresión u ovulación.

FOLICULOS SUBORDINADOS: Fueron los antrales que aparecieron en forma simultánea con un dominante y cuyo diámetro se incrementó por lo menos un día después de su primera detección, pero que nunca superaron el diámetro del dominante. Los folículos subordinados fueron designados como primero o segundo de acuerdo al diámetro que alcanzaron.

FOLICULO OVULATORIO: Fue el más grande que se detectó un día antes de la ovulación y que desapareció.

OVULACION: Fue determinada por la desaparición repentina del folículo dominante y que fue seguida por un cuerpo lúteo de vida corta o normal, como se explica en la siguiente página.

ATRESIA O REGRESION: Fue determinada cuando un folículo disminuyó su diámetro en días sucesivos hasta desaparecer.

ONDA FOLICULAR: Esta fue definida cuando un folículo dominante se desarrolló, en presencia o no de folículos subordinados. El folículo debió tener regresión u ovular para que la onda existiera. Una onda folicular no ovulatoria, fue aquella en la que el folículo dominante tuvo regresión, o bien un proceso de luteinización. Cuando el folículo dominante ovuló, la onda fue ovulatoria.

FOLICULO IDENTIFICABLE: Fue el que se detectó por lo menos en dos días consecutivos. Los folículos que no se ajustaron a ello fueron denominados no identificables.

CUERPO LUTEO: Fue el identificado por el equipo de ultrasonografía, pero su duración funcional fue determinada por las concentraciones de P4S. Se consideró un CL normal, cuando las concentraciones de P4S excedieron a la basal más dos desviaciones estándar y dicho incremento se mantuvo por lo menos durante 10 días consecutivos. Los incrementos de progesterona debieron coincidir con el CL identificado en la imagen del ultrasonido. Se

definió el CL corto como aquel que indujo concentraciones de P4S elevadas (excedieron la basal más dos desviaciones estándar), este incremento fue menor a 10 días de duración. El aumento de progesterona debió coincidir con la identificación de un CL en la imagen del ultrasonido.

ELEVACION TRANSITORIA DE PROGESTERONA: Fue la misma que para un CL corto, pero no fue requisito que el incremento de progesterona coincidiera con tejido lúteo identificado por la imagen ultrasonográfica.

CONCENTRACION BASAL: Fue el promedio de las concentraciones de progesterona de cinco muestras prepuberales consecutivas de cada becerro.

INICIO DE LA PUBERTAD: Se le consideró al día de la primera ovulación que precedió a tres períodos interovulatorios consecutivos con formación de CL normales en cuanto a duración y función.

Resultados

Las ganancias diarias de peso no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre grupos, de acuerdo al análisis de varianza utilizado (Cuadros 1 y 2), siendo de 500 a 560 gramos el rango entre grupos. El análisis de varianza (Cuadros 1 y 3), indica que el sistema de manejo no alteró el peso ni la edad en que se inició la pubertad ($P > 0.05$), por el contrario, las becerras Suizo Pardo iniciaron la pubertad a menor edad y peso que las Cebú (Cuadros 1 y 4). Con respecto a edad al inicio de la pubertad, no hubo interacción significativa entre el sistema de manejo y la raza de las becerras (Gráfica 2), pero sí para peso ($P < 0.05$) al inicio de la pubertad (Gráfica 3), ya que mientras el sistema de manejo no alteró dicha variable en las becerras Suizo Pardo, las Cebú de corral iniciaron la pubertad a un peso mayor que las de potrero (potrero = 325 ± 11 vs corral = 356 ± 11 kg).

Los coeficientes de correlación (Cuadro 5) de la edad a la primera ovulación con la edad a la pubertad y del peso a la primera ovulación con el peso a la pubertad indican una alta asociación positiva ($r \geq .98$; $P < .001$). Así mismo, el grado de asociación entre edad a la primera ovulación y pubertad con los pesos a primera ovulación y pubertad resultó elevado ($r \geq .76$; $P < .0001$).

De las becerras que iniciaron el experimento, cuatro de la raza Suizo Pardo se eliminaron (Gráficas 39 a 42, anexo), por no haberse muestreado el día de la ovulación. De las restantes, el ciento por ciento de las becerras Cebú y Suizo Pardo presentó al menos una elevación transitoria de progesterona antes del inicio de la pubertad (Gráficas 7 a 38, anexo). Esta elevación de progesterona coincidió en todos los casos con la detección ultrasonográfica de un cuerpo lúteo de vida corta que se formó a partir de la primera ovulación. Sin excepción la primera ovulación fue "silenciosa", es decir que no fue acompañada de signos de estro. Solamente dos becerras Cebú (6 %) y una Suizo Pardo (3 %) mantenidas en corral tuvieron más de una elevación transitoria de progesterona; una de las Cebú (Gráfica 7,

Cuadro 1

Cuadrados medios para edad, peso y ganancia diaria de peso (GDP) a la pubertad en becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo

EFECTO	gl	EDAD	PESO	GDP
Raza	1	293944**	45212**	7980 ^{NS}
Manejo	1	2970 ^{NS}	100 ^{NS}	1344 ^{NS}
RZ * MN	1	6480 ^{NS}	6900**	8342 ^{NS}
Error	32	6023	1115	5672
R ² (%)		61	59	9

** Efecto Significativo (P<0.01)

^{NS} No se detectó efecto (P>0.05)

Cuadro 2

Medias de cuadrados mínimos para ganancia diaria de peso (g) a la primera ovulación de becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo

R A Z A	Manejo	
	Corral	Potrero
Suizo	543±90	561±80
Cebú	544±50	501±76

No se detectaron diferencias entre medias ($P>0.05$)

Cuadro 3

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para edad (días) y peso (kg) a la pubertad, por sistema de manejo de becerras Suizo Pardo y Cebú

MANEJO	EDAD	PESO
Corral	503±18	306± 8
Potrero	521±18	302± 8

No se detectaron diferencias entre medias ($P>0.05$)

Cuadro 4

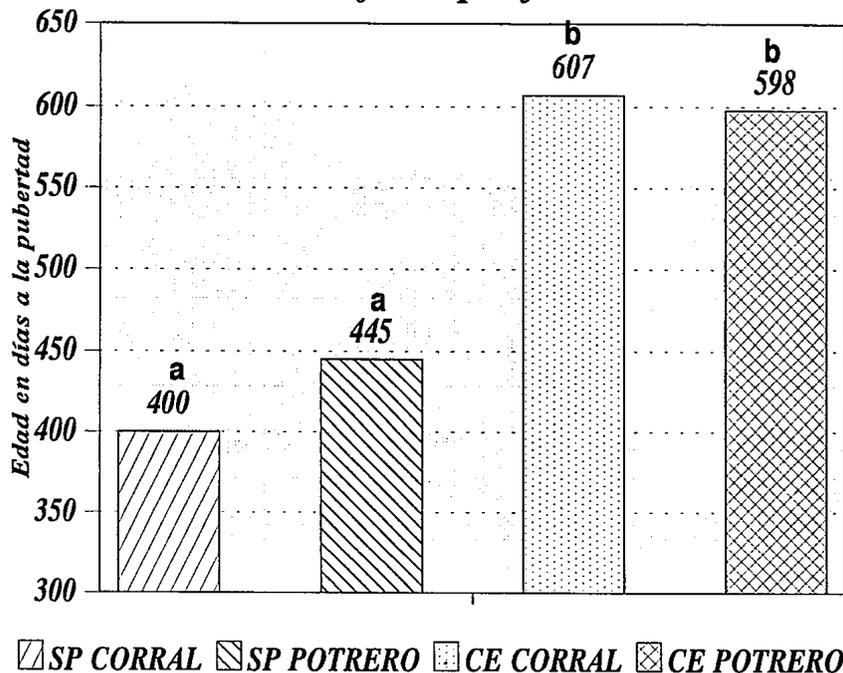
Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para edad (días) y peso (kg) a la pubertad por raza de becerras sin importar el sistema de manejo en que se mantuvieron

RAZA	EDAD	PESO
Suizo	422±18 ^a	269±8 ^a
Cebú	603±18 ^b	340±8 ^b

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

Gráfica 2

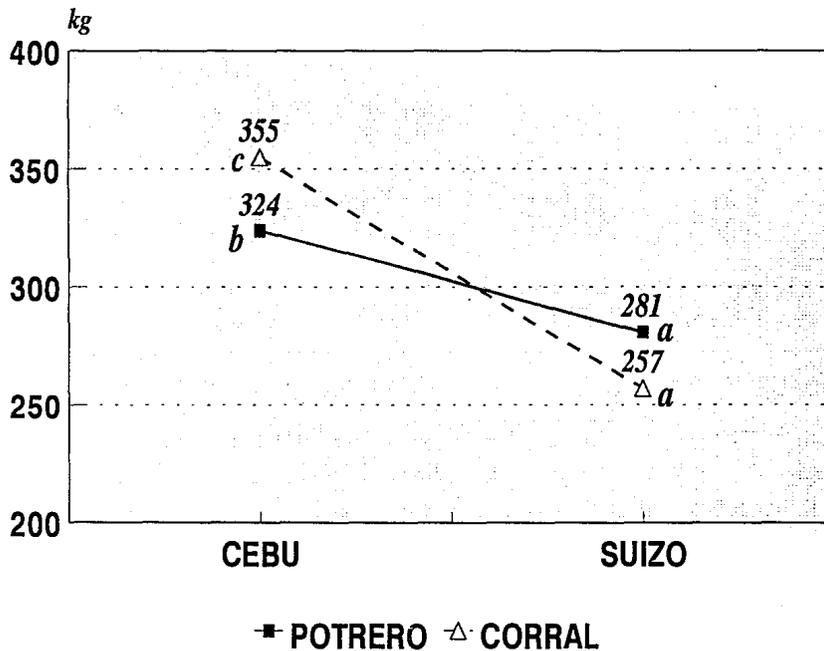
Edad a la pubertad (días): Ausencia de efecto de la interacción entre raza de las becerras y el sistema de manejo al que fueron sometidas



a, b Distintas literales indican diferencia entre medias ($P < 0.01$)

Gráfica 3

Peso al inicio de la pubertad (kg): interacción entre la raza de las becerras y el sistema de manejo



a,b,c Medias con distinta literal son diferentes (P<0.05)

Cuadro 5

Coeficientes de correlación de la edad (EPO) y peso (PPO) a la primera ovulación con la edad (EPU) y peso (PPU) a la pubertad* en becerras Suizo Pardo y Cebú independientemente si se mantuvieron en potrero o en corral

	EPO	PPO	EPU	PPU	.
EPO	1.00	0.79	0.99	0.81	
PPO	0.79	1.00	0.76	0.98	
EPU	0.99	0.76	1.00	0.80	
PPU	0.81	0.98	0.80	1.00	

* Definida como el momento en que las becerras presentaron la 1^a ovulación que fue precedida por conducta estral y seguida por un cuerpo lúteo normal y 2 ciclos estrales regulares
 Nivel de significancia (P<0.001)

anexo), tuvo elevación transitoria, antes de una elevación de progesterona que indicó un cuerpo lúteo de duración normal y posteriormente presentó otra elevación transitoria seguida por los tres ciclos normales requeridos para considerarla como púber. La otra becerra Cebú con comportamiento atípico (Gráfica 18, anexo), presentó una elevación transitoria antes de una de duración normal, la cual fue seguida por dos elevaciones transitorias consecutivas y luego por tres ciclos lúteos de duración normal. Finalmente la becerra Suizo Pardo antes citada, tuvo dos elevaciones transitorias consecutivas que precedieron a tres elevaciones de progesterona que indicaron cuerpos lúteos de duración normal (Gráfica 38, anexo). En todas las elevaciones transitorias existió evidencia ultrasonográfica de la presencia de tejido lúteo.

El análisis de varianza indicó que ni la raza ni la interacción entre razas y sistemas de manejo influyeron ($P > 0.05$) en la duración de la elevación transitoria de progesterona (Cuadro 6). No obstante, el manejo independientemente de la raza de las becerras, si afectó esta variable ($P < 0.05$). Las becerras de potrero presentaron incrementos transitorios de progesterona de aproximadamente un día más de duración que las de corral (Cuadros 6 y 7). Por su parte, la concentración de progesterona durante la elevación transitoria no fue influenciada por ningún factor (Cuadros 6 y 7).

El análisis de varianza (Cuadro 8) y las medias de cuadrados mínimos (Cuadro 9), indican que no existen efectos de raza, manejo, ni su interacción sobre el número de ondas de desarrollo folicular durante los 45 días que precedieron a la primera ovulación de las becerras en estudio. La información indica que tanto en las becerras Cebú como en las Suizo Pardo mantenidas en el trópico, el promedio general fue de $5.5 \pm .84$ ondas, con un rango de 3 a 7. Cabe aclarar que la mayoría de las becerras tuvo entre 5 y 6 ondas durante este periodo y que únicamente 3 becerras no cayeron en este rango; de estas una tuvo 3, otra 4 y la última 7 ondas.

El análisis de varianza (Cuadro 10) indicó que el diámetro máximo de los folículos dominantes en becerras pre y pospúberes es afectado por la raza, el

Cuadro 6

Cuadrados medios para duración y concentración promedio de progesterona sérica ([P4]) durante su elevación transitoria en becerras Cebú y Suizo Pardo prepúberes, sometidas a dos sistemas de manejo, corral o potrero

EFECTO	gl	Elevación transitoria	
		DURACION	[P4]
Raza	1	0.9481 ^{NS}	0.4834 ^{NS}
Manejo	1	4.2815*	0.0328 ^{NS}
RZ * MN	1	0.0593 ^{NS}	0.0385 ^{NS}
Error	32	0.9079	0.1915
R ² (%)		19	10

* Efecto Significativo (P<0.05)

NS No se detectó efecto (P>0.05)

Cuadro 7

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para duración (DP4) y concentración de progesterona sérica ([P4]) durante su elevación transitoria en becerras prepúberes, por raza y sistema de manejo

	DP4	[P4]
R A Z A	<u>días</u>	<u>ng/ml</u>
Suizo	3.02 ± .27	0.71 ± .12
Cebú	2.67 ± .22	0.96 ± .10
MANEJO		
Corral	2.47 ± .27 ^a	0.80 ± .12
Potrero	3.22 ± .22 ^b	0.87 ± .10

^{a,b} Distintas literales dentro de una columna indican diferencia entre medias (P<0.05)

Cuadro 8

Cuadrados medios para número de ondas de desarrollo folicular en el periodo prepúber de becerras Suizo Pardo y Cebú mantenidas en dos sistemas de manejo

EFECTO	gl	NUMERO DE ONDAS EN PERIODO PREPUBER
Raza	1	0.1871 ^{NS}
Manejo	1	1.6842 ^{NS}
RZ * MN	1	0.0000 ^{NS}
Error	32	0.6901
R ² (%)		17

^{NS} No se detectó efecto (P>0.05)

Cuadro 9

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para número de ondas de desarrollo folicular (#ODF) durante los 45 días previos a la primera ovulación en becerras prepúberes, por raza y sistema de manejo

R A Z A	#ODF	MANEJO	#ODF
Suizo	5.67±.38	Corral	5.89±.38
Cebú	5.44±.20	Potrero	5.22±.28

No se detectaron diferencias entre medias ($P>0.05$)

Cuadro 10

Cuadrados medios para diámetro mayor promedio de folículos dominantes (DPFD), ovulatorios (DFO) y duración promedio en días de ondas de desarrollo folicular (DODF), en becerras Suizo Pardo y Cebú pre y postpúberes

EFECTO	gl	DPFD	DFO	DODF
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 ^{NS}
Becerra(RZxMN)	21	1.39**	0.01 ^{NS}	1.63**
Ciclo(CIC)	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

*Efecto significativo (P<0.05)

**Efecto significativo (P<0.01)

^{NS} No se detectó efecto

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 solo fueron afectadas ($P < 0.01$) por la raza de las becerras. El ciclo no alteró ninguna de las variables contenidas en el Cuadro 10, ni interactuó significativamente con los otros factores en estudio (Cuadro 11). En la raza Suizo Pardo y en las becerras mantenidas en potrero (Cebú y Suizo Pardo), el diámetro máximo de los folículos dominantes (Cuadro 12) fue mayor ($P < 0.01$), que en las becerras Cebú y en las que fueron mantenidas en corral. Se encontró una interacción significativa ($P < 0.01$) entre el sistema de manejo y la raza (Gráfica 4); observándose que mientras el sistema de manejo no afectó esta variable en las becerras Cebú, las becerras Suizo Pardo de potrero tuvieron mayor diámetro de folículos dominantes que las de corral. El diámetro de folículos ovulatorios fue mayor (Cuadro 13) en las becerras Suizo Pardo que en las Cebú. De manera similar en las becerras peripúberes Suizo Pardo, la duración de las ondas de desarrollo folicular fue de aproximadamente un día más que en las becerras Cebú (Cuadro 14). Ninguna de las fuentes de variación tuvo efecto significativo ($P > 0.05$), sobre el número de ondas foliculares en becerras pre y postpúberes (datos no presentados), habiéndose tomado como se mencionó en materiales y métodos, del día -40 al -21 y del -20 al -1 previos a la primera ovulación, como ciclos en becerras prepúberes. El promedio general fue de $2.55 \pm .54$ ondas con un rango de 1 a 4 ondas. Cabe mencionar que en este caso la moda fue de 3 ondas por ciclo y de 91 ciclos únicamente dos fueron de una onda, 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, se calcularon: a) para todos los animales púberes en conjunto, b) por separado para las becerras que contaron con 3 ciclos estrales y c) para las que contaron con 2 ciclos. Posteriormente se realizaron los mismos cálculos pero dentro de raza (Cuadro 18). En todos los casos se obtuvieron valores bajos, ya que el mayor índice de constancia que se obtuvo fue de 0.20 ± 0.05 y correspondió a las

Cuadro 11

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo promedio (cm) de folículos y duración en días de ondas de desarrollo folicular, por ciclo

CICLO*	DIAMETRO DE FOLICULOS		DURACION DE ONDAS
	DOMINANTES	OVULATORIOS	
0	1.18±.02	1.23±.03	7.53±.25
1	1.11±.02	1.24±.03	7.68±.31
2	1.17±.03	1.25±.03	8.13±.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.

No se detectaron diferencias entre medias ($P > 0.05$)

Cuadro 12

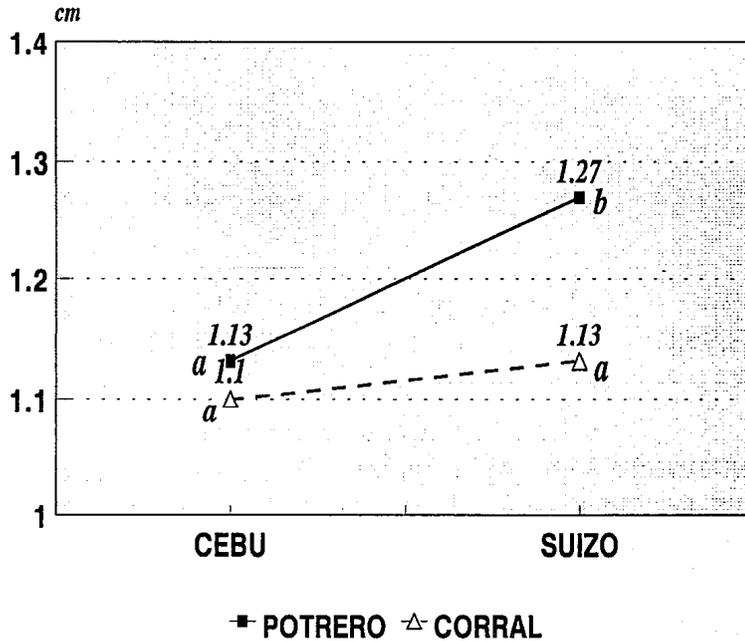
Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo promedio de folículos dominantes por raza y sistema de manejo

R A Z A	DIAMETRO (cm)	MANEJO	DIAMETRO (cm)
Suizo	$1.20 \pm .02^a$	Corral	$1.11 \pm .02^b$
Cebú	$1.11 \pm .01^b$	Potrero	$1.20 \pm .02^a$

a,b Distintas literales dentro de columnas indican diferencia entre medias ($P > 0.01$)

Gráfica 4

Diámetro máximo de folículos dominantes en becerras Suizo Pardo y Cebú, interacción entre raza y sistema de manejo (potrero y corral)



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

Cuadro 13

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para el diámetro máximo de folículos ovulatorios (cm), en becerras peripúberes

Raza	M a n e j o		Total
	Corral	Potrero	
Suizo	1.29±.04 ^a	1.35±.04 ^a	1.32±.03 ^a
Cebú	1.17±.03 ^b	1.15±.03 ^b	1.16±.02 ^b
Total	1.23±.02 ^{ab}	1.25±.02 ^{ab}	

^{a,b} Distintas literales entre renglones y columnas indican diferencia entre medias (P<0.05)

Cuadro 14

Medias de cuadrados mínimos y errores estandar para la duración en días de ondas de desarrollo folicular en becerras peripúberes

Raza	M a n e j o		Total
	Corral	Potrero	
Suizo	7.71±.24	8.77±.47	8.24±.26 ^a
Cebú	7.25±.19	7.39±.28	7.32±.17 ^b
Total	7.48±.15	8.08±.27	

^{a,b} Distintas literales dentro de columnas indican diferencia entre medias ($P < 0.05$)

becerras Cebú con dos ciclos estrales. Los análisis de varianza usados para obtener el índice de constancia se presentan en los Cuadros 15, 16 y 17.

En términos generales, la mayoría de los ciclos de las becerras púberes (64 %) presentaron 3 ondas de desarrollo folicular; 32 % de los ciclos presentaron 2 y solamente 4 % tuvieron 4 de estas ondas. Al aplicar la prueba de Ji^2 , no se detectó ($P>0.05$) efecto de raza, pero sí existió efecto de ciclo ($P<0.05$) ya que en el primer ciclo regular de las becerras el 79.3 % presentó 3 ondas y el resto (20.7 %) 2 ondas; mientras que en el segundo ciclo un 10 % presentó 4 ondas, un 45 % 3 ondas y el 45 % restante 2 ondas.

Cuadro 15

Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en todas las becerras (Suizo Pardo y Cebú)

Ondas Foliculares	N U M E R O D E C I C L O S					
	gl	2 y 3	gl	2	gl	3
Entre						
becerras	18	0.3414	18	0.3509	9	0.2815
Dentro de						
becerras	29	0.2816	19	0.2895	20	0.2333
Total						
corregido	47		37		29	
R ²		0.43		0.53		0.35
No. de						
becerras		19*		19*		10**

*Se utilizaron 13 becerras Cebú y 6 Suizo Pardo

**Se utilizaron 6 becerras Cebú y 4 Suizo Pardo

Cuadro 16

Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en las becerras Cebú

Ondas Foliculares	N U M E R O D E C I C L O S					
	gl	2 y 3	gl	2	gl	3
Entre						
becerras	12	0.4627	12	0.4615	5	0.3667
Dentro de						
becerras	19	0.2982	13	0.3077	12	0.2222
Total						
corregido	31		25		17	
R^2		0.49		0.58		0.41
No. de						
becerras		13*		13		6

*Se utilizaron 7 becerras con 2 ciclos y 6 con 3 ciclos

Cuadro 17

Análisis de varianza para obtener el índice de constancia para ondas foliculares en las becerras Suizo Pardo

Ondas Foliculares	N U M E R O D E C I C L O S					
	gl	2 y 3	gl	2	gl	3
Entre						
becerras	5	0.1000	5	0.1500	3	0.0833
Dentro de						
becerras	10	0.2500	6	0.2500	8	0.2500
Total						
corregido	15		11		11	
R ²		0.17		0.33		0.11
No. de						
becerras		6*		6		4

*Se utilizaron 2 becerras con 2 ciclos y 4 con 3 ciclos

Cuadro 18

Indices de Constancia para número de ondas foliculares en
becerras Suizo Pardo y Cebú con 2 ó 3 ciclos estrales normales

Número de ciclos	B e c e r r a s		
	SP y CE	CEBU	SUIZO PARDO
2 y 3	$.08 \pm .17(19)^*$	$.18 \pm .22(13)$	$.00(6)$
3	$.06 \pm .20(10)$	$.18 \pm .29(6)$	$.00(4)$
2	$.17 \pm .03(19)$	$.20 \pm .05(13)$	$.00(6)$

*Entre paréntesis el número de observaciones

Discusión

Las ganancias diarias de peso no difirieron entre los grupos (Suizo Pardo en corral, Cebú en corral, Suizo Pardo en potrero y Cebú en potrero), por lo que fue posible estudiar los efectos de raza y manejo sobre las demás variables de respuesta, sin los efectos confundidos relacionados con variación en incrementos de peso corporal. A pesar de ello, se incluyó el cambio de peso a través del tiempo como covariable (Datos no presentados) y no resultó ser significativo, además al realizar la regresión de la ganancia diaria de peso sobre el tiempo el coeficiente de regresión fue cero, lo que quiere decir que las ganancias diarias de peso fueron similares durante el experimento.

Aunque en este trabajo, no se tuvo como objetivo comparar la edad y peso a la pubertad entre las especies *Bos taurus* y *Bos indicus*, la información aquí obtenida confirma lo que se observó en otros estudios (Ferrel, 1982; Laster et al., 1972; Wiltbank et al., 1969; Plasse et al., 1968), donde se encontró que el genotipo influye sobre la edad y peso a la pubertad. En el presente estudio las becerras Cebú requirieron 181 días y 71 kg más que las becerras Suizo Pardo para iniciar la pubertad, lo que concuerda con lo encontrado por Reynolds et al. (1963) y con lo observado en Texas (mencionado por González-Padilla, 1978), en donde las becerras Brahman requirieron mayor edad y peso para iniciar la pubertad que animales de razas europeas especializadas tanto para producción de carne (Angus y Hereford) como de leche (Holstein y Jersey).

Alternativamente para el efecto de raza encontrado, es factible que las becerras Cebú sean más susceptibles a los efectos ambientales que determinan las épocas del año (estacionalidad), comparadas con las becerras Suizo Pardo en términos de inicio de la pubertad, ya que mientras en las becerras Suizo Pardo, las primeras ovulaciones (Gráfica 5) se produjeron a través de todo el año, en las Cebú se redujeron a un periodo que comprendió los meses de febrero a mayo (la primera becerro que ovuló, lo hizo el 26 de

enero). Este hallazgo, es apoyado por lo observado en otros estudios (Plasse et al., 1968; Stahringer e al., 1990; Villagómez, 1990), donde se encontró una variación estacional en la actividad reproductiva del ganado Cebú, indicando que el número de vacas en anestro o vaquillas con ovulaciones silenciosas es elevado de noviembre a enero, disminuye en febrero y es mínimo o nulo en marzo. Lo anterior permitió a Villagómez (1990), sugerir que en el ganado Cebú, los días con fotoperiodos cortos y las bajas temperaturas, producen un efecto inhibitorio sobre la actividad sexual, a pesar de que se homogeneizó el consumo de alimento de los animales a lo largo del año (Villagómez, 1990). Otros autores produjeron evidencias que permiten sugerir, que el aumento del fotoperiodo (transición de invierno a primavera) es la señal que indica a las vacas Cebú el momento más adecuado para iniciar la actividad estral posparto, ya que hay una relación directa entre la tasa de concepción y el aumento de horas luz, aún cuando esto ocurre durante épocas de escasez de forrajes (Lozano et al., 1987). De acuerdo con lo anterior, las becerras Cebú pueden requerir señales ambientales que desencadenan los procesos neuroendocrinos que inician la pubertad, los cuales no son necesarios en becerras Suizo Pardo.

Aún definiendo la pubertad como un proceso funcional, como se hizo en el presente trabajo, es evidente que la primera ovulación es un evento que predice con gran exactitud el inicio de la pubertad, dado que el coeficiente de correlación de la edad y peso a la primera ovulación con la edad y peso a la pubertad fue ≥ 0.98 . Por lo tanto, nuestra información le da validez a todos aquellos estudios en los que se usó la primera ovulación, como indicador del inicio de la pubertad y apoya el uso de esta variable de respuesta en estudios posteriores relacionados con el tema.

No es fácil de explicar, el que haya habido una interacción significativa entre sistema de manejo y raza para el peso a la pubertad, resultando que las becerras Cebú en corral iniciaron la pubertad a un mayor peso que las Cebú de potrero. Al no ser esto un objetivo primordial de la presente tesis no será discutido y de cualquier manera, todas las explicaciones que se

podrían ofrecer serían especulaciones que requerirían de un mayor apoyo científico del disponible en la actualidad.

Ondas de desarrollo folicular en becerras prepúberes

Se identificaron ondas de desarrollo folicular en becerras Suizo Pardo prepúberes, lo cual confirma la información preliminar generada en becerras Holstein en clima templado (Peebles et al., 1991). Por lo tanto estos trabajos que son los dos primeros en su género, indican que las becerras *Bos taurus*, presentan ondas de desarrollo folicular antes de alcanzar la pubertad, ocurriendo esto, en animales mantenidos tanto en clima templado como en tropical. El presente trabajo, documenta por primera vez que al igual que en becerras *Bos taurus*, las *Bos indicus* prepúberes presentan desarrollo folicular en forma de ondas. No obstante, es necesario realizar estudios en fases más tempranas que los 45 días previos a la primera ovulación, ya que de acuerdo a lo mencionado por Spicer y Echterkamp (1986), se desconoce cuando empiezan a aparecer las ondas de desarrollo folicular en becerras.

El número de ondas de desarrollo folicular en becerras prepúberes, que fue de 5.5 en 45 días, coincide con lo mencionado por Peebles et al. (1991), quienes en un periodo de 28 días (62 % de 45 días) encontraron que ocurrían 3.3 ondas (60 % de 5.5 ondas). Los resultados indican que el número de ondas de desarrollo folicular previas a la pubertad, no difiere entre becerras *Bos taurus* y *Bos indicus*. Además, el sistema de manejo, potrero o corral, tampoco afecta el número de ondas. Cuando se tomó como base la duración promedio de los periodos interovulatorios normales, para definirlo como un ciclo en becerras prepúberes, el número de ondas no se vió afectado por ninguno de los factores analizados; por lo que el número de ondas que preceden a la pubertad no difieren de aquéllas que se presentan en becerras que empiezan a ciclar regularmente, independientemente de su raza.

Al obtener los índices de constancia, para número de ondas de desarrollo folicular en los primeros ciclos regulares de las becerras, observamos que no

es posible predecir el número de ondas en ciclos sucesivos, en becerras que empiezan a ciclar regularmente.

La información generada en la presente tesis prueba que ni la duración ni el número de las ondas de desarrollo folicular en las becerras prepúberes difiere de las púberes, a pesar de la variación que existe entre y dentro de animales en cuanto a la duración de dichas ondas. Los resultados de este trabajo, indican 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 en ambos casos fue de 4 a 15 días, con una moda de 7 días. En general, los resultados obtenidos aquí difieren de los encontrados por Savio et al. (1990) en vacas durante los primeros 45 días de preñez (10 a 12 días), no obstante son similares a los publicados por Sirois y Fortune (1988) en vacas que se encontraban ciclando regularmente, las cuales presentan 3 ondas por ciclo, con duración promedio de 7 días. Por lo tanto, parece ser que tanto en becerras prepúberes como en vaquillas y vacas que se encuentran ciclando, independientemente de la raza, las ondas de desarrollo folicular duran en promedio entre 7 y 8 días, mientras que en vacas gestantes su duración se prolonga de 3 a 4 días.

El diámetro de folículos dominantes y ovulatorios, no difirió ($P > 0.10$) entre becerras 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. Nuestros resultados contrastan con los obtenidos por Peebles et al. (1991) quienes registraron que en folículos dominantes, los diámetros fueron menores para las becerras Holstein prepúberes (14.5 mm) que en las postpúberes (18.3 mm). Es notorio que el diámetro folicular fue mayor en hembras prepúberes y ciclando del estudio citado que lo registrado en el presente estudio, aunque los folículos ovulatorios tienen rangos de 10 a 20 mm de diámetro (Staigmiller y England, 1982). Probablemente, esta diferencia sea debida a que Peebles et al. (1991) trabajaron con razas y condiciones diferentes a las de esta tesis. En

términos generales los autores que han publicado diámetros mayores a los aquí observados (Pierson y Ginther, 1986, 1987b; Savio et al., 1988; Ginther et al., 1989a, 1989b), han realizado los estudios ultrasonográficos, con exploradores de 5 MHZ lo que contrasta con el presente trabajo, donde se utilizó uno de 7.5 MHZ. Sirois y Fortune (1988), usaron equipo de 7.5 MHZ e informaron diámetros foliculares de tamaño muy similar al encontrado por nosotros, a pesar de que las razas y condiciones en que se llevó a cabo el trabajo, eran parecidas a los informes generados con equipo de 5 MHZ. Consecuentemente es factible que la diferencia entre estudios en cuanto a diámetros foliculares se refieren, sean debidas al uso de distintos equipos y procedimientos para medir dichas estructuras. Las becerras Cebú presentaron folículos dominantes y ovulatorios con diámetro menor que las Suizo Pardo.

Puesto que en la literatura disponible no se encontraron trabajos en los que se contrasten los diámetros foliculares entre razas; con base en lo observado en el presente experimento, postulamos que la raza es un factor que determina en forma importante el diámetro de los folículos ováricos.

No se observaron diferencias en el número de ondas de desarrollo folicular por ciclo entre razas. Sin embargo, tanto el diámetro de los folículos dominantes y el de los folículos ovulatorios, como la duración de las ondas de desarrollo folicular, fueron mayores en las becerras *Bos taurus* que en las *Bos indicus*, diferencias que no se asociaron ($P > .05$) con la duración del ciclo interovulatorio, la cual fue similar entre las becerras Suizo Pardo ($20.8 \pm .37$ días) y las Cebú ($19.9 \pm .34$ 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 becerras 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).

Quizá estas diferencias (diámetros de folículos y duración de ondas de desarrollo folicular), repercutan en el comportamiento estral y/o la

superovulación, ya que a pesar de que no existen evidencias concluyentes, algunos autores asumen que las hembras *Bos indicus* manifiestan el estro en forma más tenue o por tiempos más cortos que las *Bos taurus* (Rhodes y Randel, 1978; Aguilar y Galina, 1982). En la misma situación se encuentra la respuesta a tratamientos superovulatorios, ya que algunos investigadores han demostrado que las hembras Cebú producen un menor número de óvulos ante tratamientos de este tipo que las hembras de razas europeas (Córdova y Fraga, 1987). Nosotros estamos aportando a esas variaciones conocidas, el que existe una diferencia en diámetro folicular y en la duración de las ondas de desarrollo folicular. Alternativamente las diferencias antes comentadas, pueden ser intrascendentes desde el punto de vista fisiológico o productivo. Esto es posible, ya que existen ejemplos similares como es la diferencia en tamaños de cuerpos lúteos *in vivo* entre hembras *Bos taurus* y *Bos indicus*, lo cual no afecta las concentraciones séricas de progesterona (Rhodes et al., 1982). 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. Por añadidura, en un estudio efectuado colateralmente al presente, se determinó que los perfiles de la elevación de progesterona sérica determinadas en las mismas muestras usadas para cumplir con los objetivos propuestos aquí, no difirieron entre becerras Cebú y Suizo Pardo ciclando (Fajersson et al., 1992). Será necesario efectuar estudios en el futuro para determinar si las diferencias entre becerras Cebú y de razas europeas registradas aquí y en otros trabajos, tienen repercusiones de carácter fisiológico y/o productivo.

El diámetro de los folículos dominantes, fue afectado por el sistema de manejo y se encontró una interacción entre raza y sistema de manejo; no obstante, las diferencias son modestas (< 1.5 mm) y no se encontraron en la literatura hallazgos que las expliquen. En el presente estudio, las becerras manejadas en potrero, tuvieron folículos dominantes de mayor diámetro que las de corral, y la interacción probablemente se debió a que las becerras

Suizo Pardo de potrero presentaron los mayores diámetros de folículos dominantes, no encontrándose diferencia con los otros tres grupos.

Hay controversias, con relación a la existencia de las elevaciones transitorias de progesterona sérica que precede a la pubertad. Mientras unos autores fallaron en encontrar dichas elevaciones (Kiser et al., 1981), otros las detectaron en forma consistente (González-Padilla et al., 1975a; Berardinelli et al., 1979). El presente estudio reafirma lo encontrado por González-Padilla et al. (1975a) y Berardinelli et al. (1979), respecto a que sí ocurren elevaciones transitorias de progesterona antes de la pubertad. Puesto que la frecuencia de toma de muestras para determinar concentraciones de progesterona sérica, fue mayor en los trabajos donde se documenta la presentación de las citadas elevaciones transitorias, incluido el presente (cada 24 ó 48 horas) que en las que no se detectó (cada 72 horas) y además en esta ocasión se contó con la imagen del ultrasonido, parece ser concluyente que todas las becerras, independientemente de la raza, presentan por lo menos una elevación transitoria de progesterona antes de la pubertad.

Otra controversia se refiere al número de elevaciones transitorias de progesterona previas a la pubertad, ya que mientras algunos autores encontraron una (Schams et al., 1981; Schillo et al., 1983; Skaggs et al., 1986; Dyer et al., 1990; Murphy et al., 1991), otros encontraron la emergencia de dos (González-Padilla et al., 1975a; Berardinelli et al., 1979). Nuestros resultados indican que de un total de 32 becerras con información completa, únicamente tres presentaron más de una elevación transitoria de progesterona y la inmensa mayoría de ellas (29) presentaron una sola de estas elevaciones. Consecuentemente la información generada en esta tesis, permite concluir que es mas común que ocurra una sola elevación transitoria de progesterona antes de la pubertad en becerras, independientemente de su raza.

También existen dudas sobre el origen de la progesterona durante una de las elevaciones transitorias. Algunos autores sugirieron que su origen podría

ser la glándula adrenal (González-Padilla et al., 1975a) o bien que podría provenir de los ovarios (González-Padilla et al., 1975a; Berardinelli et al., 1979). De nuevo se produjeron pruebas, que indican claramente que la progesterona de las elevaciones transitorias proviene del ovario. Aún más, nuestros resultados permiten afirmar que esta progesterona proviene de cuerpos lúteos de corta duración (Promedio 3 días; Rango 2 a 4 días), que se formaron a partir de folículos que ovularon en todos los casos. ya que ocurrió la desaparición del folículo dominante y 2 a 3 días después se detectó en el mismo lugar la estructura lútea. La hipótesis de que la fuente de estas elevaciones transitorias de progesterona pudiera ser un folículo luteinizado (Berardinelli et al., 1979) no es probable, ya que en este trabajo se generaron evidencias sólidas (Gráfica, 6) que indican que este no es el caso; ya que cuando se luteiniza un folículo, se detecta en la imagen ultrasonográfica un desarrollo progresivo del tejido lúteo de la periferia al centro de la estructura folicular, la cual no desaparece de la imagen.

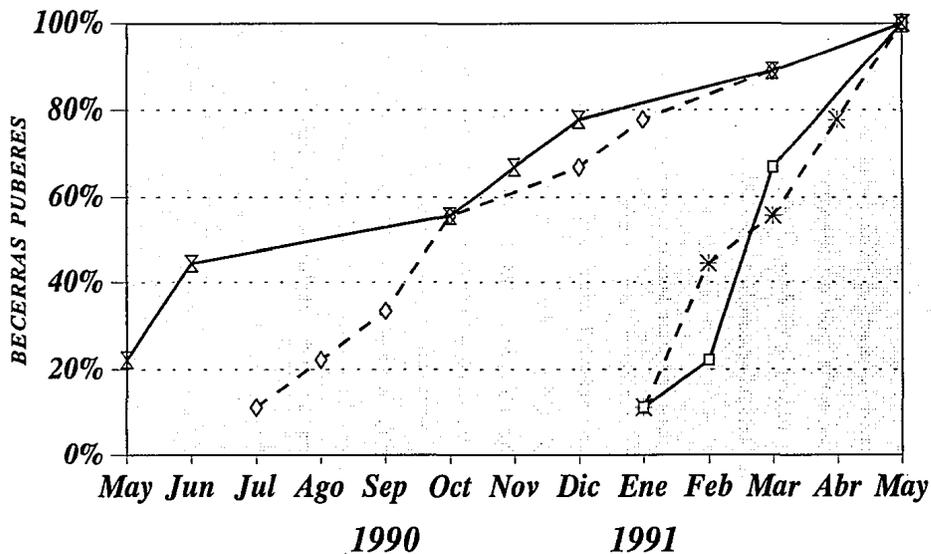
En la literatura se ha conjeturado sobre la importancia de la presentación o no de esta elevación transitoria de progesterona sobre el inicio de la pubertad y los eventos que la siguen (González Padilla et al., 1975a; Kiser et al., 1981; Rutter y Randel, 1986; Day et al., 1987;). No obstante, en esta tesis se evidenció que este incremento es un evento obligado para que ocurra la pubertad. Lo que no queda claro es que hace la elevación transitoria de progesterona, probablemente sincroniza al eje hipotálamo-hipófisis-ovario por un mecanismo aún no esclarecido. Es posible especular que este efecto puede ser ejercido sobre la capacidad de respuesta de los folículos reclutables a los estímulos gonadotrópicos; o bien aumentando la respuesta del hipotálamo a los efectos positivos del estradiol, lo que resultaría en un incremento de la secreción de hormonas liberadores de gonadotropinas (GnRH), que a su vez elevarían la secreción de hormona luteinizante (LH). Alternativamente, los incrementos transitorios de progesterona podrían promover la síntesis de algunas isoformas de LH que pudieran inducir el desarrollo de folículos competentes de los que se

derivarían cuerpos lúteos normales. Otra interrogante es: ¿cual factor genera la elevación transitoria de progesterona? Es posible que debido a las bajas concentraciones de progesterona durante el periodo prepúber de las becerras, el primer folículo que responde a los cambios endocrinos que desencadenan la pubertad, es capaz de ovular pero no de llevar a cabo los cambios que implican la metamorfosis del folículo a cuerpo lúteo capaz de funcionar adecuadamente por un tiempo normal. O bien que la calidad de los estímulos endocrinos que desencadenan la pubertad no sea la adecuada para inducir la transformación de las células foliculares en células funcionales lúteas.

En cuanto a los efectos que tiene la elevación transitoria de progesterona sobre la pubertad funcional, no pudieron ser examinados, puesto que en todos los casos se presentaron dichas elevaciones. Sin embargo, estas observaciones permiten sugerir que las elevaciones transitorias de progesterona son un elemento intrínseco del proceso de pubertad funcional y proponemos que en este proceso se presentan una serie de fenómenos que ocurren en forma secuencial: la primera ovulación que da origen en la mayoría de las veces, a un cuerpo lúteo de corta duración, el cual libera la progesterona detectada durante la elevación transitoria. Posteriormente se suceden por lo menos tres ciclos interovulatorios normales en cuanto a función y duración.

Gráfica 5

PORCENTAJE DE BECERRAS QUE INICIARON LA PUBERTAD

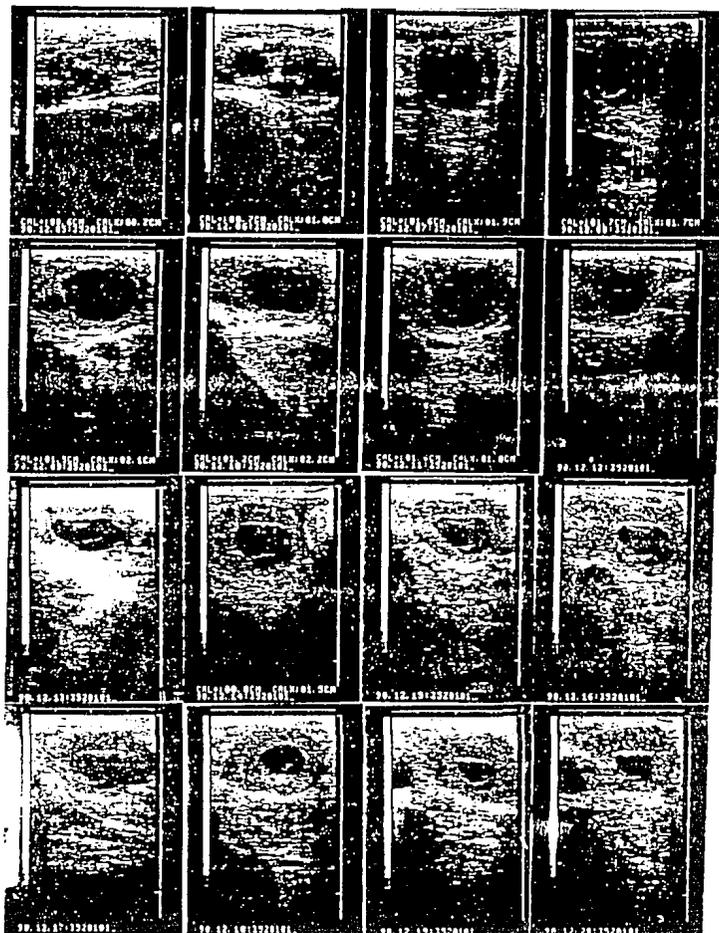


✕ Suizo Pardo corral □ Cebú corral ◇ Suizo Pardo potrero * Cebú potrero

Gráfica 6

Proceso de luteinización folicular

Secuencia diaria de imágenes ultrasonográficas donde se observa desarrollo y luteinización de un folículo dominante en una becerra Suizo Pardo



Conclusiones

1) En la presente tesis se determinó que el coeficiente de correlación entre la primera ovulación en la vida de una becerra y la pubertad es elevado. Por lo tanto se concluye que la primera ovulación es un indicador preciso de la proximidad de la pubertad funcional en hembras *Bos taurus* y *Bos indicus*.

2) Se generó información que apoya el concepto de que en igualdad de condiciones de manejo y alimentación, las hembras Suizo Pardo inician la pubertad a un peso y edad menores que las Cebú. Consecuentemente, esta y otras observaciones anteriores permiten concluir que las becerras *Bos taurus* son más precoces que las *Bos indicus* para iniciar la pubertad funcional.

3) Mediante el equipo de ultrasonido, fue posible demostrar la existencia de ondas de desarrollo folicular en becerras prepúberes. Además, se comprobó que el número y duración de dichas ondas no difieren de las observadas en vaquillas que estaban ciclando. Derivado de lo anterior, otra conclusión es que la pubertad no altera la dinámica de desarrollo folicular previa a la primera ovulación.

4) La toma de imágenes ultrasonográficas, indicó que si bien el número de ondas de desarrollo folicular, antes y después de la pubertad no difiere entre becerras *Bos taurus* y *Bos indicus*, tanto la duración de estas ondas como el diámetro de los folículos dominantes y preovulatorios, fue mayor en las hembras Suizo Pardo que en las Cebú. Consecuentemente, se concluye que la dinámica folicular es diferente en las becerras cebuínas que en las Suizo Pardo.

5) Se determinó un bajo índice de constancia para el número de ondas de desarrollo folicular, entre diferentes ciclos estrales de hembras Cebú y Suizo Pardo. Por consecuencia, se puede concluir 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 sucesivos de becerras *Bos taurus* y *Bos indicus*.

6) Las elevaciones transitorias de progesterona, ocurrieron en todas las becerras involucradas en el estudio. Igualmente, cada elevación de este tipo coincidió con la presencia de una estructura lútea que a su vez fue precedida por una ovulación. Lo anterior induce a concluir que independientemente de la raza, las elevaciones transitorias de progesterona, anteceden a la pubertad funcional y su origen es un cuerpo lúteo de vida corta tanto en hembras Cebú como Suizo Pardo.

7) El 91 % de las becerras usadas en esta tesis presentaron una elevación transitoria de progesterona, mientras que el resto tuvieron dos o tres de estas elevaciones. Por lo mismo, la última conclusión de esta tesis es que el modelo más frecuente en becerras Cebú o Suizo Pardo es el de la formación de un solo cuerpo lúteo de corta duración antes de la pubertad.

Literatura citada

- Aguilar, A. y Galina C.S., 1982; Estudio morfológico comparativo de los ovarios de la vaca cebú y la vaca Holstein. VIII Cong. Nal. de Buiatria. Veracruz, Ver. Pág. 211.
- Arije, O.F. and Wiltbank, J.N., 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 33:401.
- Becerril, P.C., Román P.H. y Castillo, R.H., 1981. Comportamiento productivo de vacas Hostein, Suizo Pardo y sus cruzas con Cebú (F1) en clima tropical. *Téc. Pecu. Méx.* 40.
- Beck, T.W., Smith, V.G., Seguin, B.E. and Convey, E.M., 1976. Bovine serum LH, GH and prolactin following chronic implantation of ovarian steroids and subsequent ovariectomy. *J. Anim. Sci.* 42:461.
- Berardinelli, J.G., Dailey, R.A., Butcher, R.L. and Inskeep, E.K., 1979. Source of progesterone prior to puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 49:1276.
- Block, E. 1951. Quantitative morphological investigations of the follicular system in women. Variations in different phases of the sexual cycle. *Acta Endocrinologica.* 8:33
- Brand, A. y deJong, W.H.R., 1973. Qualitative and quantitative micromorphological investigations of the tertiary follicle population during the oestrous cycle in sheep. *J. Reprod. Fert.* 33:431.
- Castenson, P.E., Sorenson, A.M., Jr., Cobos, C.R. and Fleeger, J.L., 1976. Source of postpartum P and 20 β -OHP preceding estrus in heifers. *J. Anim. Sci.* 43:277 (Abstr.).
- Clark, J.R., Dailey, R.A., Staigmiller, R.B., First, N.L., Chapman, A.B. y Casida, L.E., 1975. Observed associations between corpora lutea and follicular development in swine ovaries during the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 41:1693.
- Choudary, J.B., Gier, J.T. and Marion, G.B. 1968. Cyclic Changes in bovine vesicles follicular. *J. Anim. Sci.* 27:468.
- Cordova S.A. y Fraga E.E. 1987. Utilización de Anticuerpos Monoclonales contra la PMSG durante la superovulación de Vacas *Bos taurus* y *Bos indicus*. Memoria Reun. Invest. Pec. en México. Pág. 409.

- Crichton, J.A., Aitken, J.N. and Boyne, A.W., 1959. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. *Anim. Prod.* 1:145.
- Dailey, R.A., Fogwell, R.L. y Thayne, W.V., 1982. Distribution of visible follicles on the ovarian surface in ewes. *J. Anim. Sci.* 54:1196.
- Day, M.L., Imakawa, K., García-Winder, M., Zalesky, D.D., Schanbacher, B.D., Kittok, R.J. and Kinder, J.E., 1984. Endocrine mechanisms of puberty in heifers: Estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.* 31:332.
- Day, M.L., Imakawa, K., Wolfe, P.L., Kittok, R.J. and Kinder, J.E., 1987. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretions. *Biol. Reprod.* 37:1054.
- De Alba, M.J., 1976. Panorama actual de la ganadería mexicana. Vev. FIRA México.
- Desjardins, C. and Hafs, H.D., 1968. Levels of pituitary FSH and LH in heifers from birth through puberty. *J. Anim. Sci.* 27:472.
- Dodson, S.E., McLeod, B.J., Haresign, W., Peters, A.R., Lamming, G.E. and Das, D., 1989. Ovarian control of gonadotrophin secretion in the prepubertal heifer. *Anim. Reprod. Sci.* 21:1.
- Dodson, S.E., McLeod, B.J., Lamming, G.E. and Peters, A.R., 1990. Ovulatory responses to continuous administration of GnRH in nine-month-old prepubertal beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 22:271.
- Donaldson, L.E. y Hansel, W., 1968. Cystic corpora lutea and normal and cystic graafian follicles in the cow. *Australian Vet. J.* 44:304.
- Dufour, J., Ginther, O.J. and Casida, L.E., 1971. Corpus Luteum action on ovarian follicular development after destruction of macroscopically visible follicles in ewes. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 138:475.
- Dufour, J., Whitmore, H.L., Ginther, O.J. and Casida, L.E., 1972. Identification of the ovulating follicle by its size on different days of the estrous cycle in heifers. *J. Anim. Sci.* 34:85.
- Dyer, R.M., Bishop, M.D. and Day, M.L., 1990. Exogenous estradiol reduces inhibition of luteinizing hormone by estradiol in prepubertal heifers. *Biol. Reprod.* 42:755.

- Eckels, C. H., 1915. The ration and age of calving as factors influencing the growth and dairy quality of cows. Mo. Agr. Expt. Sta. Bul. 135.**
- Fajersson, P., Calderón Robles, R. and Edqvist, L.-E., 1992. Comparisons of peripuberal serum progesterone profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers in a subtropical climate. 12th Int. Congr. Anim. Repr. and A.I. Netherlands 4:2048.**
- Ferrel, C.L., 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and reproductive performance of heifers of different breeds. J.Anim. Sci. 55:1272.**
- Frisch, R.E., 1984. Body fat, puberty and fertility. Biol. Rev. 59:161.**
- García, P.M. and Calderón, V.M., 1978. Puberty of dairy calves in a herd on the coast in Peru. Anim. Breed. Abstr., 46:158.**
- Gill, J.L., 1978. Desing and analysis of experiments in the animal and medical sciences Volume I, Page 76-86. The Iowa St. University Press. Amer., Iowa U.S.A.**
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P. y Knopf L., 1989a. Composition and Characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. Anim. Reprod. Sci. 20:187.**
- Ginther, O.J., Knopf, L. y Kastelic, J.P., 1989b. Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. Biol. Reprod. 41:247.**
- González-Padilla, E., Wiltbank, J.N. and Niswender, G.D., 1975a. Puberty in beef heifers. I. The interrelationship between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones. J.Anim. Sci. 40:1091.**
- González-Padilla, E., Niswender, G.D. and Wiltbank, J.N. 1975b. Puberty in beef heifers. II. Effect of injections of progesterone and estradiol-17 β on serum LH, FSH and ovarian activity. J. Anim. Sci. 40:1105.**
- González-Padilla, E., 1978. La aparición de la pubertad en vaquillas. Ciencia Veterinaria, México. 2:293.**
- González, P. E., y Saldaña A. 1990. Producción de carne de bovino en el tropico mexicano: situación actual y perspectivas. X Simposium de ganadería tropical. Bovinos productores de carne. Publicación especial No. 8. CIFAP-VERACRUZ, INIFAP-SARH. p.1.**

- Grass, J.A., Hansen, P.J., Rutledge, J.J. and Hauser, E.R., 1982. Genotype x environmental interactions on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. *J. Anim. Sci.* 55:1441.
- Hansen, P.J., Kamwanja, L.A. and Hauser, E.R., 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J. Anim. Sci.* 57:985.
- Hawk, H. W., Tyler, W. J. and Casida, L.E., 1954. Some factors affecting age at puberty in Holstein-Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 37:252.
- Hirshfield, A.N. y Midgley, A.R., 1978. Morphometric analysis of follicular development in the rat. *Biol. Reprod.* 19:597.
- Ireland, J.J. and Roche., 1983. Development of nonovulatory antral follicles in heifers: changes in steroids in follicular fluid and receptors for gonadotropins. *Endocrinology* 112:150.
- Izard, M.K. and Vandenberg, J.G., 1982. The effects of Bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. *J. Anim. Sci.* 55:1160.
- Jiménez, F., Galina, C.S., Ramirez and Navarro-Fierro, R., 1985. Comparative study of the concentration of peripheral progesterone before and after PGF_{2α} injection between *Bos taurus* (Brown Swiss) and *Bos indicus* (Indobrasil) in the tropics. *Anim. Reprod. Sci.* 9:333.
- Keisler, D.H., Inskeep, E.K. and Dailey, R.A., 1983. First luteal tissue in ewe lambs: Influence on subsequent ovarian activity and response to hysterectomy. *J. Anim. Sci.* 57:150.
- Kinder, J.E., Day, M.L. and Kittok, R.J., 1987. Endocrinology of puberty in cows and ewes. *J. Reprod. Fertil., Suppl.*, 34:167.
- Kiser, T.E., Kraeling, R.R., Rampacek, G.B., Landmeier, B.J., Caudle, A.B. and Chapman, J.D., 1981. Luteinizing hormone secretion before and after ovariectomy in prepubertal and pubertal beef heifers. *J. Anim. Sci.* 53:1545.
- Knopf, L., Kastelic, J.P., Schallenberger, E. y Ginther, O.J., 1989. Ovarian follicular dynamics in heifers. Test two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Dom. Anim. Endo.* 6:111.
- Laster, D.B., Glimp, H.A. and Gregory, K.E., 1972. Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed crosses of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 34:1031.

- Leat, W.M.F., 1976. The control of fat absorption, deposition and mobilization in farm animals. In **Meat Animals Growth and Productivity** (ed. D. Lister, D.N. Rhodes, V.R. Fowler and M.F. Fuller), pp. 177-193. Plenum Press, New York and London.
- Lewis, G.S. and Bolt, D.J., 1987. Effects of suckling, progestogen-impregnated pessaries or hysterectomy on ovarian function in autumn-lambing postpartum ewes. *J. Anim. Sci.* 64:216.
- Little, W., Mallinson, C.B., Gibbons, D.M. and Rowlands, G.J., 1981. Effects of plane of nutrition and season of birth on the age and body weight at puberty of British Friesian heifers. *Anim. Prod.* 33:273.
- Lozano D., R.R., Asprón P., M.A., González P., E. y Vásquez P., C.G., 1987. Estacionalidad reproductiva de vacas *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Téc. Pecu. Méx.* 25(2)192.
- Lobel, B.L. and Levy, E. 1968. Enzymatic correlates of development secretory function and regression of follicles and corpora lutea in the bovine ovary. *Acta Endocrinologica.* (suppl.) 132:7.
- Manns, J.G., Humphrey, W.D., Flood, P.F., Mapletoft, R.J., Rawlings, N. and Cheng, K.W., 1983. Endocrine profiles and functional characteristics of corpora lutea following onset of postpartum ovarian activity in beef cows. *J. Anim. Sci.* 63:331.
- Marion, G. B. y Gier, H. T., 1971. Ovarian and uterine embryogenesis and morphology of the non-pregnant female mammal. *J. Anim. Sci. Suppl.*32:24.
- Matton, P., Adalakoun, V., Couture, Y. and Dufour, J.J., 1981. Growth and replacement of the bovine ovarian follicles during the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 52:813.
- McLeod, B.J., Peters, A.R., Haresing, W. and Lamming, G.E., 1985. Plasma LH and FSH responses and ovarian activity in prepubertal heifers treated with repeated injections of low doses of GnRH for 72 h. *J. Reprod. Fertil.* 74:589.
- Meirelles, De Miranda, 1975. The Role of beef cattle in the development of Latin America. *Cali*, Feb. 18-21.
- Menge, A.C., Mares, S.E., Tyler, W.J. and Casida, L.E., 1960. Some factors affecting age at puberty and the first 90 days of lactation in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 43:1099.

- Moran, C., Quirke, J.F. and Roche, J.F., 1989. Puberty in Heifers: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 18:167.
- Murphy, M.G., Rath, M., O'callaghan, d., Austin, F.H. y Roche, F.H., 1991. Effect of bovine somatotropin on production and reproduction in prepubertal Heifers. *J. Dairy Sci.* 74:2165.
- Nelsen, T.C., Long, C.R. and Cartwright, T.C., 1982. Postinflection growth in Straightbred and crossbred cattle. II. relationships among weight, height and pubertal characters. *J. Anim. Sci.* 55:293.
- Nelsen, T.C., Short, R.E., Phelps, D.A. and Staigmiller, R.B., 1985. Nonpuberal estrus and mature cow influences on growth and puberty heifers. *J. Anim. Sci.* 61:471.
- Niswender, G.D., Reimers, T.J., Diekman, M.A. and Nett, T.M., 1976. Blood flow: a mediator of ovarian function. *Biol. Reprod.* 14:64.
- N.R.C., 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. No. 3, 5th. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Odde, K.G., Ward, H.S., Kiracofe, G.H., McKee, R.M. and Kittok, R.J., 1980. Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cows. *Theriogenology*, 14:105.
- Odell, W.D., Hesc Cox, M.A. and Kiddy, C.A., 1970. Studies of hypothalamic-pituitary-gonadol interrelationships in prepubertal cattle. In: Brett, W.R., Croke, A.C. and Ryle M.E. (Ed.). *Gonadotropins and Ovarian Development.* pp 371-385. S. Livingstone, Edinburgh and London.
- Oyedipe, E.O., Osori, D.I.K., Akerejola, O. and Saror., 1982. Effect of level of nutrition on onset of puberty and conception rates of zebu heifers. *Theriogenology* 18:525.
- Peebles, J.L., Silcox, R.W., Byerley, D.J., Kiser, T.E. y Kraeling, R.R., 1991. Folliculogenesis in pubertal and prepubertal Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 69(Suppl. 1):432 (Abstr).
- Petitclerc, D., Chapin, L.T., Emery, R.S. and Tucker, H.A., 1983. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 57:892.
- Pierson, R.A. and Ginther, O.J., 1984. Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 21:495.
- Pierson, R.A. and Ginther, O.J., 1986. Ovarian follicular populations during early pregnancy in heifers. *Theriogenology* 26:649.

- Pierson, R.A. and Ginther, O.J., 1987a. Reliability of diagnostic ultrasonography for identification and measurement of follicles and detecting the corpus in heifers. *Theriogenology* 26:929.
- Pierson, R.A. and Ginther, O.J., 1987b. Follicular populations during the estrous cycle in heifers. I. Influence of day. *Anim. Reprod. Sci.*, 14:165.
- Plasse, D., Warnick, A.C. and Koger, M., 1968. Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman X British heifers. *J. Anim. Sci.*, 27:94.
- Rajakoski, E., 1960. The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical, and left-right variations. *Acta Endocrinologica, Suppl.* 52:1.
- Rajamahendran, R. and Taylor, C., 1990. Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. *Anim. Repro. Sci.*, 22:171.
- Ramirez, D.V. and McCann, S.M., 1963. Comparison of the regulation of luteinizing hormone (LH) secretion in immature and adult rats. *Endocrinology*, 72:452.
- Reynolds, W.L., DeRouen, T.M. y High, J.W., 1963. The age and weight at puberty of Angus, Brahman and Zebu cross heifers. *J. Anim. Sci.* 22:243(Abstr.).
- Rhodes III, R.C. and Randel, R.D., 1978. 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*. 9:42.
- Rhodes III, R.C., Randel, R.D. and Long, C.R., 1982. Corpus luteum function in the bovine: in vivo and in vitro evidence for both a seasonal and breedtype effect. *J. Anim. Sci.* 55:159.
- Rivera, M.G., 1985. Bases para la Planeación Económica y Social en México. Ed. Siglo XXI, Capit. 5:119.
- Román Ponce, H., Cabello E.F. y Wilcox, C.J. 1978. Producción de leche de vacas Holstein, Suizo Pardo y Jersey en clima tropical. *Téc. Pecu. Mex.* 34:21.
- Roy, J.H.B., Gillies, C.M., Perfitt, M.W. and Stobo, I.J.F., 1980. Effect of season of year and phase of moon on puberty and on the occurrence of oestrus and conception in dairy heifers reared on high planes of nutrition. *Anim. Prod.* 31:13.

- Rutter, L.M. and Randel, R.D., 1986. Nonpuberal estrus in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 63:1049.
- SAS., 1989. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary North Carolina., U.S.A.
- Savio, J.D., Keenan, L., Boland, M.P. and Roche, J.F., 1988. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers. *J. Reprod. Fert.* 83:663.
- Savio, J.D., Boland, M.P. and Roche, J.F., 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J. Reprod. Fert.*, 88:581.
- Schallenberger, E., Walters, D.L., Oschmann, S.J. and Meyer, H.H.D., 1984. Endocrine changes during the early postpartum period in dairy cattle. In: *Proc. 10th Int. Congr. Animal reproduction and Artificial Insemination (Urbana-Champaign)*, Vol. 4, pp. III-9-III-16.
- Schams, D., Schallenberger, E., Gombe, S. and Karg, H., 1981. Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *J. Reprod. Fert.*, Suppl. 30:103.
- Schams, D., Schallenberger, E., Menzer, Ch., Stangl, J., Zottmeier, K., Hoffmann, B. and Karg, H., 1978. Profiles of LH, FSH and progesterone in postpartum dairy cows and their relationship to commencement of cyclic functions. *Theriogenology*, 10:453.
- Schillo, K.K., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R., 1981. Estrogen-induced release of luteinizing hormone in prepubertal and postpubertal heifers. *Biol. Reprod.* 24(Suppl. 1):130A (Abstr. #216).
- Schillo, K.K., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R., 1982a. Influences of season of birth and age on patterns of luteinizing hormone secretion in prepubertal heifers. *Theriogenology*, 18:593.
- Schillo, K.K., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R., 1982b. Regulation of luteinizing hormone secretion in prepubertal heifers: Increased threshold to negative feedback action of estradiol. *J. Anim. Sci.*, 54:325.
- Schillo, K.K., Hansen, P.J., Kamwanja, L.A., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R., 1983. Influence of season on sexual development in heifers: age at puberty as related to growth and serum concentrations of gonadotropins, prolactin, thyroxine, and progesterone. *Biol. Reprod.* 28:329.

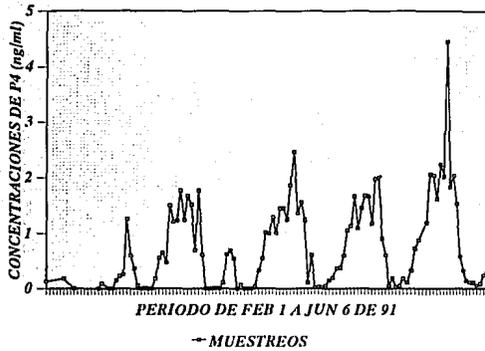
- Shokamoto, S., Imaizumi, E. and Shijimaya, K., 1975. The effect of different planes of nutrition during growth on the productivity of Holstein cows. III. Growth to first calving for two groups of cows calving at the same body weight. *Anim. Breed. Abstr.*, 43:676.
- Short, R.E. and Bellows, R.A., 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Anim. Sci.* 32:127.
- Sirois, J. and Fortune, J.E., 1988. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers Monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308.
- Skaggs, C.L., Able, B.V. and Stevenson, J.S., 1986. Pulsatile or continuous infusion of luteinizing hormone-releasing hormone and hormonal concentrations in prepubertal beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 62:1034.
- Sorensen, A.M., Hansel, W., Hough, W.H., Armstrong, D.T., McEntee, K. and Bratton, R.W., 1959. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle: 1. Influence of underfeeding and overfeeding on growth and development of Holstein heifers. *Cornell University Agric. Exp. Stn. Bull.*, February 1959, Bulletin 936.
- Spicer, L.J. and Echterkamp, S.E., 1986. Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 62:428.
- Stahlinger, R.C., Neuendorff, D.A. and Randel, R.D., 1990. Seasonal variations characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology* 34:407.
- Staigmiller, R.B. y England, B.G., 1982. Folliculogenesis in the bovine. *Theriogenology* 17:43.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H., 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2nd (primera en español) ed. McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Tamayo, J.L., 1980. *Geografía Moderna de México*. Ed. Trillas.
- Villagómez Amezcua, M.E., 1990. Influencia estacional sobre el estro y el ciclo estral en hembras cebú mantenidas en clima tropical. Tesis de Maestría. Fac. de Est. Sup. "Cuautitlan". UNAM. México.
- Whitehead, T.P., Thorpe, G.H.G., Carter, T.N.J., Groucutt, C. and Kricka, L.J., 1983. Enhanced luminescence procedure for sensitive determination of peroxidase-labelled conjugates in immunoassay. *Nature*, 305:158.

Wiltbank, J.N., Gregory, K.E., Swiger, L.A., Ingalls J.E., Rothlisberger, J.A. and Koch, R.M., 1966. Effects of heterosis on age, and weight at puberty in beef heifers. J. Anim. Sci. 25:744.

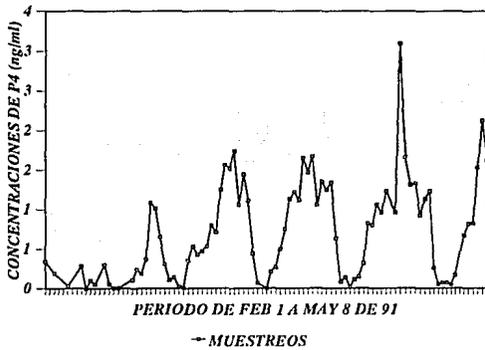
Wiltbank, J.N., Kasson, C.W. and Ingalls J.E., 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. J. Anim. Sci. 29:602.

ANEXO

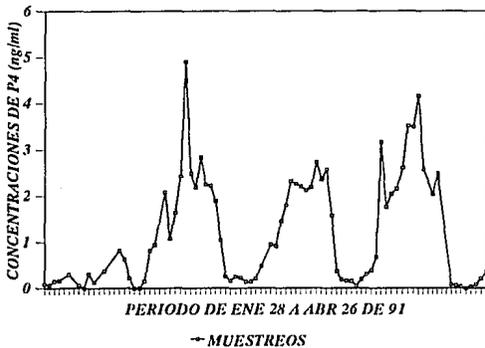
GRAFICA 7
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 257 BHM



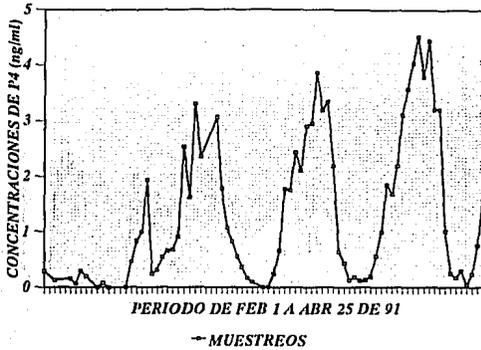
GRAFICA 8
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 280 BHM



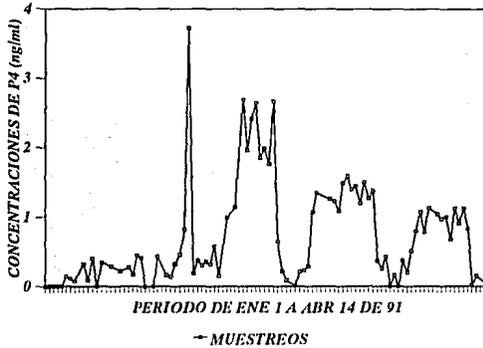
GRAFICA 9
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 309 BHM



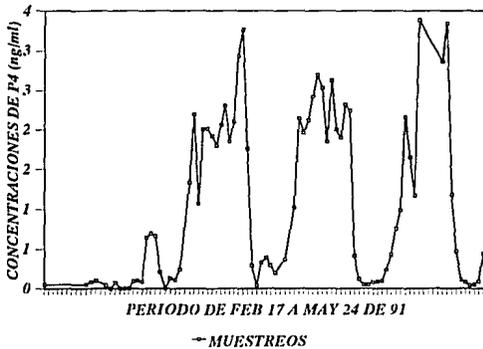
GRAFICA 10
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 317 BHM



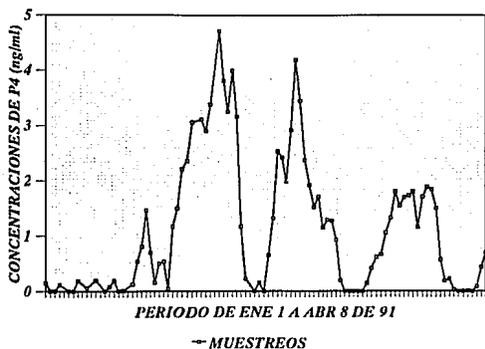
GRAFICA 11
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 326 BHM



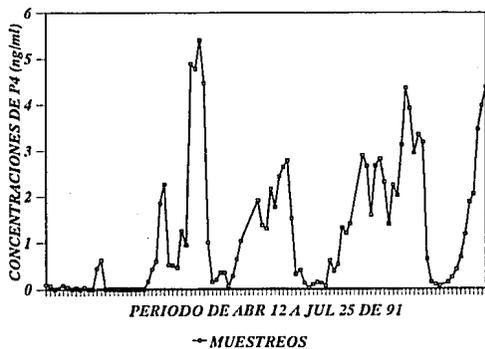
GRAFICA 12
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 223 BHM



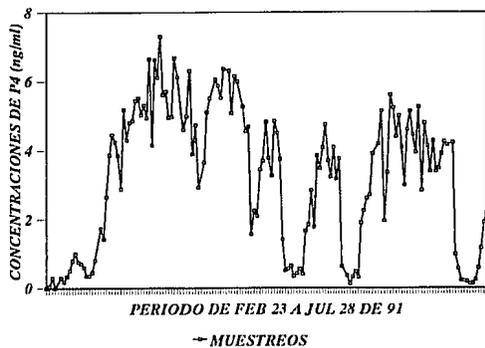
GRAFICA 13
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 226 BHM



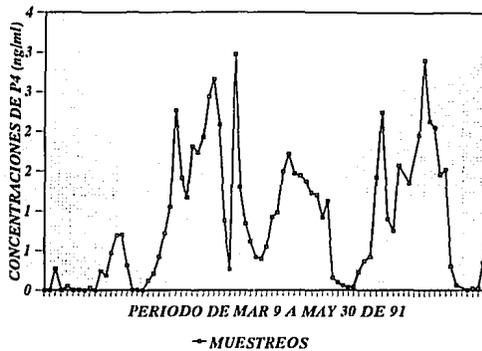
GRAFICA 14
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 239 BHM



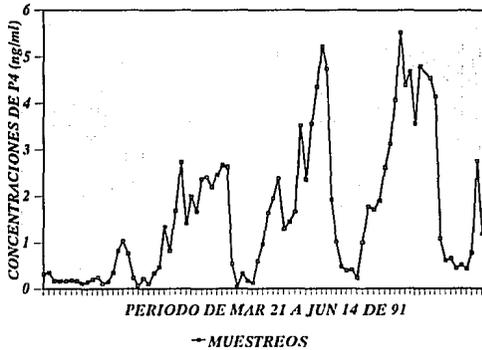
GRAFICA 15
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 230 GYR



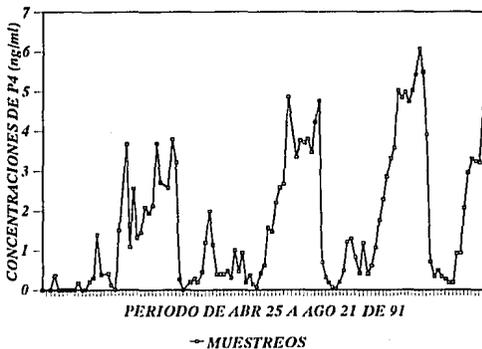
GRAFICA 16
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 275 GYR



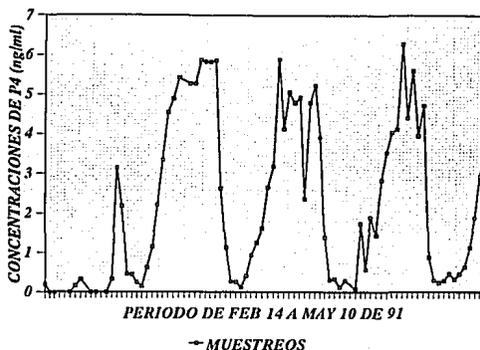
GRAFICA 17
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 287 GYR



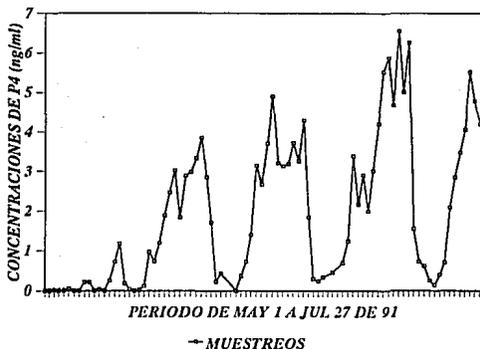
GRAFICA 18
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 305 GYR



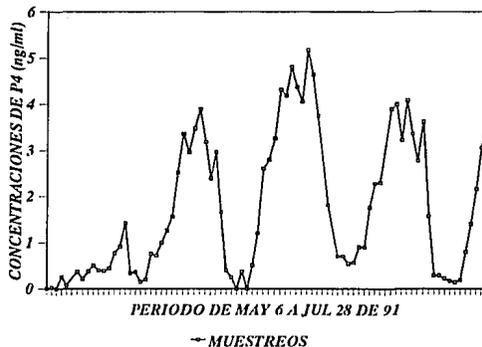
GRAFICA 19
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 307 GYR



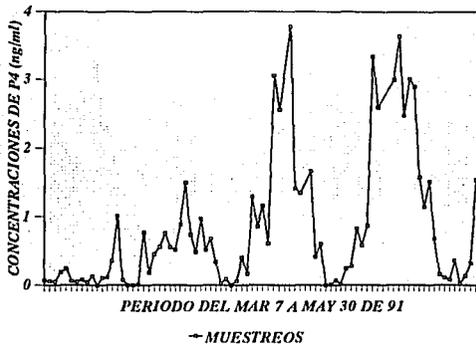
GRAFICA 20
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 310 GYR



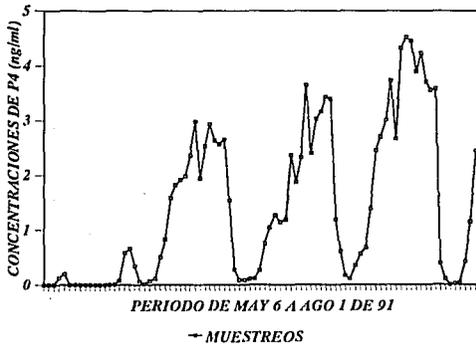
GRAFICA 21
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 319 GYR



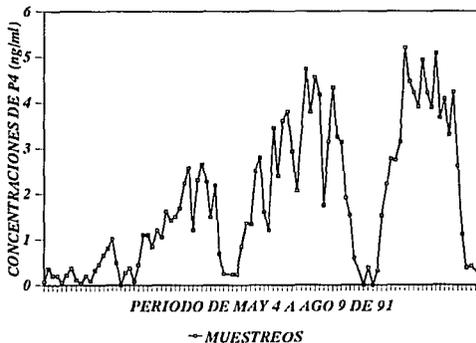
GRAFICA 22
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 253 GZT



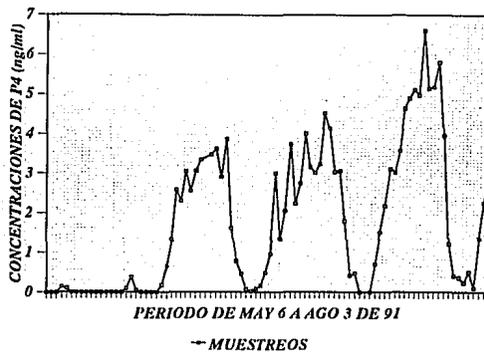
GRAFICA 23
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 324 GZT



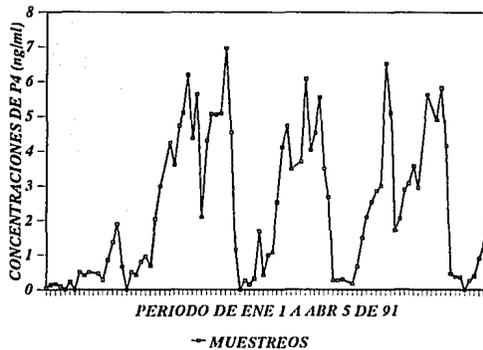
GRAFICA 24
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 338 GZT



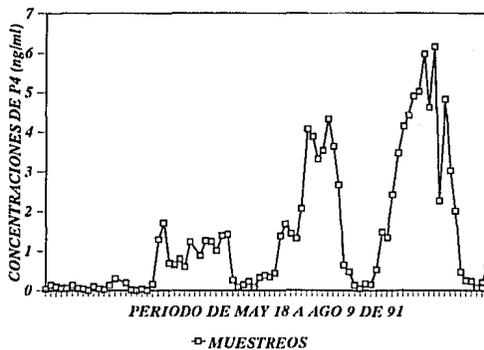
GRAFICA 25
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 300 S.P.



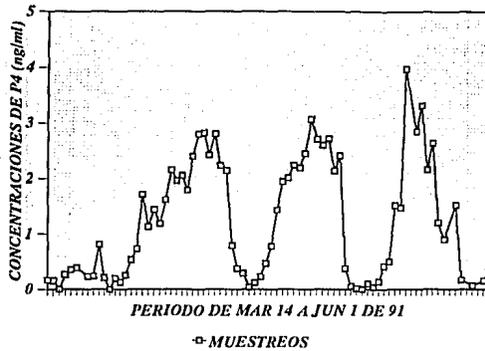
GRAFICA 26
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 375 S.P.



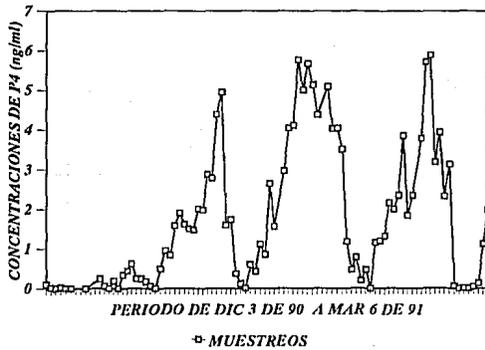
GRAFICA 27
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 376 S. P.



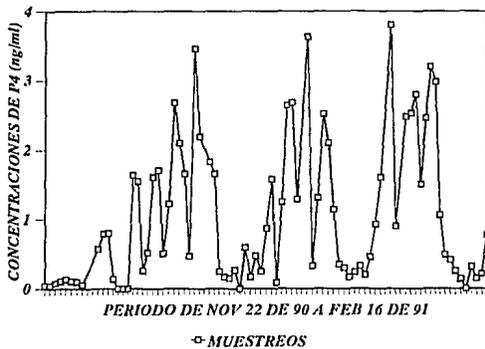
GRAFICA 28
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 379 S.P.



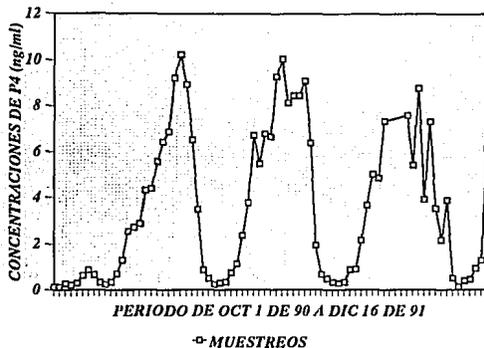
GRAFICA 29
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 313



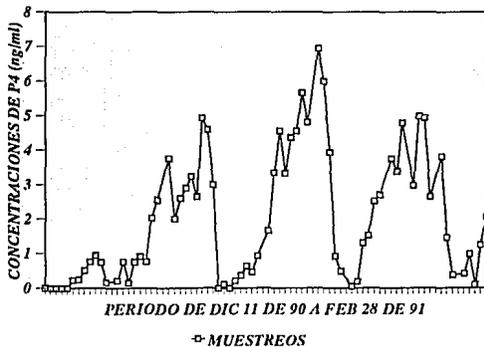
GRAFICA 30
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 315 SP



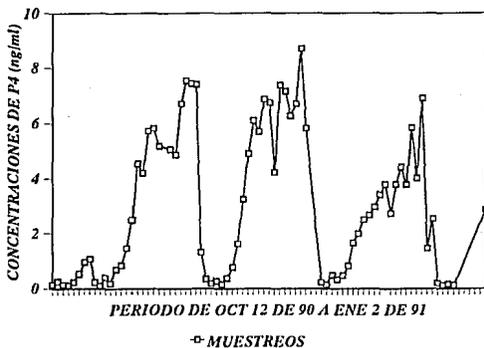
GRAFICA 31
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 343 S.P.



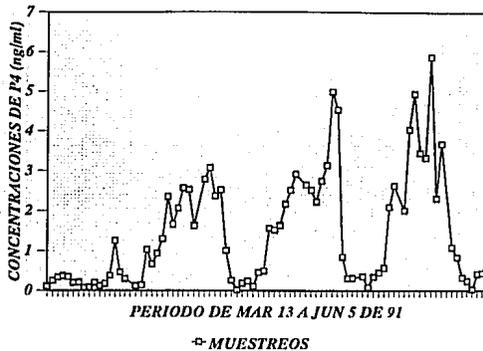
GRAFICA 32
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 349 S.P.



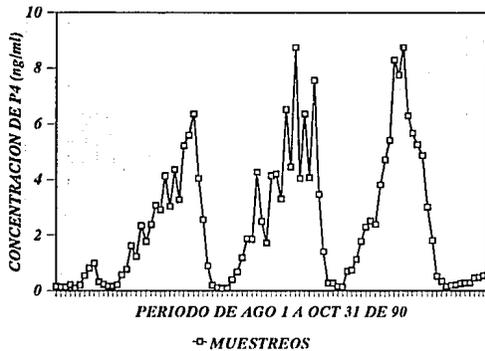
GRAFICA 33
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 352 S.P.



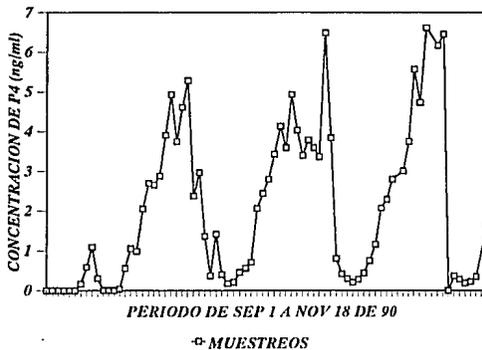
GRAFICA 34
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 385 S.P.



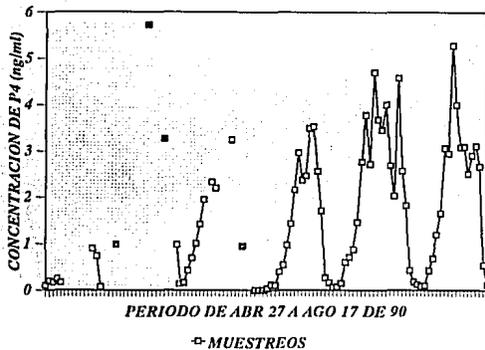
GRAFICA 35
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 206 S.P.



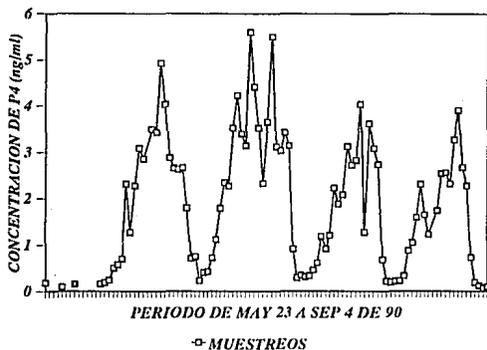
GRAFICA 36
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 296 S.P.



GRAFICA 40
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 201 S.P



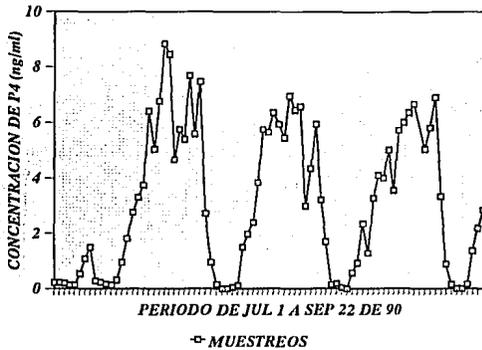
GRAFICA 41
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 295 S.P.



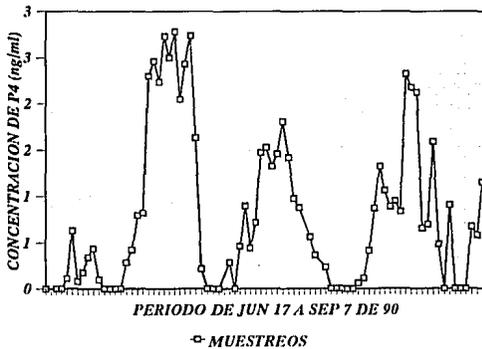
GRAFICA 42
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 202 S.P.



GRAFICA 37
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 297 S.P.



GRAFICA 38
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 344 S.P.



GRAFICA 39
CONCENTRACION DE P4 BECERRA 395 S.P.

