

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE GANADO BOVINO LECHERO EN CLIMA TROPICAL. 6. PERFILES DE PROGESTERONA, ESTRADIOL 17- β Y HORMONA LUTEINIZANTE DURANTE EL CICLO ESTRAL EN TRES GENOTIPOS EN DOS ESTACIONES DEL AÑO

JOSÉ JUAN HERNÁNDEZ LEDEZMA ¹
FRANCISCO JAVIER PADILLA RAMÍREZ ²
EDUARDO T. KOPPEL RIZO ²
HERIBERTO ROMÁN PONCE ²
JESÚS PÉREZ SALDAÑA ²
HÉCTOR CASTILLO ROJAS ²

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar los perfiles de progesterona (P), estradiol-17 β (E), hormona luteinizante (HL) y la proporción E/P (PEP) durante el ciclo estral en vacas lactantes de raza Holstein (H), Cebú (C) y Holstein \times Cebú (HC) durante las estaciones cálida (EC) y fría (EF) en clima tropical. Se utilizaron 9, 8 y 7 vacas H, C y HC, respectivamente, en EF (enero a marzo) y 7, 5 y 6 vacas H, C y HC, respectivamente, en EC (agosto a octubre). Se obtuvo una muestra de sangre periférica en los días 4, 8, 12, del ciclo estral (día 0 = día del estro) y diariamente del día 14 hasta dos días después del estro siguiente. Se utilizó el método de radioinmunoanálisis (RIA) para conocer los niveles hormonales. No se encontraron diferencias estadísticas de los valores de las hormonas en estudio al comparar entre razas, épocas y la interacción respectiva. Al graficar la información se encontró una tendencia de HL y PEP a ser menor en las

vacas C y EC que en las H y HC y EF, respectivamente.

Introducción

Está bien documentado que el clima tropical ejerce efectos detrimentales sobre la eficiencia reproductiva de ganado *Bos taurus* (Gwazdauskas, Thatcher y Wilcox, 1973; Hernández, González y Román, 1984; Tucker, 1982; Fuquay, 1981), además factores estacionales aún no identificados diferentes a los térmicos modifican de alguna manera el comportamiento reproductivo en el ganado bovino (Randel, 1983; Crister, Miller y Gunsett, 1983; Castillo *et al.*, 1983; Romero *et al.*, 1983; Rhodes, Randel y Long, 1982).

La tensión térmica modifica en el ganado bovino la fisiología y algunos eventos durante el ciclo estral o el estro o en ambos (Koppel *et al.*, 1984; Hernández y González, 1983). En algunas ocasiones se manifiesta de tal manera que induce a variaciones estacionales en los porcentajes de concepción (Hernández, Román y González, 1984), o en cambios en las constantes fisiológicas de los animales (Koppel *et al.*, 1984). Por otro lado, hay evidencias de que el ganado *Bos taurus* se comporta en forma diferente al *Bos indicus* (Rhodes, Randel y Long, 1982; Randel, 1983).

Recibido para su publicación el día 25 de junio de 1984.

* Financiado parcialmente por CONACYT (Proyecto PCAFBNA-001407).

¹ Departamento de Reproducción Animal, INIP-SARH. Apdo. Postal N° 41-652, C.P. 05110, México.

² Coordinación Regional del Golfo, INIP-SARH. Apdo. Postal N° 1224, Veracruz, Ver. C.P. 91700, México.

Las hormonas esteroides progesterona (P) y estradiol 17- β (E) y la hormona luteinizante (HL) son las principales involucradas en la regulación de los eventos reproductivos. Se sabe que los efectos térmicos y genéticos modifican sus niveles sanguíneos. Sin embargo, la mayoría de los trabajos tendientes a determinar el efecto de la tensión térmica sobre la fisiología reproductiva se han realizado en lugares donde los veranos son muy cortos o en cámaras climáticas y con ganado no aclimatado al trópico cuyas producciones de leche se consideran muy por encima de lo que se produce en las regiones cálidas y húmedas (Wolff, Monty y Foote, 1977; Madan y Johnson, 1971; Román Ponce, Thatcher y Wilcox, 1981; Tucker, 1982; Gwazdauskas, Thatcher y Wilcox, 1973; Fuquay, 1981); asimismo, son incipientes los estudios tendientes a conocer las diferencias endocrinas entre los animales *Bos taurus* y los *Bos indicus* bajo condiciones tropicales (Randel, 1983).

El objetivo de este trabajo fue comparar los perfiles de P, E, HL y la proporción E/P durante el ciclo estral en vacas lactantes de razas Holstein (H), Cebú (C) y Holstein \times Cebú-F₁ (HC) durante la estación cálida y fría en clima tropical.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental Pecuario "La Posta" en Paso del Toro, Ver. Las condiciones climáticas bajo las cuales se llevó a cabo este estudio fueron descritas previamente, así como los detalles de alimentación y manejo de los animales (Koppel *et al.*, 1984). Las vacas con 80 \pm días postparto fueron sincronizadas con prostaglandinas F_{2 α} para facilitar el manejo y la colección de muestras. Después de que el celo se sincronizó se tomó una muestra de sangre de la vena coxígea o de la yugular alrededor de las 12 horas en los días, 4, 8, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22 del ciclo estral (día 0 = fecha del estro sincronizado). Después de colectada la muestra, se centrifugó a 5 C para separar

el plasma, el cual fue congelado a -20C hasta que se hizo la determinación hormonal por el método de radioinmunoanálisis (RIA). La concentración de P (ng/ml), E (pg/ml) y HL (ng/ml) en el plasma fue determinada por los métodos de RIA descritos y validados previamente (Cantely *et al.*, 1975; Kesler *et al.*, 1977).

Los niveles de HL fueron medidos usando la técnica de doble anticuerpo con I¹²⁵ como marcador radiactivo. Todas las muestras fueron trabajadas en duplicado en un solo análisis. La variación dentro de análisis fue de 8.8%. Para analizar P y E se utilizó H³ como marcador radiactivo. El coeficiente de variación para P fue de 8.2% y 11.5% y para E 13.9% y 13.4%, respectivamente, dentro y entre los diferentes análisis que se hicieron. La eficiencia de extracción fue de 95% para P y 90% para E, posteriormente todas las muestras fueron ajustadas al porcentaje de extracción respectivo. La proporción E/P (PEP) se obtuvo dividiendo los valores de E entre los valores de P de cada uno de los días muestreados a través del ciclo estral.

Los niveles hormonales de los días del ciclo estral fueron analizados por el procedimiento GLM descrito en el paquete estadístico SAS (Bar *et al.*, 1979). Las variables descriptivas fueron raza, estación y vaca. El día de muestreo del ciclo estral se consideró como una variable independiente y continua. El análisis estadístico se realizó en dos fases. El día 4 del ciclo estral (día 0 = día del estro) y día uno después del siguiente estro detectado fueron los puntos de referencia para caracterizar los cambios hormonales. La primera etapa de regresión empezó a partir del día 4 en adelante, mientras que la segunda fase empezó un día después del siguiente estro y se tomó la cuenta hacia atrás. Se utilizó este tipo de análisis porque las vacas tuvieron ciclos estrales de diferente duración y el segundo estro no se presentó en forma sincronizada. De ahí que los valores de las hormonas se agruparan a partir de un día después del segundo estro, para hacer el análisis regresivo. En las curvas de regresión calculadas para P, E, LH y PEP se utilizó el análisis progresivo

hasta el día 17 (día 4 al 17) y del día 22 (un día después del segundo estro) al 18 en forma regresiva.

Resultados y discusión

Los modelos estadísticos que analizaron los niveles de las hormonas en forma progresiva o regresiva del ciclo estral arrojaron valores semejantes, por lo que únicamente se presentó el modelo que analizó los niveles del día 4 al 22. En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza utilizado con las diferentes hormonas estudiadas. La alta variabilidad encontrada (>85%) impidió detectar diferencias entre razas, épocas y la interacción doble respectiva. Sin embargo, el día de muestreo tuvo un efecto cúbico en la variación de los niveles de P, E, PEP ($P < 0.1$) y HL ($P < 0.05$), lo cual indica que hubo variaciones de estas hormonas durante el ciclo estral dentro de raza.

En el Cuadro 2 se describen los valores por raza de las hormonas analizadas. Los valores de P en las vacas C fueron 15% más bajos que en las H y HC. Cuando se

utilizó el día de muestreo como variable continua (Gráfica 1) se encontró que P mostró un comportamiento durante el ciclo estral semejante a lo que otros autores han descrito previamente en ganado bajo condiciones tropicales o de tensión térmica (Adeymo y Heath, 1980; Román-Ponce, Thatcher y Wilcox, 1981; Abilay, Johnson y Madan, 1975; Chenault *et al.*, 1975). Se aprecia que P tuvo valores menores de 1.5 ng/ml en el día 4, los cuales se incrementaron hasta alrededor de 3 ng/ml o más durante los días 12 al 16 del ciclo estral, para descender a > 1 ng/ml dos días antes y uno después del estro (día 21). Estos resultados no apoyan los datos de Rhodes, Randel y Long (1982) y Randel (1983) quienes encuentran diferencias en los niveles de P entre genotipos *Bos taurus* y *Bos indicus*. La R^2 para las ecuaciones que mejor describieron las curvas de P (Gráfica 1) del día 4 al 17 fueron 0.95, 0.94 y 0.95 para las razas H, HC y C; del día 18 al 22 fueron 0.95, 0.90 y 0.91 para las mismas razas, respectivamente.

Tampoco se detectaron diferencias de los niveles de E entre las vacas H, C y HC

CUADRO 1

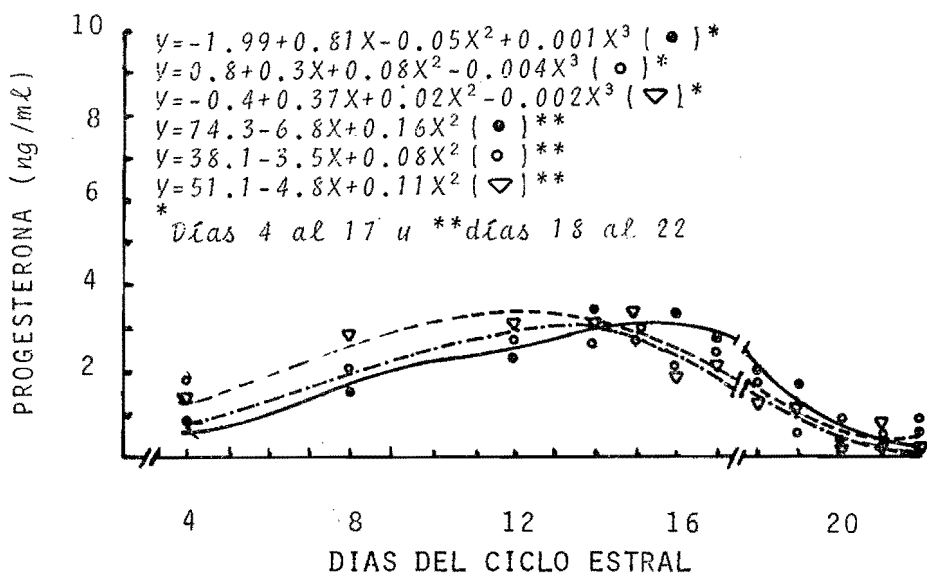
Modelo utilizado para analizar los efectos de raza y época sobre los niveles de progesterona (P), estradiol 17- β (E), hormona luteinizante (HL) y proporción E/P (PEP)

	GL	Cuadrados medios			
		P	E	HL	PEP
Raza (R)	2	9.7	8.8	60.5	1220.3
Epoca (E)	1	0.0	4.0	05.0	328.4
R \times E	2	17.5	18.5	10.2	411.5
Vaca (R \times E) ^a	26	7.0	20.6	61.0	808.5
Día de muestreo (DM)	1	5.4*	67.0**	151.2	2688.2*
DM ²	1	13.1**	80.6**	192.0*	3653.3**
DM ³	1	19.0**	92.3**	224.0*	4396.7**
Error (GL)		0.9 (254)	4.2 (259)	50.01 (268)	418.4 (245)
R ²		0.71	0.50	0.22	0.32

^a Fue el error utilizado para probar diferencias entre R, E y R \times E.

* $P < .05$

** $P < .01$.



GRAFICA 1. PERFILES DE PROGESTERONA EN VACAS
 HOLSTEIN (—●), HOLSTEIN x CEBU (---○)
 Y CEBU (---▽) EN CLIMA TROPICAL

(Cuadro 2) durante el ciclo estral. La R^2 para ecuaciones que mejor describieron la variación de E (Gráfica 2) de los días 4 al 17 fueron 0.53, 0.55 y 0.91 para las razas H, HC y C; del día 18 al 22 fueron 0.88, 0.85 y 0.63 para las mismas razas, respectivamente.

Del día 18 al 22, aunque no se detectaron

diferencias estadísticas, se observó que los valores máximos de E en las vacas H y HC fueron 1.3 y 1.9 veces más elevados respectivamente, que en las C. El nivel de E se mantuvo entre 2 y 3 pg/ml del día 4 al 17; a partir del día 18 los valores comienzan a ascender, lo cual coincide con el descenso de P y alcanzan sus niveles máximos alre-

CUADRO 2

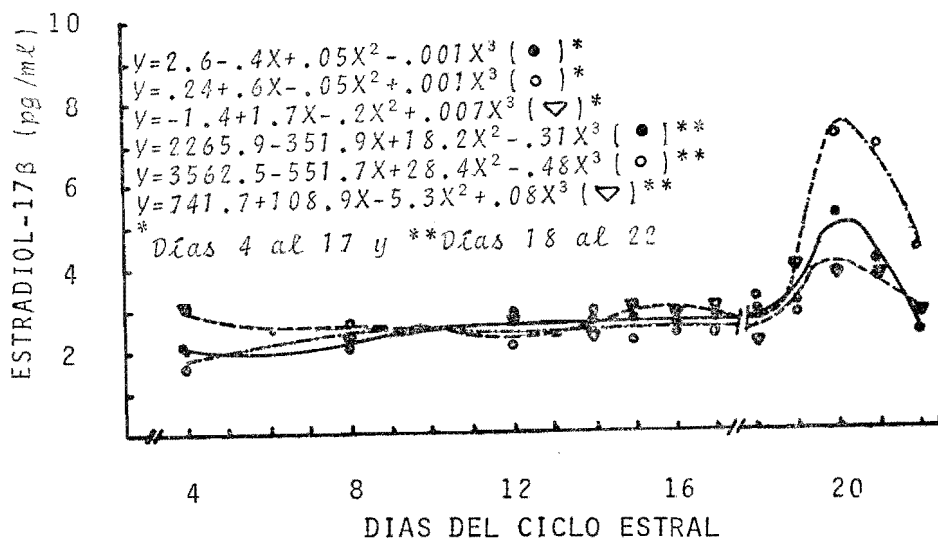
Valores de progesterona (P), estradiol 17-β, hormona luteinizante (HL) y proporción E/P (PEP) durante el ciclo estral en ganado bovino^a

Razas	pb	Ec	HL ^b	PEP
HOLSTEIN	2.0 ± 0.5	2.9 ± 0.4	5.1 ± 0.7	5.6 ± 2.8
CEBU	1.7 ± 0.6	2.6 ± 0.5	3.2 ± 0.9	5.0 ± 4.1
HOLSTEIN × CEBU	2.0 ± 0.7	3.3 ± 0.6	5.3 ± 1.1	11.4 ± 2.8

a Promedios mínimo cuadráticos ± error estándar.

b Valores expresados en ng/ml.

c Valores expresados en pg/ml.



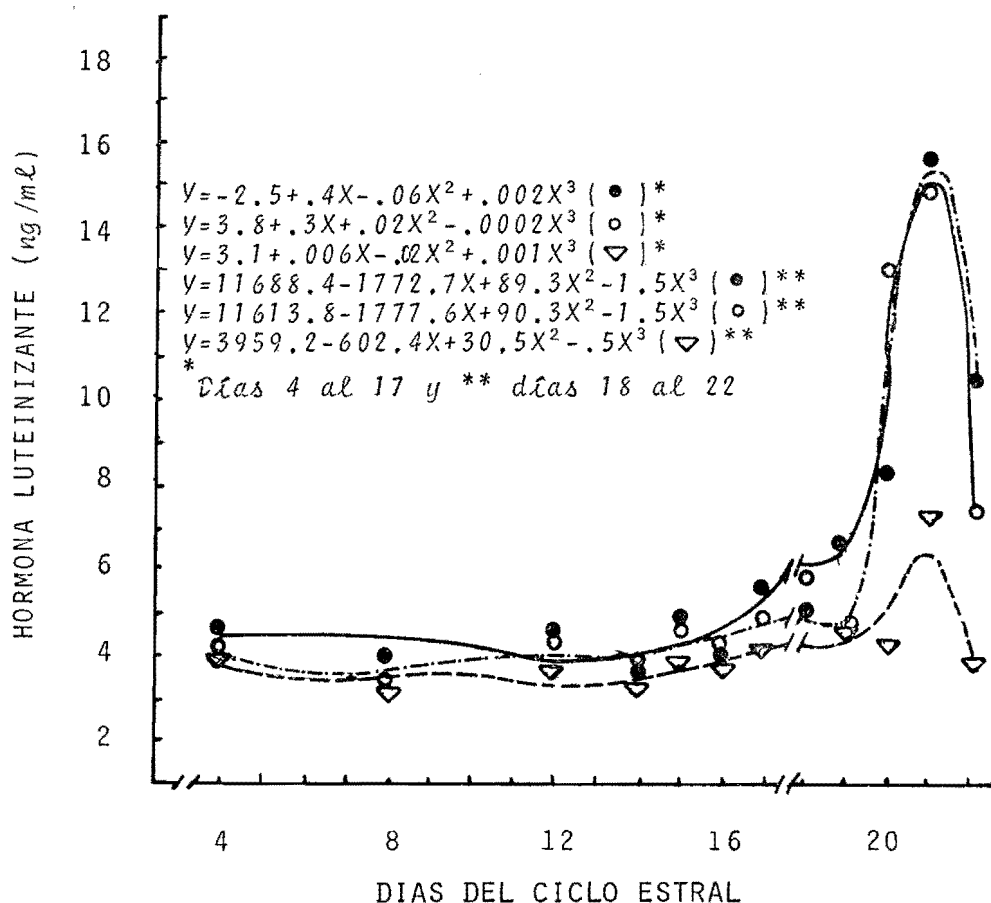
GRAFICA 2. PERFILES DE ESTRADIOL-17 β EN VACAS
 HOLSTEIN (—●—), HOLSTEIN x CEBU (—○—)
 Y CEBU (---▽) EN CLIMA TROPICAL

dedor del día 20, o sea un día antes de la presentación del celo (día 21). Después de iniciado el celo descendieron rápidamente lo cual señala indirectamente la acción de HL sobre las células de la granulosa para reducir la biosíntesis de E (Armstrong, 1979).

La R² para las ecuaciones que mejor describen la variación de HL del día 4 al 17 son las siguientes: 0.34, 0.63 y 0.69 para las razas, H, HC y C; del día 18 al 22 fueron 0.81, 0.99 y 0.67, respectivamente. Los valores basales de HL en la raza H aunque no fueron diferentes de las vacas H y HC se mantuvieron consistentemente por encima de los de estas últimas (Gráfica 3). El valor máximo de HL ocurrió en el día 21 (día del estro) y alrededor de 24 horas después del pico de E y fue casi 3 veces mayor en las vacas H y HC que en la C. Randel (1983) encuentra valores estadísticamente más bajos en las vacas C que en las *Bos taurus* o *Bos taurus* × Cebú, y en este estudio se encontró el mismo fenómeno pero sin detectar diferencias estadísticas

(Cuadro 1), posiblemente debido al bajo número de animales, a la alta variabilidad encontrada y a que en este trabajo en particular se presentan datos de muestras analizadas con 24 horas de diferencia de tomadas.

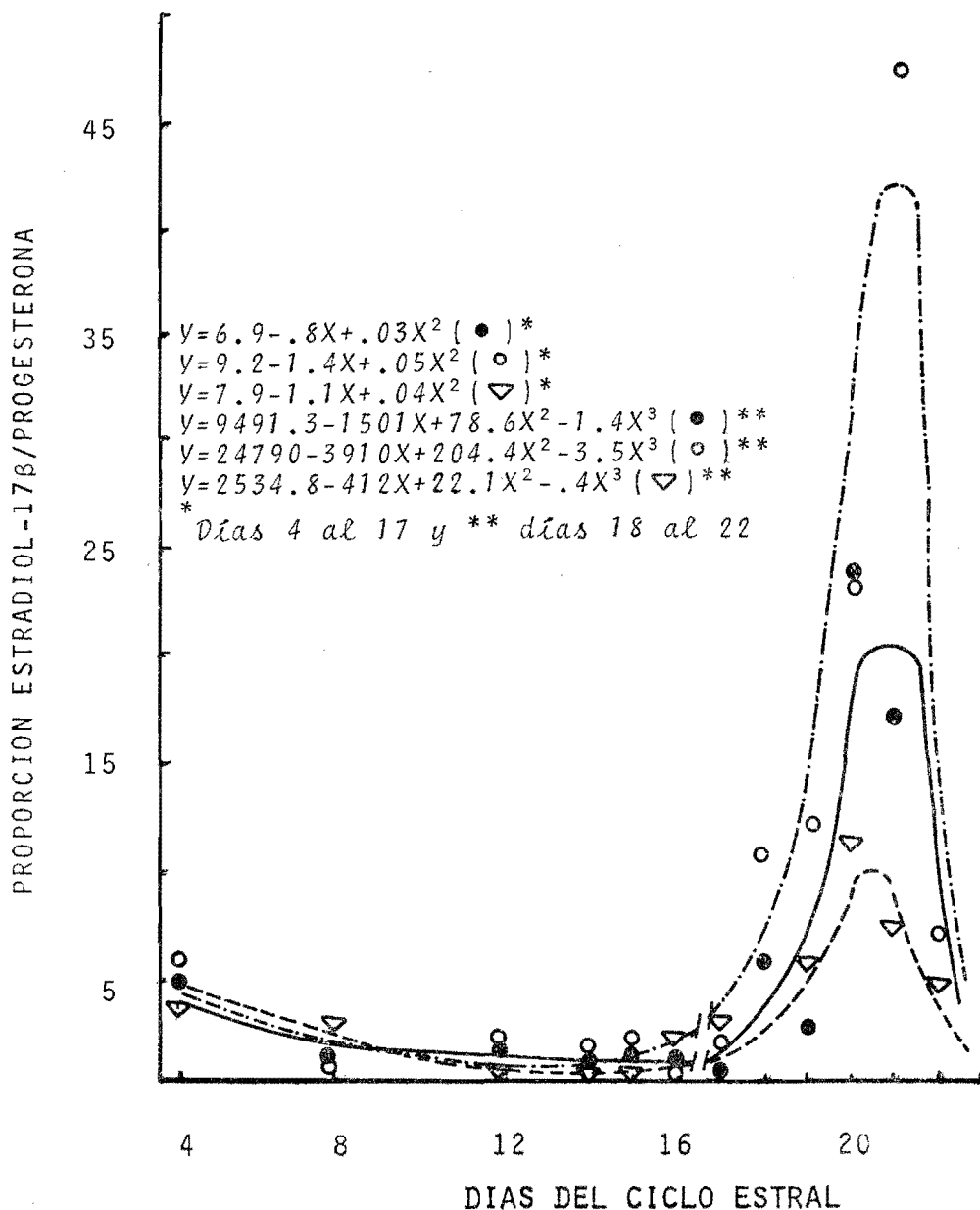
El adecuado balance de E y P durante todas las fases del ciclo estral es de primordial importancia en la preparación del medio ambiente uterino y da una mayor posibilidad de supervivencia del embrión (Caton *et al.*, 1974). Conociendo la PEP (E/P) se logra una idea clara de este balance. A mayores niveles de E la PEP se incrementa y viceversa. De los días 4 al 16 del ciclo los valores de la PEP estuvieron por debajo de 5 unidades (Gráfica 4), las ecuaciones que describen las curvas en este período tuvieron una R² de 0.90, 0.99 y 0.96 para las razas H, HC y C, respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 1) entre razas; sin embargo, en los días cercanos al estro (Gráfica 4) los valores de la PEP son entre 2 y 4 veces mayores en las vacas H y HC que en las C, lo cual



GRAFICA 3. PERFILES DE HORMONA LUTEINIZANTE
 EN VACAS HOLSTEIN (—●), HOLSTEIN x
 CEBU (---○) Y CEBU (---▽) EN CLIMA
 TROPICAL.

indica que hubo una mayor concentración de E en esos días (Gráfica 2). Las ecuaciones que mejor describen las curvas de regresión en los días cercanos al estro tuvieron una R^2 de 0.82, 0.81 y 0.93 para las razas H, HC y C, respectivamente. La significación fisiológica de este hecho no se puede interpretar con este estudio hasta confirmar si realmente existen diferencias entre razas y realizar otros estudios donde se estudie su efecto sobre la tasa de concepción y supervivencia embrionaria.

En el Cuadro 3 se encuentran los valores de P por estaciones. No se detectaron diferencias estadísticas al considerar los valores de cada hormona en conjunto durante el ciclo estral. En las siguientes gráficas se discutirá más acerca de estos valores. En la Gráfica 5 se muestran las curvas de regresión que describen la variación de P durante el ciclo estral considerando las dos estaciones. Durante la fase lútea del ciclo estral (días 8 al 16) los valores de P en EC estuvieron entre 15% y 28% por debajo



GRAFICA 4. PROPORCION ESTRADIOL-17 β /PROGESTERONA EN VACAS HOLSTEIN (—●), HOLSTEIN x CEBU (—·—○) Y CEBU (---▽) EN CLIMA TROPICAL.

CUADRO 3

Valores de progesterona (P), estradiol 17- β (E) y hormona luteinizante (HL) durante el ciclo estral de ganado bovino en dos estaciones del año ^a

Estaciones	P ^b	E ^c	HL ^b	PEP
Fría	2.0 \pm 0.1	2.7 \pm 0.2	4.9 \pm 0.9	8.4 \pm 2.8
Cálida	1.8 \pm 0.2	3.2 \pm 0.4	4.1 \pm 1.1	6.3 \pm 3.6

a Promedios mínimo cuadráticos \pm error estándar.

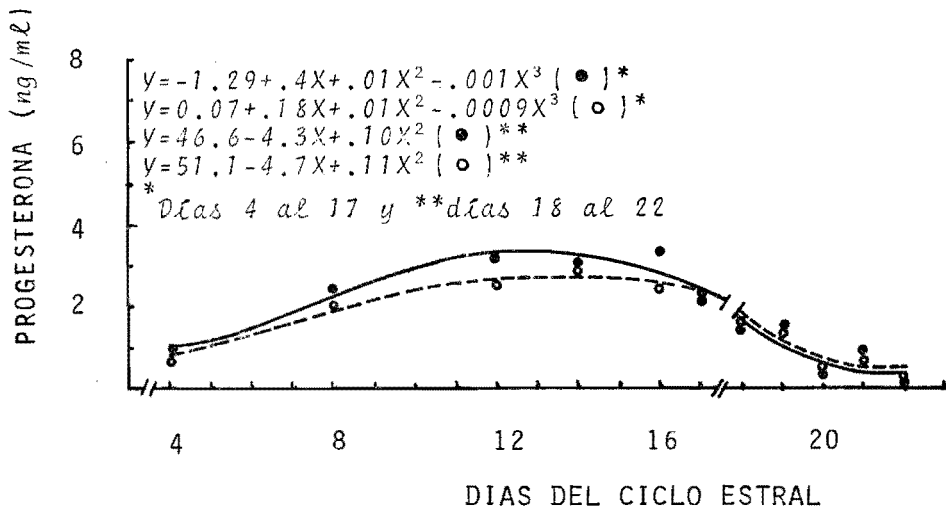
b Valores expresados en ng/ml.

c Valores expresados en pg/ml.

de la estación fría (EF). Las ecuaciones para los días 4 al 17 en la EF y EC tuvieron una R² de 0.94 y 0.93, respectivamente; del día 18 al 22 fueron de 0.93 y 0.97, respectivamente. Wolff, Monty y Foote (1977) señalan diferencias de P entre estaciones y asociaron la baja fertilidad durante EC con hipertermia y valores elevados de P. Sin embargo, otros investigadores no han encontrado ninguna asociación al respecto (Gwasdauskas, Thatcher y Wilcox, 1973). Roussel, Beatty y Lee (1977) mencionan que la concentración plasmática de P en la EC en vacas H es mayor (P < .01) que durante la EF. Vacas no lactantes bajo tensión térmica presentan valores semejantes de P que aquellas en condiciones de termoneutralidad. Sin embargo, en las vacas lactantes la concentración de P es mayor cuando se les somete a temperaturas elevadas que cuando están en temperatura confortable (Wolff, Monty y Foote, 1977). Bajo condiciones tropicales otros autores no han encontrado diferencias en los niveles absolutos de P durante el ciclo estral en vacas lactantes (Román Ponce, Thatcher y Wilcox, 1981) pero las pruebas de heterogeneidad de la regresión de las curvas de respuesta indicaron que la P en vacas bajo condiciones de tensión térmica (TT) es mayor. Por otro lado, en novillos sometidos en cámaras climáticas a exposiciones agudas de TT el total de progestágenos no cambió en relación con los mantenidos en temperatura ideal (Abilay, Mitra y Johnson, 1975). El mismo tratamiento anterior dado a vacui-

llas durante dos ciclos estrales consecutivos incrementó (P < .01) los niveles de P durante el primer ciclo en aquellas bajo TT. En el segundo los niveles fueron semejantes a los de vaquillas bajo condiciones térmicas normales (Abilay, Johnson y Madan, 1975) los niveles de cortisol se mantuvieron abajo de lo normal. Esto parece indicar que hay un mecanismo compensatorio para reducir la producción de calor mediante la disminución de cortisol, el cual es termogénico. Esta acción posiblemente se desarrolla a través de una disminución de la cantidad y actividad de la enzima 17 β hidroxilasa en la corteza adrenal, la cual es responsable de la síntesis de cortisol a partir de P y, por tanto, incrementa los niveles de esta última hormona (Roussel, Beatty y Lee, 1977; Abilay, Johnson y Madan, 1975).

Las ecuaciones que mejor describen la curva de regresión para E (Gráfica 6) entre estaciones tuvieron una R² de 0.77 y 0.71 de los días 4 al 17 y de 0.60 y 0.95 en los días 18 al 22 en la EF y EC, respectivamente. El valor máximo de E en la EC fue 1.9 veces más elevado que en la EF. Gwasdauskas *et al.* (1981), informan que la concentración de E fue más baja en vaquillas H sometidas a 32C que a 21.3C, encontrando una diferencia con probabilidad menor de 0.10, sin embargo, en las vaquillas sometidas a TT se logró incrementar 1.4C la temperatura rectal (P < .01) comparadas con las vaquillas testigos. En una publicación previa a la presente se indica que la temperatura rectal de las vacas de



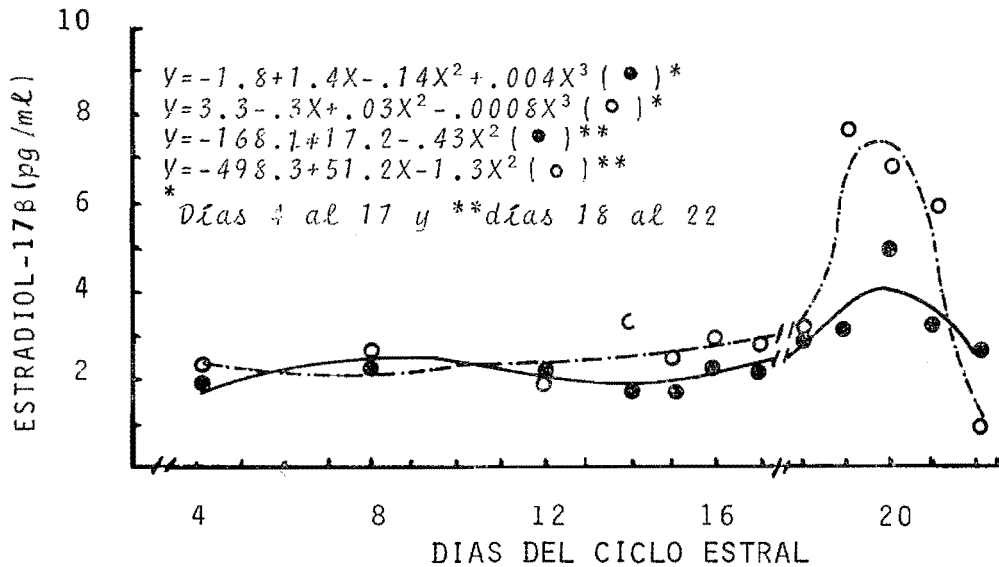
GRAFICA 5. PERFILES DE PROGESTERONA EN GANADO BOVINO DURANTE LA ESTACION CALIDA (----○) Y LA ESTACION FRIA (—●).

este estudio durante la EC se incrementó menos de 0.4C en comparación con la EF y no se detectaron efectos de estación sobre la duración del celo (Koppel *et al.*, 1984).

El papel de E además de ser importante en el transporte de los gametos antes y después de la ovulación en el tracto reproductivo (Hawk y Bolt, 1974) está relacionado con otros cambios fisiológicos que pueden tener significación en vacas bajo tensión térmica. Bajo la acción de E se incrementa el torrente sanguíneo al útero (Greiss y Anderson, 1970) y con ello la conducción calórica se altera reduciendo la temperatura uterina (Abrams *et al.*, 1973). La asociación negativa que existe entre temperatura uterina al momento de la inseminación y fertilidad quizá esté relacionada con los cambios de la secreción de E en las horas cercanas al inicio del estro (Gwazdauskas, Thatcher y Wilcox, 1973; Gwazdauskas *et al.*, 1974). En nuestro estudio los efectos fijos de raza, estación y estación \times raza no afectaron significativamente los niveles de E. Gwazdauskas *et al.* (1981), tampoco detectaron cambios de los perfiles de E en

vaquillas sometidas a TT, pero sus valores son similares a los encontrados en este estudio.

De las hormonas que regulan los procesos reproductivos, posiblemente la HL sea la que acusa más dramáticamente cualquier tipo de tensión. Asimismo, se han detectado diferencias substanciales entre genotipos (Randel, 1983). Las ecuaciones que describen las curvas de regresión para la HL en EF y EC tuvieron una R^2 de 0.51 y 0.30 en los días 4 al 17 y 0.74 y 0.77 en los días 18 al 22, respectivamente. Del día 4 al 17 los valores de HL de las dos estaciones son muy similares (Gráfica 7), sin embargo, en el día 21 (día del estro) el nivel de HL en la EC fue casi 60% más bajo en la EF. Los valores de HL están dentro del rango que presentan Snook, Saatman y Hansel (1971), Swanson y Hafs (1971) y Chenault *et al.* (1975). Los resultados de HL en este estudio concuerdan con los de Wolff, Monty y Foote (1977), Román-Ponce *et al.* (1981), Madan y Johnson (1971), Gwazdauskas *et al.* (1981), quienes encontraron una tendencia de HL



GRAFICA 6. PERFILES DE ESTRADIOL-17 β EN GANADO BOVINO DURANTE LA ESTACION CALIDA (---○) Y LA ESTACION FRIA (—●).

a ser menor durante el estro y ciclo estral en vacas o vaquillas *Bos taurus* sometidas a tensión térmica en cámaras climáticas o en forma natural. En regiones muy alejadas del ecuador donde los efectos del fotoperíodo son muy marcados en yeguas y ovejas se ha encontrado que hay perfiles de HL en bovinos que indican cierta estacionalidad aun cuando la especie ovula todo el año (Crister, Miller y Gunsett, 1983).

Anteriormente se mencionó que bajo la acción de E se incrementa el flujo sanguíneo al útero, reduciendo con ello la temperatura uterina (Greiss y Anderson, 1970; Abrams *et al.*, 1973). Sin embargo, en vacas ovariectomizadas sometidas a tensión térmica, el flujo sanguíneo al útero inducido por inyecciones de estradiol es 17% menor que en vacas bajo condiciones térmicas normales (Román-Ponce *et al.*, 1978). En borregos sometidos a tensión térmica el flujo sanguíneo se reduce también significativamente comparado con los testigos (Román-Ponce, 1977). El E y la P son las

principales hormonas reproductivas que regulan el flujo sanguíneo (Román-Ponce *et al.*, 1978) siendo de suma importancia la PEP (Caton *et al.*, 1974). Durante el celo la P se mantiene uniformemente baja (1ng/ml) y lo que más varía son los niveles de E circulantes. Una PEP elevada indica que los niveles de E son altos y viceversa (Caton *et al.*, 1974).

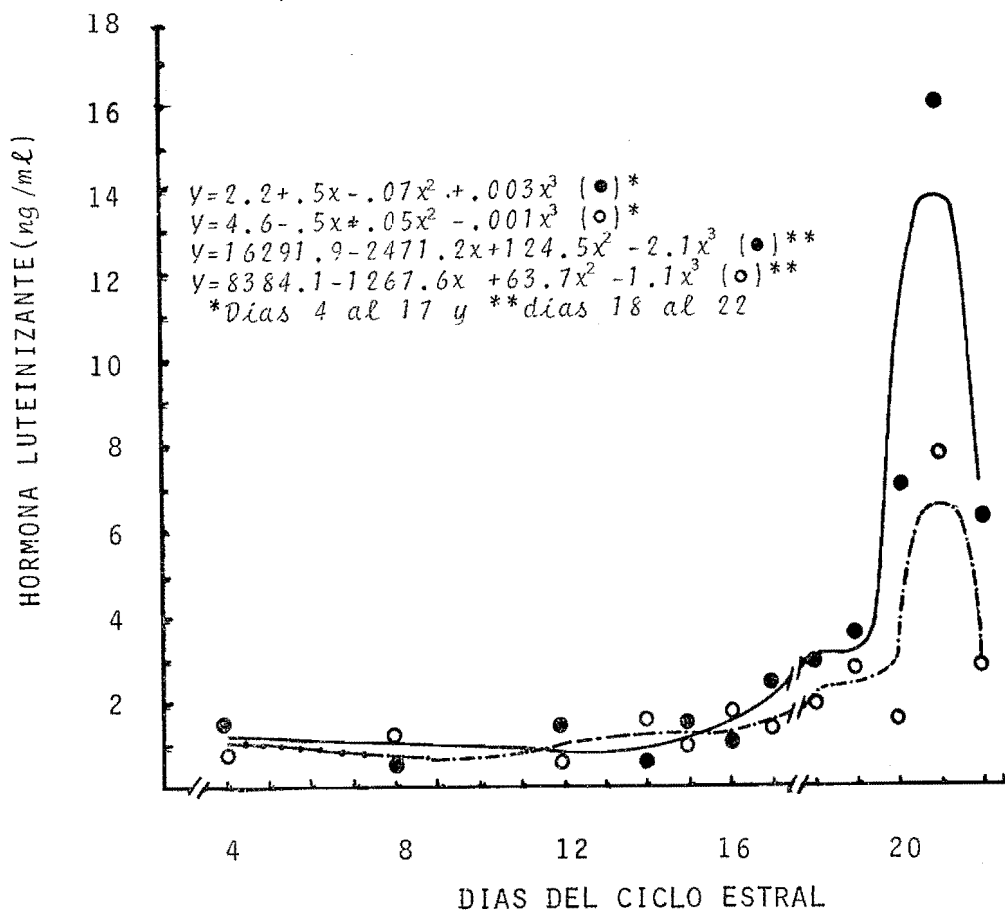
Aunque no existieron diferencias en los niveles de P y E durante el ciclo estral, se estima que la PEP es un estimador más preciso de los cambios en el balance hormonal. Las ecuaciones que mejor describen las curvas de regresión de PEP (Gráfica 8) en las estaciones fría y cálida tuvieron una R² de 0.96 y 0.89 del día 4 al 17, y de 0.90 y 0.92 del día 18 al 22, respectivamente.

La PEP fue un 40% menor en la EC que en la EF y en ambos casos comparable a la respuesta obtenida por otros autores al someter vacas a un régimen de TT (Román-Ponce *et al.*, 1981); Gwazdauskas *et al.* (1981). La baja fertilidad inducida por la

TT (Tucker, 1982) tal vez disminuya el flujo sanguíneo al útero, lo cual, a su vez, quizá altere el medio ambiente uterino al incrementar la temperatura disminuyendo la disponibilidad de agua y nutrientes, y alterando los procesos metabólicos tanto en el útero (Román-Ponce, Thatcher y Wilcox, 1981) como causando cambios físico-químicos en los oviductos (Thorne *et al.*, 1980). Esto a su vez se asocia con bajos porcentajes de concepción en vacas bajo

tensión térmica (Román-Ponce, Thatcher y Wilcox, 1981; Hernández, González y Román, 1984).

Se ha observado un incremento de catecolaminas en plasma de ganado bovino sometido a tensión térmica aguda o crónica (Alvarez y Johnson, 1973). Otros investigadores han encontrado que la epinefrina reduce el flujo sanguíneo al útero (Abrams *et al.*, 1971). Baja condiciones experimentales la adición de epinefrina a animales ovariec-

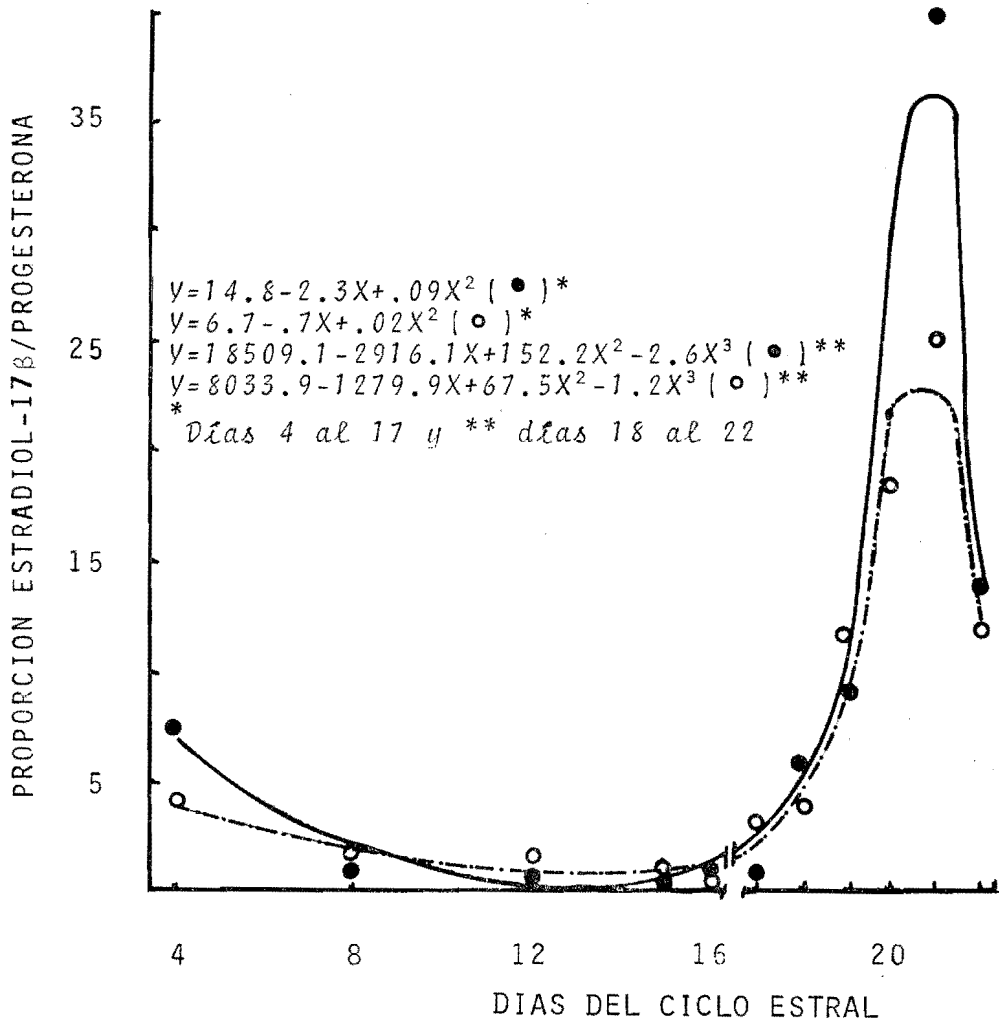


GRAFICA 7. PERFILES DE HORMONA LUTEINIZANTE EN GANADO BOVINO DURANTE LA ESTACION CALIDA (--- ○) Y LA ESTACION FRIA (— ●).

tomizados reduce el flujo sanguíneo al útero en un 55% (Román-Ponce, 1977). Bajo condiciones reales de manejo se desconoce aún cuál puede ser la interacción entre la PEP y los niveles de epinefrina sobre el porcentaje de concepción.

Muchos informes señalan diferencias no-

tables desde el punto de vista reproductivo entre ganado *Bos indicus* y *Bos taurus* y entre estaciones del año (Rhodes, Randel y Long, 1982; Rhodes, Randel y Harms, 1978; Hernández, González y Román, 1984; Koppel *et al.*, 1984; Adeymo y Heath, 1980; Román-Ponce, Thatcher y



GRAFICA 8. PROPORCION ESTRADIOL-17β/PROGESTERONA EN GANADO BOVINO DURANTE LA ESTACION CALIDA (---- ○) Y LA ESTACION FRIA (— ●).

Wilcox, 1981; Roussel, Beatty y Lee, 1977). El presente estudio no pudo aportar evidencias de que el genotipo o la estación modifican los niveles de P, E, HL y PEP al menos en animales bajo este sistema de ordeña y días postparto. Posiblemente la baja eficiencia reproductiva observada durante la EC en ganado Holstein y Pardo Suizo en el trópico (Hernández, González y Román, 1984) se deba al incremento de temperatura corporal durante la mencionada EC (Koppel *et al.*, 1984) ya que otros resultados indican que existe una mayor asociación entre baja fertilidad y temperatura que entre fertilidad y niveles hormonales (Gwazdauskas, Thatcher y Wilcox, 1973). Sin embargo, quizá los cambios sutiles de la PEP entre razas y estaciones sean suficientes para deprimir el flujo sanguíneo al útero lo cual, a su vez, altera las condiciones físico-químicas en el mismo, asociándose esto a su vez con menores porcentajes de concepción.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. H. Allen Garverick las facilidades proporcionadas para el análisis de hormonas y a la Sra. Geor-

gia MoreHouse de la Universidad de Misouri-Columbia por su colaboración prestada para analizar las muestras. Asimismo, deseamos agradecer a los Sres. Régulo Morales y Odilón Reyes su ayuda eficiente y alto sentido de responsabilidad en la conducción del experimento.

Summary

One experiment was conducted to evaluate the effects of breed Holstein-Friesian (H), Zebu (Z) and H x Z and season (WS = warm season; CS = cold season) over progesterone (P₄), 17 β -estradiol E₂6) luteinizing hormone (LH) and E₂6/P₄ ratio during the estrous cycle of lactating cows in a tropical environment. One plasma sample (10 ml) was obtained on days 4, 8, 12, 14, 15 through 23 of the estrous cycle (day of estrous = 0). Hormone concentration was determined by radio-immunoanalysis. The statistical analysis showed no differences among breeds or between seasons. However regression analysis showed a slight trend of HL and PEP to be lower in Z cows and WS than H and HC, and CS respectively.

Literatura citada

- ABILAY, T.A., R. MITRA and H.D. JOHNSON, 1975, Plasma cortisol and total progestin levels in Holstein steers during acute exposure to high environmental temperature (42°C) conditions. *J. Anim. Sci.* 41:113.
- ABILAY, T.A., H.D. JOHNSON and M. MADAN, 1975, Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58:1836.
- ABRAMS, R.M., D. CATON, J. CLAPP and D.H. BARRON, 1971, Temperature differences in the reproductive tract of non pregnant ewes. *Am. J. Obstet. Gynec.* 110:370.
- ABRAMS, R.N., W.W. THATCHER, F.W. BAZER and C.J. WILCOX, 1973, Effect of estradiol-17 β on vaginal thermal conductance in cattle. *J. Dairy Sci.* 56:1058.
- ADEYMO, O. and E. HEATH, 1980, Plasma progesterone concentrations in *Bos taurus* and *Bos indicus* heifers. *Therio.* 14:411.
- ALVAREZ, M.B. and H.D. JOHNSON, 1973, Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamina and glucocorticoide. *J. Dairy Sci.* 56:189.
- ARMSTRONG, D.T., 1979, Alterations of progesterone metabolism in immature rat ovaries by luteinizing hormone. *Biol. Rep.* 21:1025.
- BARR, J.A., J.H. GOODNIGHT, J.P. SALL, W.H. BLAIR and D.M. CHILCO, 1979, SAS user's guide. SAS Institute, Inc. Raleigh, North Carolina, 27605.
- CANTLEY, T.C., H.A. GARVERICK, C.J. BIERSCHWAL, C.E. MARTIN and R.S. YOUNGQUIST, 1975, Hormonal response of dairy cows with ovarian cysts to GnRH. *J. Anim. Sci.* 41:1666.
- CATON, D., R.M. ABRAMS, J.F. CLAPP and D.H. BARRON, 1974, The effect of exogenous progesterone on the rate of blood flow of the uterus of ovariectomized sheep. *Quart. J. Exptl. Phys.* 59:225.

- CASTILLO, R.H., F.J. PADILLA R., J.A. RIVERA M., J. FAJARDO G. y J.M. PÉREZ S., 1983, Ciclo anual de las fecundaciones en *Bos indicus* y *Bos taurus* × *Bos indicus* mantenido en clima tropical. *Reunión Invest. Pec. Méx.* 83:86.
- CHENAULT, J.R., W.W. THATCHER, P.S. KALRA, R.M. ABRAMS and C.J. WILCOX, 1975, Transitory changes in plasma progestins, estradiol and luteinizing hormone approaching ovulation in the bovine. *J. Dairy Sci.* 58:709.
- CRISTER, J.K., K.F. MILLER, F.C. GUNSETT and O. J. GINTHER, 1983, Seasonal LH profile in ovariectomized cattle. *Therio.* 19:181.
- FUQUAY, J.W., 1981, Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52(1):164.
- GREISS, F.C and S.G. ANDERSON, 1970, Effect of ovarian hormones on the uterine vascular bed. *Amer. J. Obstet. Gynecol.* 107:829.
- GWAZDAUSKAS, F.C., W.W. THATCHER and C.J. WILCOX, 1973, Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which may affect conception. *J. Dairy Sci.* 56:873.
- GWAZDAUSKAS, F.C., R.M. ABRAMS, W.W. THATCHER, F.W. BAZER and D. CATON, 1974, Thermal changes of the bovine uterus following administration of estradiol-17 β . *J. Anim. Sci.* 39: 87.
- GWAZDAUSKAS, F.C., W.W. THATCHER, C.A. KIDDY, M.J. PAAPE and C.J. WILCOX, 1981, Hormonal patterns during heat stress following PGF₂ α . Tam salt induced luteal regression in heifers. *Therio.* 16:271.
- HAWK, H.M. and D.J. BOLT, 1974, Uterine motility in ewes *in vivo* and *in vitro*. *J. Anim. Sci.* 39:210.
- HERNÁNDEZ, L.J.J. y E. GONZÁLEZ P., 1983, Comportamiento reproductivo de ganado lechero en clima tropical. Duración del estro y hora de ovulación. *Téc. Pec. Méx.* 45:17.
- HERNÁNDEZ L., J.J., E. GONZÁLEZ P. y H. ROMÁN P., 1984, Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 4. Variaciones estacionales de temperatura y humedad relativa y su efecto sobre el porcentaje de concepción en vacas Holstein y Suizo Pardo. *Téc. Pec. Méx.* 47.
- KOPPEL, R.E., F.J. PADILLA R., J.J. HERNÁNDEZ L., H. ROMÁN P., J. PÉREZ S. y H. CASTILLO R., 1984, Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 5. Duración del estro, ovulación y respuestas fisiológicas de tres genotipos en dos estaciones del año. *Téc. Pec. Méx.* 47.
- KESLER, D.J., H.A. GARVERICK, R.S. YOUNGQUIST, R.G. ELMORE and C.J. BIERSCHWAL, 1977, Effect of days postpartum and endogenous reproductive hormones on GnRH induced LH release in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46:797.
- MADAN, M.L. and H.D. JOHNSON, 1971, Temperature effects on circulating luteinizing hormone during bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 54:793.
- RANDEL, R.D., 1938, Brahman cows and heifers are different. *Proc. XXXII Ann. Beef Cattle Short Course Univ. of Florida*, 46.
- RHODES, R.C. III, R.D. RANDEL and C.R. LONG, 1982, Corpus luteum function in the bovine: *in vivo* and *in vitro* evidence for both a seasonal and breed type effect. *J. Anim. Sci.* 55:159.
- RHODES, R.C. III, R.D. RANDEL and P.G. HARMS, 1978, Reproductive studies of Brahman cattle IV. Luteinizing hormone levels in ovariectomized Brahman, Brahman × Hereford and Hereford cows following a 20 mg dose of estradiol-17 β . *Therio.* 10:429.
- ROMÁN-PONCE, H., 1977, Evaluation of thermal stress effects on fertility, hormonal balance and uterine blood flow. Ph.D. Thesis. Univ. of Florida, 119.
- ROMÁN-PONCE, H., W.W. THATCHER, D. CATON, D.H. BARRON and C.J. WILCOX, 1978, Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46:175.
- ROMÁN-PONCE, H., W.W. THATCHER and C.J. WILCOX, 1981, Hormonal interrelationships and physiological response of lactating dairy cows to a shade management system in a subtropical environment. *Therio.* 16:139.
- ROMERO, A.A., E. HERNÁNDEZ R., E. GONZÁLEZ P., C. VÁZQUEZ P., 1983, Estacionalidad reproductiva de bovinos ubicados al oriente de Yucatán en trópico subhúmedo. *Reunión Invest. Pec.*, 1983, 68.
- ROUSSEL, J.D., J.F. BEATTY and J.A. LEE, 1977, Influence of season and reproductive status on peripheral plasma progesterone levels in the lactating bovine. *Int. J. Biometor.* 21:85.
- SNOOK, R.D., R.R. SAATMAN and W. HANSEL, 1971, Serum progesterone and luteinizing hormone levels during the bovine estrous cycle. *Endocrinology*, 88:678.
- SWANSON, L.V. and H.D. HAFS, 1971, LH and prolactin in blood serum from estrous to ovulation in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 33:1038.
- TUCKER, H.A., 1982, Seasonality in cattle. *Therio.* 17:53.
- THORNE, J.G., C.W. FOLEY, D.A. CLARK, D.P. HUTCHESON and L.E. McDONALD, 1980, Physicochemical properties of oviductal fluid from rabbits exposed to heat stress. *Therio.* 13:127.
- WOLFF, V.L., D.E. MONTY and W.C. FOOTE, 1977, Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 38:1027.