

01669
ley.
2

**EVENTOS ENDOCRINOS DURANTE EL PROESTRO Y ESTRO EN VACAS
INDOBRASIL Y PARDO-SUIZO EN EL TROPICO.**

**Trabajo presentado ante la
División de Estudios Superiores de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

de la:

**Universidad Nacional Autónoma de México,
para la obtención del grado de**

MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL.

por

FERMIN JIMENEZ KRASSEL

NOVIEMBRE DE 1985.

APROBADO POR:

ARTURO DUCHATEAU BARRAGAN

RICARDO NAVARRO FIERRO

CARLOS S. GALINA HIDALGO

Agesor principal

**TRABAJO CON
CALIFICACION**



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.

LISTA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
1.1. Problema a investigar.....	1
1.2. Objetivo.....	2
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1. Duración del ciclo estral.....	3
2.1.1. Fases del ciclo estral.....	4
2.1.2. Conducta sexual.....	8
2.2. Fertilidad.....	10
2.3. Algunos aspectos en la endocrinología de la reproducción.....	13
2.3.1. Gonadotropinas.....	13
2.3.2. Hormonas esteroides.....	14
2.3.3. Prostaglandinas.....	15
2.3.4. Actividades reproductivas y hormona- les.....	17
2.4. Sincronización de los ciclos estrales.....	23
2.4.1. Progestágenos.....	23
2.4.2. Las prostaglandinas en el control de estros.....	30
2.5. Efecto de las prostaglandinas en los nive- les endócrinos.....	38
III. MATERIAL Y METODOS.....	41
3.1. Localización.....	41
3.2. Animales experimentales.....	41
3.3. Diseño experimental.....	41
3.4. Radioinmunoanálisis.....	43
3.5. Análisis estadístico.....	46

	<u>Página</u>
IV. RESULTADOS.....	54
V. DISCUSION.....	90
VI. CONCLUSIONES.....	100
VII. LITERATURA CITADA.....	102

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1. Duración del ciclo estral y del estro en ganado <u>Bos taurus</u> y <u>Bos indicus</u> .	3
2. Momento en que ocurre la ovulación en relación al estro en vacas <u>Bos indicus</u> y <u>Bos taurus</u> .	7
3. Porcentajes de fertilidad al primer servicio y total en ganado <u>Bos indicus</u> y <u>Bos taurus</u> .	11
4. Actividad relativa en la reacción cruzada en el análisis de Estradiol y los coeficientes de variación inter-ensayo.	45
5. Niveles de progesterona en siete vacas Indobrasil durante el ciclo estral.	79
6. Niveles de progesterona en seis vacas Pardo Suizo durante el ciclo estral.	80
7. Análisis de covarianza para la concentración de progesterona en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con $PGF_{2\alpha}$.	81
8. Análisis de covarianza para la concentración de progesterona en vacas Indobrasil y Pardo Suizo durante la regresión natural del cuerpo lúteo y después de la sincronización con Prostaglandina $F_{2\alpha}$.	82
9. Análisis de covarianza para la concentración de 17- β estradiol en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con Prostaglandina $F_{2\alpha}$.	83
10. Análisis de covarianza para la concentración de 17- β estradiol en vacas Indobrasil y Pardo Suizo en el estro natural y después de la sincronización con $PGF_{2\alpha}$.	84

CuadroPágina

11. Análisis de varianza de la concentración de la hormona luteinizante en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con Prostaglandina $F_{2\alpha}$. 85
12. Análisis de varianza de la concentración de LH en vacas Indobrasil y Pardo Suizo durante el estro natural y sincronizado con $PGF_{2\alpha}$ en relación al inicio del estro. 86
13. Análisis de varianza de la concentración de LH en vacas Indobrasil y Pardo Suizo durante el estro natural y sincronizado con $PGF_{2\alpha}$ en relación a la máxima concentración. 87
14. Análisis de varianza para el área bajo la curva de LH entre las razas Indobrasil y Pardo Suizo y entre estro natural y sincronizado. 88
15. Intervalo entre el inicio del estro y el pico de LH en vacas Indobrasil y Pardo Suizo durante el estro natural y sincronizado con prostaglandina $F_{2\alpha}$. 89

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1. Niveles de progesterona en vacas Indobrasil y Pardo Suizo durante el ciclo estral.	61
2. Distribución de la concentración de progesterona comparando ganado Indobrasil y Pardo Suizo con los modelos trigonométricos.	62
3. Concentración de progesterona durante los primeros 13 días de los ciclos estrales y después de la administración de prostaglandina $F_{2\alpha}$.	63
4. Niveles plasmáticos de progesterona en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después de la administración de 25 mg de $PGF_{2\alpha}$.	64
5. Concentración de progesterona en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con prostaglandina $F_{2\alpha}$.	65
6. Concentración de progesterona durante la regresión natural del cuerpo lúteo en vacas Indobrasil y Pardo Suizo explotadas en condiciones tropicales.	66
7. Concentración de 17- β estradiol en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con prostaglandina $F_{2\alpha}$.	67
8. Niveles plasmáticos de 17- β estradiol en vacas Indobrasil y Pardo Suizo después del tratamiento con $PGF_{2\alpha}$ en relación al inicio del estro.	68
8.a. Concentración de 17- β estradiol después de la inyección de $PGF_{2\alpha}$ en vacas Indobrasil explotadas en el trópico.	69
8.b. Concentración de 17- β estradiol después de la inyección de $PGF_{2\alpha}$ en vacas Pardo Suizo en condiciones tropicales.	70

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
9.	Concentración de 17- β estradiol durante la fase folicular del ciclo estral en vacas Indobrasil y Pardo Suizo en relación al inicio del estro.	71
9.a.	Concentración de 17- β estradiol después del día 18 del ciclo estral en vacas Indobrasil explotadas en el trópico.	72
9.b.	Concentración de 17- β estradiol después del día 18 del ciclo estral en vacas Pardo Suizo explotadas en el trópico.	73
10.	Niveles plasmáticos de la hormona luteinizante después de la administración de 25 mg de PGF ₂ α en vacas Indobrasil y Pardo Suizo.	74
11.	Niveles plasmáticos de la hormona luteinizante después del tratamiento con PGF ₂ α en vacas Indobrasil y Pardo Suizo.	75
12.	Concentración de la hormona luteinizante durante el proestro y estro natural en vacas Indobrasil y Pardo Suizo explotadas en el trópico.	76
13.	Concentración de la hormona luteinizante durante el estro sincronizado en vacas Indobrasil y Pardo Suizo.	77
14.	Concentración de la hormona luteinizante durante el estro natural y vacas Indobrasil y Pardo Suizo.	78

R E S U M E N

JIMENEZ KRASSEL FERMIN. Eventos endócrinos durante el proestro y estro en vacas Indobrasil y Pardo Suizo en el trópico. (Bajo la dirección de Carlos Galina Hidalgo). 1985.

Se diseñó un experimento en el que se utilizaron siete vacas Indobrasil (IB) y seis Pardo Suizo (PS) adultas y no lactantes con el propósito de conocer los cambios hormonales que suceden y hacer una comparación entre razas y entre tratamientos (estro natural ES y sincronizado ES). Dicha información se utilizó para establecer el momento más conveniente para realizar la inseminación artificial del ganado cebú explotado en condiciones tropicales. Los animales se mantuvieron en un potrero de dos hectáreas y durante un período de dos meses se muestrearon cada tres días por punción de la arteria o vena caudal para determinar la concentración de progesterona (P_4) durante el ciclo estral (CEN). Posteriormente se aplicaron dos inyecciones de 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) con 11 días de diferencia; después de la primera inyección se siguió muestreando hasta el día 16 del ciclo estral sincronizado. Además, el muestreo se realizó cada 3 hr durante los 5 días posteriores a la segunda inyección para determinar los niveles de P_4 , 17β estradiol (E_2) y hormona luteinizante (LH) en el ES y, por 5 días a partir del día 18 del ciclo estral para determinar estas hormonas durante el EN. En el CEN, la concentración de P_4 no fue en ningún momento mayor a 3.0 y 2.2 ng/ml en las vacas PS e IB respectivamente; sin embargo, después de la primera aplicación de $PGF_{2\alpha}$ aumentó a 3.4 ng/ml en ambas razas hacia el día 13 del ciclo, siendo

esta diferencia significativa ($P < 0.001$). Asimismo, la concentración de P_4 al realizar el segundo tratamiento y en el día 18 del ciclo estral fue mayor a la obtenida durante el CEN (6.1 y 5.4 ng/ml en el ES y 3.5 y 4.5 ng/ml en el EN para IB y PS respectivamente). El 83% de los animales respondió a la segunda inyección y el celo se presentó a las 75.0 ± 12.2 y 69.3 ± 10.6 hr postratamiento en las vacas IB y PS. La concentración de E_2 en el ES alcanzó sus máximos niveles entre 45 y 30 hr antes del estro en las vacas IB (17 a 19 pg/ml) y entre 39 y 9 hr en las PS (11 pg/ml). En el EN, el E_2 aumentó a 15 y 11 pg/ml en las vacas IB y PS antes del estro. El pico de LH ocurrió a las 84.0 ± 15.6 y 79.3 ± 13.1 hr postratamiento, alcanzando una concentración de 31.0 ± 27.4 y 22.0 ± 12.2 ng/ml en las vacas IB y PS respectivamente. En el EN, las concentraciones fueron de 31.2 ± 17.6 y 39.5 ± 21.9 ng/ml en IB y PS respectivamente, existiendo una interacción raza x tratamiento ($P < 0.05$). Los intervalos inicio del estro-pico de LH fueron de 2.2 vs 7.5 hr en el EN y de 9.0 vs 5.6 hr en el ES para las vacas IB y PS respectivamente. Se requieren más estudios para comprobar las diferencias entre razas y tratamiento para los niveles de P_4 , E_2 y LH; con base en estos resultados posiblemente la inseminación artificial se deba realizar más temprano en las vacas cebú que en las europeas durante el estro natural.

I INTRODUCCION

1.1. Problema a investigar.

Los parámetros reproductivos del ganado cebuino presentan diferencias en relación a las vacas de origen europeo. Por ejemplo, en un estudio se encontró que los intervalos parto-primer servicio y parto-concepción son mayores para vacas de razas Bos indicus que para sus cruizas con ganado europeo (158.9 vs 100.9 y 168.1 vs 122.1 días respectivamente). En estos últimos, la proporción de estros dentro de los primeros 180 días es 26.4% mayor que en el ganado cebuino; lo que influye de manera importante en el intervalo entre partos. La principal diferencia fisiológica que se encuentra entre estas razas es la mayor duración del anestro lactacional en el ganado cebú, posiblemente influido por la estación, la época del parto y por el efecto que produce el amamantamiento (96).

Estas no son las únicas diferencias que se encuentran entre Bos taurus y Bos indicus, ya que desde el punto de vista de la endocrinología del ciclo estral también se presentan. Por ejemplo, los niveles plasmáticos de la progesterona y de la hormona luteinizante son menores en las razas de origen cebuino que en las europeas (2, 35, 114, 154).

También se informan diferencias del comportamiento sexual (38, 107) cuando, se compara el ganado cebú y el europeo, ya que la duración del estro en los primeros es menor, así como la duración e intensidad de los signos de estro es bastante reducida cuando se le compara con el ganado especia-

lizado en la producción de leche: 12 vs 18 horas (108).

1.2. Objetivo

Debido a todas las diferencias expuestas anteriormente, es lógico suponer que las características endócrinas del ganado cebú durante el proestro y estro sean diferentes a las del ganado europeo. Por esta razón se considera necesario conocer el patrón endócrino del proestro y estro, tanto natural como inducido con prostaglandinas, para comparar los cambios hormonales que ocurren entre tratamiento y raza y tratar de establecer el momento más conveniente para realizar la inseminación artificial en el ganado cebú que se explota en condiciones tropicales.

II

REVISION DE LITERATURA

2.1. Duración del ciclo estral.

El ciclo estral se define como el intervalo que existe entre dos períodos de estro. Así tenemos que la duración del ciclo estral de la vaca es muy variable; se informa de un rango de 18 a 24 días, un promedio de 21 días y una desviación estandar de 3.7 días; mientras que en vaquillas, la duración es de 20.2 ± 2.3 días. Estas cifras corresponden al ganado productor de leche y carne de razas europeas (10, 24, 29, 48, 98).

La duración del ciclo estral presenta variaciones individuales y de raza. Estas variaciones están influidas por efecto de la estación, época de lluvia o de seca, temperatura ambiental y por el método de detección de calores que se utilizó para determinar la duración (Cuadro 1).

Wishart (161) observó, por ejemplo, que la duración del ciclo estral de vaquillas Friesian es cinco días más corto durante los meses de primavera y verano que en los meses de otoño e invierno. Estas variaciones también se observaron en razas cebuinas en Nigeria. Zakari et al. (164), percibieron un aumento gradual en la duración de los ciclos estrales de vacas Bunaji y Bokoloji, durante las estaciones de secas y el inicio de la lluviosa, ocasionando una reducción del número de ciclos estrales en esta época.

En condiciones de temperatura controlada, Gangwar et al. (39), encontraron que la duración del ciclo estral de

CUADRO 1. DURACION DEL CICLO ESTRAL Y DEL ESTRO EN GANADO Bos taurus y Bos indicus.

REFERENCIA	PAIS	RAZA	DURACION DEL	
			CICLO ESTRAL(DIAS)	ESTRO(HS)
Adeyemo <u>et al.</u> (3)	Nigeria	German Brown	21.0	16.2
		Holstein	20.1	15.0
		White Fulani	21.4	14.6
Anderson (7)	Kenia	Cebú	23.0	4.8
		Cruza	22.4	7.4
Badawy <u>et al.</u> (10)	Egipto	Holstein	21.0	17.8 ^a
			19.7	15.8 ^b
Donaldson <u>et al.</u> (26)	Australia	Brahman	-	13.4 ^c
				14.2 ^d
		British	-	12.9 ^c
				14.3 ^d
		Lechera	-	13.5 ^c
Galina <u>et al.</u> (38)	México	Charolais	-	14.5 ^d
		CharolaisXBrahman	-	14.6
Gangwar <u>et al.</u> (39)	California E.E.U.U.	Holstein	20	20. ^e
			25	11 ^f
			22	20 ^g
			21	14 ^h

a) Vacas
b) Vaquillas
c) Sincronización

d) Control
e) En primavera
f) Temperatura controlada a 35°C

g) Con aire acondicionado
h) Verano

CUADRO 1 (CONTINUACION)

REFERENCIA	PAIS	RAZA	DURACION DEL	
			CICLO ESTRAL(DIAS)	ESTRO(HS)
González (46)	Brasil	Cebú lechero	20.8	17.5
		Indobrasil	20.8	14.8
		Nellore	20.8	12.0
Islas (70)	México	Brahman	-	8.3
Jaume <u>et al.</u> (72)	Brasil	FriesianXCebú	-	21.7 ^a
			-	19.8 ^b
Lira (93)	México	Indobrasil	-	7.4
Orihuela (107)	México	Indobrasil	-	15.4 ^c
			-	15.0 ^d
3-4 Relambufiringa (117)	C. Marfil	N'Dama	21.1	8.9
			Royes <u>et al.</u> (132)	-
				5.4 ^f
				5.4 ^g
				6.8 ^h
Thomas (149)	México	Gyr	-	9.9
Wagnon <u>et al.</u> (157)			19.4 ⁱ	-
Zakari <u>et al.</u> (164)	Nigeria	Bojani	19.8 ^j	-
			22.8	6.4 ^a
		Bokoloji	23.7	11.7 ^b
				5.2 ^k
				10.9 ^l

a) Natural

b) Sincronizado

c) Grupo homosexual

d) Con la presencia del toro

e) Primavera

f) Verano

g) Otoño

h) Invierno

i) Estresados

j) Sin tensión

k) Epoca seca

l) Epoca lluviosa

vaquillas Holstein aumenta cuando la temperatura ambiente se eleva hasta 35°C. Estos resultados sugieren un efecto detrimental de la temperatura en la duración del ciclo estral al provocar que se prolongue en el ganado europeo y posiblemente esta sea una de las causas de la mayor duración del ciclo en vacas cebú en condiciones tropicales.

Por otro lado, Wagnon et al. (157), no encontraron evidencia de que la tensión provocada por el manejo cause alteraciones en la duración del ciclo estral de vaquillas cruzadas con Hereford. Sin embargo, estos autores mencionan una alta incidencia de ciclos estrales cortos aunque al hacer la comparación estadística no se encontraron diferencias.

2.1.1. Etapas del ciclo estral.

Los principales acontecimientos del ciclo estral de la vaca se encuentran relacionados al crecimiento folicular y al desarrollo del cuerpo lúteo (CL). El primero se puede dividir en proestro y estro; mientras que el período de crecimiento del CL se divide en metaestro y diestro. Estas fases ocurren de manera cíclica y secuencial, excepto por los períodos de anestro presentes en los animales estacionales como la yegua y la oveja, así como por el provocado por la gestación y por el período posparto en casi todas las especies.

Proestro.

El proestro se inicia con la regresión del CL y la disminución de los niveles circulantes de progesterona y se prolonga hasta el inicio del estro. La principal característica de este período es el crecimiento folicular y la producción de estradiol; el estradiol provoca un aumento en el aporte sanguíneo al aparato genital tubular, iniciándose un

edema desde la vulva hasta los oviductos, pero principalmente en el útero. La vulva se inflama hasta cierto grado, el vestíbulo se torna hiperémico y se secreta moco vaginal claro por parte de las glándulas del cervix y de la vagina. El crecimiento folicular es tan aparente que el folículo se eleva y hace protusión por encima del cuerpo del ovario y que ahora recibe el nombre de folículo de von Graaf. Este periodo tiene una duración de dos a tres días (98).

Estro.

El estro se define como el periodo de receptividad sexual y ocurre cuando la hembra acepta la monta; debido al efecto del estradiol en el sistema nervioso central se originan las manifestaciones cíclicas del celo. La duración del estro varía entre las diferentes especies. En la vaca, tiene una duración de 12 a 18 horas (141). Al igual que el ciclo estral, el estro presenta variaciones individuales, raza, y estación (Cuadro 1). El estro tiene una duración promedio de 17.8 y 15.3 horas en vacas y vaquillas de origen europeo (98). Mientras que en la vaca cebú, la duración del estro está bastante reducida: 6.7 horas en vacas Brahman (113).

Wishart (161) revisó algunos de los factores que pueden afectar la duración del estro. Estos factores pueden ser la raza, el clima, la temperatura, la presencia del seminal así como el curso, frecuencia y duración de las observaciones. Además se deben incluir la salud, nutrición, producción, intervalo posparto, el número de animales en estro al mismo tiempo y el número de la lactancia.

Como se puede observar el Cuadro 1, la duración del estro en razas de origen cebuino es menor (10 horas en promedio) que en ganado europeo, en las que se mencionan hasta 21

horas de duración.

Aparentemente las diferencias entre razas están influidas por las condiciones climáticas, de tal forma que las condiciones extremas podrían afectar la duración del estro y aún inhibirla por completo. Gangwar et al. (39), mencionan que las temperaturas elevadas disminuyen la duración del estro en un promedio de 10 horas en vaquillas Holstein. Una de las causas probables sería al provocar una alteración hormonal o bien afectar al sistema nervioso central; lo que ocasiona que los signos de estro sean poco manifiestos y de corta duración, dificultando la detección de los mismos.

Por otro lado, la duración del estro está influida por variaciones estacionales, ya que se ha observado un acortamiento del estro durante la estación seca así como una disminución en la intensidad de los signos de estro. (132, 164).

Los cambios fisiológicos que se observan en el aparato genital durante el estro se encuentran bajo el dominio creciente de los estrógenos aumentando la congestión de los genitales y la secreción de moco cervical. El útero se estimula a tal grado que a la palpación revela fuerte tono del miometrio y está ligeramente fino y erecto. La inflamación de la vagina y la vulva persisten y por último, al cabo de 14 a 18 horas, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol, afectando las manifestaciones cíclicas del celo. Durante el proestro se inicia un aumento en la concentración de la hormona luteinizante (LH) y al momento del estro se alcanza un pico, que finalmente causa la ovulación y ayuda a la formación del cuerpo lúteo. El día del estro es considerado como el primer día del ciclo estral de la vaca (98).

Metaestro.

El período inmediatamente sucesivo al cese del estro es el metaestro, durante el cual ocurre la ovulación entre 12 y 16 horas después de finalizado el estro (98). El metaestro se inicia con una hemorragia en la cavidad folicular y por el crecimiento rápido de las células luteínicas. Este es entonces el período de la organización y desarrollo del cuerpo lúteo. Después de la ovulación se inicia la secreción de progesterona aún antes de que el tejido lúteo esté bien formado. La congestión de los órganos tubulares cesa gradualmente y las secreciones se tornan viscosas y disminuyen en cantidad. El metaestro dura de dos a tres días y en éste período se expulsa moco teñido con sangre (121).

En el Cuadro 2 se pueden observar algunos intervalos entre el inicio del estro y la ovulación, y entre el fin del estro y la ovulación en diferentes razas.

Diestro.

El período más largo del ciclo estral de la vaca es el diestro o período de funcionamiento del cuerpo lúteo (CL). Aún cuando la vaca no quede gestante, el CL es un órgano completamente funcional que sintetiza grandes cantidades de progesterona y cantidades mucho menores de estrógenos. Durante el diestro y bajo la influencia de la progesterona las glándulas del endometrio uterino sufren hipertrofia para producir el material de nutrición del cigoto. El desarrollo glandular se presenta a lo largo del aparato genital tubular. Si un cigoto llega al útero, el CL permanece durante toda la gestación, pero si el óvulo no es fertilizado, el CL es funcional hasta el décimo séptimo día del ciclo estral y después comienza su regresión por la acción de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), iniciándose un nuevo ciclo estral (66).

CUADRO 2. MOMENTO EN QUE OCURRE LA OVULACION EN RELACION AL ESTRO EN VACAS
Bos indicus y Bos taurus.

REFERENCIA	RAZA	HORAS DESPUES DE	
		INICIADO	FINALIZADO
Donaldson <u>et.al.</u> (27)	BrahmanXShorthorn	26.7 ^a	
		26.4 ^b	
	British	28.1 ^a	
		26.9 ^b	
	Lechero	25.6 ^a	
González (46)		27.6 ^b	
	Cebú lechero	-	13.6
	Indobrasil	-	13.7
	Nellore	-	13.8
	Friesian	-	12.0
Jaume <u>et.al.</u> (72)			
Royes <u>et.al.</u> (132)	Brahman	25.6	18.9 ^c
Sorensen (141)	HerefordXAngus	29.4	16.8 ^d
	Jersey	34.0	8.3 ^e
	ShidniXHolstein	24.2	12.4

a) Tratado con CAP

b) control

c) Todo el año

d) Marzo

e) Febrero

En resumen, los estrógenos se encuentran presentes en grandes cantidades durante unos cinco días mientras que el predominio de la progesterona se prolonga hasta por 17 días. De acuerdo a este tipo de secreción se conocen como fase estrogénica o folicular y como progestacional o luteínica (98, 121).

2.1.2. Conducta sexual.

Se ha considerado que la conducta sexual del ganado bovino productor de leche ha sido mejor estudiada que en el ganado cebú. Esslemont y Bryant (33), consideraron que una vaca Holstein se encuentra en estro cuando monta a otra vaca por lo menos tres veces al día y se deja montar otras tantas veces o bien cuando monta a otra vaca por lo menos seis veces al día. Dicho estudio se realizó durante un período de 25 días de observación continua, encontrando que 60 vacas presentaron signos de estro. La frecuencia de las montas se determinó en 33 de los animales, las cuales fueron montadas en promedio 56.3 ± 34.8 veces: 53% de los estros se caracterizaron porque las vacas fueron montadas más de 50 veces y el 29.5% fueron montadas menos de 30 veces. La mayor actividad de monta se realizó durante las horas de la noche.

Hurnik et al. (67), encontraron que la actividad de monta ocurrió con mayor frecuencia durante la noche cuando observaron vacas Holstein durante 80 días con un monitor de televisión. También fue posible determinar que existía un aumento en el número de montas cuando más de una vaca se encontraba en estro (de 11.2 a 52.6 montas con tres vacas en estro en un solo día), y que el 90% de las vacas montadas y el 76% de las que montaron se encontraban en estro. Además, indicaron que los signos conductuales del inicio del estro difieren entre individuos y revelan una dependencia de factores sociales.

Durante el estro se observó un aumento en el tiempo dedicado a caminar, reduciéndose el tiempo empleado en descansar y comer. Con el uso de podómetros, Kiddy (80) logró detectar el 90% de las vacas en calor, mientras que visualmente solo se detectó el 76%; esto se debe al aumento en la actividad locomotriz en 4.1 veces al compararlas con las vacas que no mostraban signos de estro.

Williamson et al. (159) encontraron que el método más efectivo para la detección de calores en vacas de origen europeo fue con la ayuda de los detectores Kamar (72%), la observación continua fue el segundo mejor método (65%), el establero y el personal entrenado para la detección del estro solo detectaron 56% de los casos, además de que se realizó en forma equivocada en considerable número de veces.

Los signos de estro en ganado cebuino no están bien determinados y son diferentes a los observados en vacas lecheras, por lo que no pueden ser extrapolados. Orihuela (107) describe algunos de los signos de estro en vacas Indobrasil (Bos indicus) por observación continua durante 100 horas y después de la sincronización con prostaglandinas. Cada vaca aceptó aproximadamente 14 montas durante el período de estro, con un promedio de 1.3 montas por hora y la mayor actividad de monta se realizó durante las horas de la noche (53 al 63%). También observó que las vacas que eran sexualmente más activas no se dejaban montar o se dejaban hacer menos actividades sexuales indicando esto una tendencia a jerarquización. Vaca (154), observó que la mayor actividad de monta se presenta en las vacas que están en estro que en aquellas que no lo estaban (90 y 7% respectivamente). En ambos estudios se observó que la presencia del toro es importante en la detección de signos de estro puesto que realiza la mayor actividad de montas (75.8%) y tiene una mayor jerarquía que las vacas más activas (107, 154).

En el estudio detallado por Esslemont y Bryant (32), acerca de la conducta sexual de vaquillas Holstein se señala que la disposición a ser montada indica el inicio del estro, ya que los demás componentes de la conducta sexual aparecen secuencialmente al acercarse el estro. Sin embargo, Orihuela (107) observó que la actividad sexual que primero se manifiesta en ganado cebuino es un intenso topeteo y posteriormente se muestra la conducta de monta.

Existen pocos datos en los que se refiere al patrón conductual diurno del inicio del estro. Es probable que factores ambientales y de manejo afecten la conducta de la vaca incluyendo la sexual. Quizá ésta sea la causa de que las manifestaciones sexuales predominen durante la noche (32, 67, 107).

2.2. Fertilidad.

La fertilidad se puede medir como la proporción de vacas gestantes después del servicio (monta directa o inseminación artificial) y se expresa como la tasa de concepción. El retorno a estro dentro de 21 días post servicio reflejará fallas en la fertilización o mortalidad embrionaria.

El índice de fertilidad alcanza 85 al 90% mientras que el porcentaje de huevos fertilizados que sobrevive hasta los 40 días de gestación puede ser tan bajo como un 40% en ciertas condiciones. Solo un pequeño porcentaje de pérdida ocurre después de los 40 días. La interpretación más razonable que se da a la mortalidad embrionaria temprana, se debe a un insuficiente estímulo luteotrópico y el cual está asociado a un embrión viable (65).

En el cuadro 3 se hace referencia a la tasa de concepción de diferentes razas. Como puede apreciarse, la fertilidad en ganado Bos taurus tiende a ser mejor que la encontrada en Bos indicus. Las variaciones en los porcentajes de fertilidad están dados por cuestiones de manejo, temperatura, control del ciclo estral y raza entre otras.

Aparentemente la lactancia no tiene un efecto directo sobre la fertilidad en ganado de carne ya que Young (163) no encontró diferencias entre vacas lactantes y no lactantes e incluso, si las condiciones de alimentación y manejo son las apropiadas se puede mejorar la fertilidad; sin embargo, en Australia, Lamond (83) encontró una influencia negativa de la lactancia en la fertilidad. Asimismo en vacas Brahman y críollas la fertilidad se reduce, debido al bloqueo lactacional y dependiendo del estado de lactancia: al 72.1% en las vacas que parieron tres meses o más antes de la época de empadre; al 53% en vacas que parieron entre 0 y 29 días antes del empadre y al 37.8% para las que parieron durante el periodo de empadre comparados con el 89.9% en aquellas que no se encontraban lactando (92).

Además se ha observado que existe una baja eficiencia reproductiva en vacas lactantes cuando se encuentran expuestas a temperatura y humedad elevadas. Este efecto se puede deber a un aumento en la temperatura ambiental que rodea al cigoto, reduciendo el porcentaje de sobrevivencia, por lo que se sugiere que la temperatura corporal, después de la inseminación artificial debe estar asociada a la tasa de concepción. Ulberg y Burfening (152) encontraron una reducción en la tasa de concepción de vacas lecheras desde 61 al 45% cuando la temperatura rectal aumenta un grado centígrado dentro de las 12 horas post-servicio. Sin embargo, esto no

CUADRO 3. PORCENTAJES DE FERTILIDAD AL PRIMER SERVICIO Y TOTAL EN GANADO

Bos indicus y Bos taurus.

REFERENCIA	RAZA	FERTILIDAD (%)	
		1 ^{er} SERV.	TOTAL
Ayala (8)	Indobrasil		22.9 ^a
Bernabé <u>et al.</u> (12)	Nellore		28.9 ^a
Esslemont y Eddy (34)	Lechera	57.3	49.3
Foulkes y Steward (36)	Friesian	66.4	-
Hardín <u>et al.</u> (58)	<u>Bos taurus</u> x	14 ^b	-
	<u>Bos indicus</u>	37 ^a	-
		38 ^c	-
		58 ^d	-
Hunter (65)	Lechera	-	77
Jochle (75)	Brahman	-	39.8 ^a
	Charolais	-	69.4 ^a
	Cebú	60	36.3 ^a
Linares <u>et al.</u> (92)	Brahman	-	37 ^e y 89 ^f
Lira (93)	Indobrasil	-	47.8 ^a
Mucciolo <u>et al.</u> (104)	Nellore	-	20.0 ^a
O'Farrel (106)	Lechera	53	95
Plasse <u>et al.</u> (113)	Brahman	66.6	-
Thomas (149)	Gyr	-	20.0 ^a
Ulberg y Burfening(152)	Lechera	-	61 ^g
		-	45 ^h
		-	43
Williamson <u>et al.</u> (159)	Friesian	-	43

a) Sincronizado

b) IA a 70 y 96 hs post-sincronización

c) IA en el estro natural

d) Servicio del toro

e) Animales lactantes

f) Animales no lactantes

g) Temperatura controlada

h) Temperatura rectal elevada 1°C

fue demostrado por Fallon* basándose en el número de vacas que no regresaron a estro 60-90 días después del servicio. Estos estudios y los presentados por Verde et al. (156) indican que la tensión por temperatura sobre el óvulo, inmediatamente después de fecundado, causa la muerte del embrión.

Por otro lado, cuando se estudió la eficiencia reproductiva en ganado Brahman, Plasse et al. (113) encontraron que la tasa de fertilización en los animales que se sacrificaron tres días después del servicio fue de 66.6% y de 72% en aquellas que se sacrificaron 40 días después. La incidencia de huevos no fecundados y con degeneración citoplasmática fue alta en las vacas sacrificadas al tercer día (20.8%). Mientras que la muerte embrionaria a los 40 días de gestación se presentó en solo dos de 25 terneras sacrificadas. Estos porcentajes de mortalidad son similares a los encontrados en ganado Bos taurus. Además el momento en que se realiza la inseminación parece tener un efecto sobre la fertilidad, puesto que se informa de una alta incidencia de huevos no fertilizados cuando el servicio se realiza tardíamente (141).

* Citado por Ulberg y Burfening (152).

2.3. Algunos aspectos en la endocrinología de la reproducción.

Las hormonas son sustancias producidas por glándulas endócrinas y que son transportadas por la sangre o linfa a otra parte, en donde modifican la actividad de órganos blanco específicos (78). Las principales hormonas reproductivas son producidas por el hipotálamo, la hipófisis, las gónadas y la placenta.

2.3.1. Gonadotropinas.

La glándula hipofisaria es la principal fuente de hormonas gonadotrópicas aunque la placenta de algunas especies también las produce, siendo en este caso gonadotropinas coriónicas. Son tres las gonadotropinas hipofisarias implicadas en los procesos reproductivos: la hormona luteinizante (LH), que causa la ovulación y luteinización del folículo; la hormona folículo estimulante (FSH) que produce el desarrollo de los folículos primarios y la prolactina que afecta el desarrollo de la glándula mamaria y regula la función del cuerpo lúteo en la oveja, rata y probablemente el hombre (28, 78, 121).

La función de las gonadotropinas es específica en los procesos reproductivos. En la hembra, producen crecimiento folicular, secreción de estrógenos, ovulación, desarrollo del cuerpo lúteo y secreción de progesterona. La FSH solo se une a las células de la granulosa para promover el desarrollo de las células germinales y estimular la actividad mitogénica de las células de la granulosa actuando sinérgicamente con los estrógenos y de esta forma aumentar el crecimiento y desarrollo folicular. Además aumenta el número de receptores para la LH en las células de la granulosa (28) y tiene una im

portante función en la esteroidogénesis al aromatizar la testosterona a estradiol (28, 55). Al aumentar los niveles de estradiol ocurre la liberación de LH por una retroalimentación positiva a nivel hipofisiario (78). Este aumento en la concentración de LH provoca la ovulación de los folículos maduros. Después de la ovulación, las células de la granulosa son transformadas a luteínicas por la LH. Para que el cuerpo lúteo pueda madurar, debe provenir de un folículo bien desarrollado por la acción de la FSH y los estrógenos; además debe contener una cantidad suficiente de receptores para LH, así como ser capaz de secretar progesterona (28, 78).

2.3.2. Hormonas esteroides.

Estrógenos.- La principal, pero no exclusiva función de los estrógenos es en los procesos reproductivos de la hembra, en donde ejercen la más amplia gama de funciones. En el útero, actúan como una hormona de crecimiento, provocando el desarrollo del tejido endometrial (28, 62, 78) y la metaplasia del tejido vaginal (28). Los estrógenos estimulan la síntesis protéica y de RNA (62). De igual forma, intervienen en la liberación de gonadotropinas y potencian el efecto de la oxitocina y prostaglandinas durante el parto, así como durante la implantación (11, 73, 78) y son necesarios para la expresión del estro (69).

Progesterona.- La progesterona es la hormona de la gestación en los mamíferos y actúa sinérgicamente con los estrógenos en diversas funciones reproductivas, como regular el transporte del óvulo fecundado al mediar las contracciones del oviducto y preparar al útero para la implantación al estimular el crecimiento endometrial, además mantiene la gestación y aumenta el desarrollo de la glándula mamaria (28, 78). También inhibe la ovulación y el estro al bloquear la liberación

de gonadotropinas (60, 62). La ausencia de progesterona al final de la gestación permite el inicio del parto y la lactancia, previa sensibilización por estrógenos (26). Después del parto, los niveles de progesterona bajos facilitan la involución uterina (62).

El mecanismo por el cual los esteroides entran en la célula blanco es por difusión pasiva (73). Después de entrar en las células, los esteroides se unen a un receptor citoplasmático (18). La unión de los esteroides al receptor induce cambios estructurales al receptor y esto provoca que el complejo pase al núcleo por un proceso de translocación (18, 78).

El proceso de translocación depende en parte de las fluctuaciones en los niveles de esteroides en el plasma (18) y en la presencia del receptor (97). Jensen (73) menciona que la translocación es un proceso que depende de la temperatura al inducir un cambio del receptor a una forma activa que le permita unirse a la cromatina.

Una vez en el núcleo, el complejo esteroide-receptor promueve la síntesis de RNA mensajeros específicos, los cuales pasan al citoplasma e inducen la síntesis protéica (18, 73, 97).

2.3.3. Prostaglandinas.

La historia de las prostaglandinas empezó en 1930 cuando se colocó semen humano fresco en músculo liso y provocó contracciones y relajación (22). Como se pensó que el principio activo provenía de la próstata se le nombró prostaglandina. A partir de entonces se ha señalado que existe un gran número de prostaglandinas.

A diferencia de otras hormonas, las prostaglandinas no se sintetizan en un tejido específico; sin embargo, tienen una función localizada ya que normalmente actúan cerca o en el sitio de producción, por lo que no entrarían en la definición clásica de hormona (18, 22, 78).

El principal precursor en la síntesis de prostaglandinas es el ácido araquidónico, el cual se metaboliza a prostaglandina E_2 y prostaglandina $F_{2\alpha}$, así como a trombo-exano A_2 y prostaciclina (22).

Dentro de los procesos reproductivos las prostaglandinas están involucradas en la eyacuación y el transporte del espermatozoide en el ducto deferente (22, 45) así como en el tracto reproductivo femenino. También intervienen en la ovulación al aumentar las contracciones en la periferia del ovario, lo que podría contribuir en la ruptura folicular. Las prostaglandinas estimulan las contracciones del músculo liso del oviducto y útero y de ahí su importancia en el transporte de gametos y la implantación, principalmente en la reacción residual (22).

La investigación en prostaglandinas se ha centrado en el papel que desempeña la $PGF_{2\alpha}$ en la regresión del cuerpo lúteo. Los primeros estudios demostraron un efecto típico de la $PGF_{2\alpha}$ en la rata para después hacerlo en la vaca, oveja, cerda y yegua (22, 62).

La sugerencia inicial para el mecanismo de acción de la $PGF_{2\alpha}$ era reducir el flujo sanguíneo al ovario y actuar como un potente vaso constrictor (78); sin embargo, se ha señalado que induce la luteólisis por un efecto antagonista a la acción de la LH al reducir el número de receptores a esta hormona (22).

Kaltenbach y Dunn (78) mencionan que las prostaglandinas en otros procesos fisiológicos además de los reproductivos, como serían: la presión arterial, la lipólisis, la secreción gástrica y la coagulación de la sangre así como en el funcionamiento renal y respiratorio.

2.3.4. Actividades reproductivas y hormonales.

La integración de los sistemas nervioso y endócrino depende del hipotálamo ya que por medio de neurosecreciones regula la función de la hipófisis. De esta forma es posible controlar la pubertad y el ciclo estral.

Pubertad.- La pubertad se puede definir de varias formas. Una de las definiciones más aceptadas considera que es la edad en que la hembra es capaz de producir gametos viables. Cuando se trata de explicar el mecanismo que inicia la pubertad se piensa en un fenómeno gradual y cuantitativo más que en un evento endócrino súbito y cualitativo (66). A partir de la pubertad las gónadas secretan esteroides en cantidades suficientes para causar el crecimiento acelerado de los órganos genitales y la aparición de las características secundarias, lo que conduce a la maduración sexual.

La causa directa de la maduración sexual en la pubertad es el aumento en hormonas hipofisarias. En la oveja la secreción de LH es pulsátil durante el período de maduración sexual y continúa hasta la primera estación reproductiva en donde la frecuencia de liberación es más importante que la amplitud (78). Un patrón similar de liberación de LH ocurre en terneras prepúberes, a excepción de una disminución en la magnitud de los picos antes de la primera ovulación (47). Sin embargo, en la mujer y los toros la liberación de LH es lineal (78).

La interpretación que se da al inicio de la pubertad, la dan dos escuelas: la primera indica que las bajas concentraciones de esteroides presentes antes de la pubertad son capaces de inhibir los factores de liberación hipotalámicos. Con el inicio de la pubertad la sensibilidad hipotalámica a la retroalimentación negativa por estrógenos se reduce, con lo que el hipotálamo adquiere la capacidad de liberar GnRH (66). La otra escuela indica que el eje hipotálamo-hipofisiario se desarrolla independientemente de la actividad gonadal pero que está influido por el sistema nervioso central. Esto se debe a que durante el inicio de la pubertad no existen deficiencias en los niveles de gonadotropinas ni la sensibilidad ovárica limita, puesto que se ha inducido la ovulación en animales pre-púberes con la inyección de gonadotropinas (78), lo que indica que la capacidad de ovular está presente antes de la pubertad (66, 78, 121). Sin embargo, los animales estimulados de esta forma no responden inmediatamente, lo que sugiere un período de maduración de los principales centros hipotalámicos antes de la pubertad (66, 98).

Control del ciclo estral.- Las características del ciclo estral ya han sido señaladas con anterioridad. Una vez que se ha iniciado la pubertad, los eventos que le siguen son ordenados y tienen una secuencia bien definida. Estos eventos y secuencia están controlados por las interacciones de las gonadotropinas y esteroides, las cuales presentan patrones de secreción y efectos relativos diferentes entre especies. Estas diferencias provocan variaciones en la longitud de la fase lútea y folicular así como en la duración del estro.

Durante la fase folicular del ciclo estral se observan la mayoría de las fluctuaciones hormonales, tanto de esteroides como de gonadotropinas. Dentro de éste período se observa una disminución de progesterona y aumento de estradiol y gonadotropinas (66, 78, 121).

El pico preovulatorio de LH tiene una relación estrecha con el inicio del estro (\pm 8 horas) y la duración de este aumento no es mayor a 6-8 horas durante las cuales la LH alcanza una concentración de 10 hasta 65 ng/ml (66, 78, 98). Los aumentos de FSH y prolactina ocurren al mismo tiempo que el pico preovulatorio de LH (40, 78). Mientras que la liberación de gonadotropinas es regulada por la liberación de GnRH, la secreción de prolactina se debe a la inhibición del factor liberador de la prolactina (PIF) por la acción de los estrógenos (78).

Aunque la LH parece ser la principal hormona que causa la ovulación, se ha demostrado de la FSH también juega un papel importante en este proceso (138) por lo que el pico preovulatorio de gonadotropinas deberá considerarse como un complejo hormonal que induce la ovulación.

No se ha determinado el mecanismo preciso de la LH durante la ovulación aunque parece ser que estimula a las enzimas proteolíticas incluyendo la colagenasa, para degradar el tejido conectivo de la pared del folículo. Este proceso requiere aproximadamente 24 horas (78). Asimismo, se ha señalado un papel importante de las prostaglandinas durante la ovulación (22).

En una revisión bibliográfica, Pelletier y Thimonier (110) describen que las manifestaciones del celo ocurren al mismo tiempo que el pico preovulatorio de LH, existiendo una sincronía entre la aceptación a la monta y el inicio del pico de LH.

Después de la ovulación, la pared del folículo se engrosa gradualmente debido a una hipertrofia e hiperplasia de las células de la granulosa por efecto de la LH y FSH. A con-

secuencia de esto, la cavidad folicular se ve invadida por las células y se inicia la secreción de progesterona. El cuerpo lúteo resultante continúa creciendo y hacia el día 16 ó 17 del ciclo estral alcanza su máximo crecimiento (2 a 3 cm de diámetro) (66, 78, 84).

La concentración de progesterona es menor a 1.0 ng/ml en el momento del estro (84, 109) y no asciende si no hasta el día 5 del ciclo estral. A partir de entonces, va aumentando progresivamente hasta alcanzar un valor medio de 5.4 ng/ml en los días 13 ó 14 y un valor máximo de 6 a 7 ng/ml al final de la fase lútea en vacas Bos taurus (66, 78).

Una vez que la ovulación y la luteinización ha sido inducida por la LH, el cuerpo lúteo se mantiene por la acción de hormonas luteotrópicas aunque existen algunas diferencias de especie a este respecto, por ejemplo: la LH es la luteotropina en algunos animales (vaca); mientras que en otros se necesita un complejo luteotrópico que incluye la FSH, la LH, prolactina y estrógenos (22, 138).

Entre los días 18 y 19 del ciclo estral se produce un rápido descenso en la concentración de progesterona y el siguiente estro se presenta entre uno y cinco días más tarde (78). En la vaca, la caída de los niveles de progesterona ocurre entre 48 y 72 horas antes de iniciarse el celo (105, 146). Se ha encontrado, por otro lado, que existe un pico preovulatorio de progesterona durante este período y que ocurre 16 horas antes del estro (9).

Kindahl et al. (81), describen detalladamente la liberación de la $PGF_{2\alpha}$ durante el ciclo estral, y se observa que ocurre al final de la fase lútea. El patrón de liberación es complejo, puesto que existen pulsos rápidos de 1 a 5 horas de duración antes y durante la regresión del cuerpo lúteo. Los

niveles de prostaglandina en el endometrio varían de acuerdo al estado del ciclo estral. Las concentraciones son bajas durante los primeros 14 días del ciclo (48 ± 12 ng/g de tejido) y a partir de entonces aumentan significativamente (131 ± 9 ng/g). Las concentraciones en la vena uterina siguen un patrón similar: 0.16 ± 0.04 ng/ml del día 1 al 14 de 1.5 a 3.0 ng/ml a partir del día 15 (137). Sin embargo, en la arteria ovárica o en la yugular no se observan cambios cíclicos debido a que se han metabolizado en los pulmones e hígado (81, 137).

Mientras que los niveles hormonales son relativamente altos en ganado de tipo europeo, en vacas Bos indicus son menores. Irvin et al. (69), sugieren que el cuerpo lúteo de vacas Brahman produce menos progesterona debido a que tienen un peso y tamaño menores. Por otro lado, Hansel et al. (56), al evaluar la capacidad de síntesis de progesterona por parte del tejido lúteo de vacas Brahman y Angus, concluyeron que el cuerpo lúteo de las vacas cebú no es tan capaz para la producción de progesterona. Estos datos sostienen la evidencia encontrada por Agarwal et al. (4) y Agarwal et al. (5) en vacas Harijana, en las cuales los niveles de progesterona son de 1.4 ± 0.1 y 2.4 ± 0.1 ng/ml en hembras vacías y gestantes respectivamente. Aunque en algunos experimentos se han encontrado concentraciones relativamente altas en vacas cebú (Adeyemo y Heat (2) 4.5 ± 0.1 ng/ml; Vaca et al. (155) 3.1 ± 1.7 ng/ml); estas siguen siendo menores a los informados en razas europeas, en las cuales los niveles son de 6 a 7 ng/ml (134, 146).

Por otro lado, la concentración de LH durante el estro y la fase lútea es mayor en vacas Holstein-Friesian que en las cebú (35). Después de la sincronización (114) y durante el estro natural (116) se observó que el aumento preovulatorio de LH es menor en vacas Bos indicus que en Bos taurus;

además de que ocurre más temprano en relación al inicio del estro cuando se compara con las cruzas Bos indicus X Bos taurus (115). Asimismo, vacas ovariectomizadas de origen cebuino responden con menor eficiencia a la administración de 20 mg de estradiol para inducir la liberación de LH que el ganado europeo y aunque sus cruzas (119).

2.4. Sincronización de los ciclos estrales.

La detección de los signos de estro es el problema de manejo más difícil de resolver al implementar un programa de inseminación artificial (IA). El problema radica en las observaciones deficientes de calores así como en las alteraciones de los signos de estro. Los datos experimentales indican que el uso de progestágenos puede reducir el promedio de días abiertos y lograr un aumento en la tasa de concepción, pero no aumentar el porcentaje de pariciones. Por otro lado, con el uso de las prostaglandinas como agentes luteolíticos, se obtienen buenos resultados de fertilidad, sugiriéndose que pueden usarse como ayudas en la detección de estros y, aún más, inseminar a tiempo predeterminado sin detectar calores, 72 a 96 horas después de la aplicación de la droga (85).

2.4.1. Progestágenos.

Los progestágenos son compuestos sintéticos que tienen actividad progestacional y se han utilizado con la finalidad de sincronizar los estros. La función que tienen es la de inhibir la actividad ovárica durante el tiempo que dura el tratamiento, debido a un bloqueo a nivel hipotalámico y por la retroalimentación negativa en la liberación de los factores liberadores de las gonadotropinas (GN-RH). Al momento de suspender el tratamiento se interrumpe el bloqueo y esto ocasiona la liberación de gonadotropinas.

Entre los diferentes progestágenos que existen en el mercado se tiene el acetato de clormadinona (CAP), acetato de melengestrol (MGA), acetofido de dihidroprogesterona (DHPA), norgestomet (SC 21009). Los informes de las tasas de sincronización indican diferencias después del tratamiento debidas a

variaciones en el estado reproductivo de los animales e incluso se han observado efectos de raza (Bos taurus vs Bos indicus).

Roche (123, 124), estudiando la respuesta a los implantes de progesterona en vaquillas Hereford, encontró que el tiempo de permanencia de los implantes estaba relacionado con los porcentajes de hembras en calor (70% con nueve días de duración hasta el 100% con 14 días). Sin embargo, la fertilidad disminuye cuando los implantes permanecen por mucho tiempo (del 54 al 38% respectivamente). Porcentajes de fertilidad similares fueron encontrados por Ulberg y Lindney (153), cuando se administraron dosis elevadas de progesterona, siendo de 50.9% sin tratamiento, 31.2% con 25 mg y 17.2% con 50 mg.

En relación al tiempo de exposición, Roche (124) administró 400 µg de benzoato de estradiol con la finalidad de aumentar el número de vacas en calor cuando el tratamiento es de corta duración y encontró que no provoca cambios en las tasas de sincronización y, por lo contrario, observó una reducción en la tasa de concepción cuando se le compara con el grupo testigo (40 vs. 80% respectivamente).

Roche (124) y Wiltbank y González-Padilla (160) indican que la dosificación y el momento de la administración de los estrógenos, después del tratamiento con progestágenos, son críticos para determinar la tasa de concepción.

Por otro lado, cuando se administran 100 µg de Gn-RH 30 horas después de retirarse los implantes, se logra sincronizar el momento de la ovulación, puesto que el 90% de las vaquillas presentó signos de estro entre 60 y 69 horas posteriores al tratamiento (125).

El intervalo promedio a la presentación de los calores es muy variable; Ulberg y Lindney (153) observaron que los signos de estro se presentan entre el tercero y noveno día postratamiento; mientras que con la administración de benzoato de estradiol, los calores se presentan entre el segundo y quinto día. Además se logra aumentar el porcentaje de animales en estro sin provocar la reducción en la tasa de concepción. Posteriormente, Johnson y Ulberg (77), encontraron que los signos de estro se presentan entre 12 y 24 horas después del tratamiento con estrógenos; concluyeron que las hormonas exógenas solo controlan el tiempo de presentación del estro y a la ovulación sin alterar la abundancia y viscosidad del moco ni del desarrollo folicular durante el tratamiento ni el estro subsiguiente.

Acetato de Clormadinona (CAP).

Hansel (53) llegó a la conclusión de que es posible sincronizar el 56% de los animales tratados con 10 mg de CAP durante 18 días y obtuvo una fertilidad del 53% de los animales inseminados en el estro sincronizado. En condiciones de manejo óptimos, la tasa de concepción al primer servicio es de 35 a 41% y que el porcentaje de concepción en el segundo calor postratamiento es normal.

Después del tratamiento con CAP, Rey (118) observó que la fertilidad del estro sincronizado está en relación a la longitud del ciclo estral anterior. Esto es, cuando el ciclo tenía una duración mayor a 25 días la fertilidad es de solo 7.7% comparado con el 62.5% si la duración es menor a 25 días. Por otro lado, un segundo tratamiento con CAP, doce días después del primero, aumenta la fertilidad hasta el 74.2%. Al final de un período de inseminación de 25 días la fertilidad es mayor en los animales tratados que en los testigo (60.1 vs 41.7% respectivamente).

En ganado cebuino, Jochle et al. (76), encontraron porcentajes de concepción (60%) y de fertilidad (36%) similares a lo reportado por Rey (118). Asimismo, informa del aumento en la tasa de concepción después del segundo programa de sincronización. Aunque le fue imposible sincronizar a las vacas recién paridas, debido al anestro lactacional.

En un estudio comparativo y en condiciones tropicales y subtropicales, Jochle, (75) encontró que la sincronización de estros con CAP en vacas cebú, variedad Brahman y Charolais se obtienen resultados satisfactorios (88.0 y 80.6% respectivamente); aunque la tasa de concepción al primer servicio es menor en el ganado cebú que en el Charolais (39.8 vs 69.4%). La tasa de fertilidad aumentó al 56.2% en las vacas Brahman durante el segundo calor postratamiento. El ganado europeo presentó una mejor respuesta a la droga puesto que el 79.5% presentó el celo entre el segundo y quinto día postratamiento comparado con el 31.8% del ganado cebú.

Al evaluar la fertilidad en terneras Bos taurus después del tratamiento con CAP adicionando benzoato de estradiol y HCG o Gn-RH al momento del servicio, Grunert (50) encontró que los estrógenos no provocan cambios en la fertilidad (30.8 vs 33.3% del testigo), mientras que con HCG el porcentaje de vacas gestantes es similar (31.4 vs 53.0%) y con Gn-RH se elevan hasta 65.3%. A su vez, Roche (125) encontró que los animales tratados con Gn-RH ovulan dentro de las primeras 30 horas postratamiento y que el 90% ya lo hizo a las 35 horas. Sin embargo, la tasa de fertilidad es igual a la del grupo testigo, cuando la inseminación se realiza a tiempo predeterminado.

Acetato de melengestrol (MGA).

El acetato de melengestrol es un progestágeno muy potente además de efectivo para la sincronización de vacas.

Boyd y Tasker (16) demostraron que el MGA inhibe el estro durante el periodo del tratamiento en vacas Friesian.

La fertilidad en el estro sincronizado con progestágenos es baja y el MGA no es la excepción, puesto que es menor en los animales tratados que en los testigo al primer servicio (48.2 vs 66.6%).

La administración de HCG después de finalizado el tratamiento con MGA provoca un aumento en la fertilidad hasta el 86% (16).

Otro progestágeno utilizado es el acetofenido de dihidroprogesterona (DHPA) y se observó que en la mayoría de los casos se obtienen mejores resultados de sincronización cuando se administra valerato de estradiol: 30% en los testigos, 40% en los tratados con DHPA y estradiol en el segundo día, y 83% con DHPA y estradiol en el día 10 (17).

Norgestomet (SC 21009).

El norgestomet es un derivado de la progesterona al que se han adicionado grupos metilo y acetoxi en las posiciones 11- α y 17- β del núcleo ciclopentanoperhidrofenantreno.

Se han informado de buenos porcentajes de sincronización con implantes de norgestomet durante nueve días en vaquillas dedicadas a la producción de carne (160) ya que el 94% de los animales respondieron al tratamiento comparado con el 50% de los testigo (142, 144); sobretodo cuando se administra estradiol después de retirado el implante.

En lo referente al porcentaje de concepción al primer servicio, el progestágeno tiene un efecto detrimental ya que solo el 55% de los animales tratados quedaron gestan-

tes el cual es similar al obtenido en las vacas testigo (101, 142, 143).

Sin embargo, los porcentajes de sincronización acumulativos son mejores en los animales tratados durante los primeros cinco días del periodo de servicios (54 vs 21%) (144) que al final del programa de IA de 45 días, en donde no se encontraron diferencias con el grupo testigo.

No fue así cuando se usan para inducir la pubertad en vaquillas Hereford y Angus, en las que se obtuvo un porcentaje de concepción del 94% (160).

En vacas lactantes encastadas de cebú se han encontrado buenos porcentajes de sincronización y de fertilidad, sobretodo cuando se lleva un control en el amamantamiento. Así tenemos que de los Santos et al. (26), lograron sincronizar entre el 30 y el 50% de los animales tratados con SC 21009. La tasa de concepción fue de 33 y 66.6% cuando se maneja el amamantamiento restringido y el tratamiento con el progestágeno mientras que solo el 17% respondieron cuando se maneja únicamente el amamantamiento controlado (100).

Dispositivos impregnados con progesterona.

Otra forma de aplicación de los progestágenos es mediante el uso de dispositivos intravaginales que contiene diferentes concentraciones de progesterona, y aunque presentan el inconveniente de pérdida, los porcentajes de retención son bastante buenos (90%) en vacas Friesian (126). Se recomienda que el dispositivo debe permanecer en la vagina durante 12 a 14 días para lograr buenos porcentajes de sincronización.

De esta forma, es posible sincronizar el 90 y 93% de las vacas y vaquillas respectivamente. En general, los signos de estro se presentan entre el segundo y el sexto día después de retirado el dispositivo. Los porcentajes de concepción son similares a los encontrados en los animales testigo (45 vs 49%) (64, 127).

Si además del dispositivo se administran 5 mg de benzoato de estradiol y de 50 a 200 mg de progesterona al retirarlo, los porcentajes de vaquillas en calor pueden mejorar (entre 82.2 y 94%) (128).

Estrógenos.

Los estrógenos tienen una variedad de efectos en el cuerpo lúteo, dependiendo de la fase del ciclo estral en que se encuentren los animales al momento del tratamiento. Lemon (90) encontró que 5 mg de benzoato de estradiol (BE) o valerato de estradiol (VE), administrados al inicio del ciclo, tienen un efecto luteotrópico, son luteolíticos durante la mayor parte de la fase lútea y anti-luteolíticos al finalizar el ciclo.

Sin embargo, cuando se administran al inicio de tratamientos con progestágenos (SC 21009 o noretandrolona), los estrógenos tienen un efecto inhibitorio en el cuerpo lúteo, sobre todo cuando el tratamiento con progestágenos se inicia en los días tres y cinco del ciclo estral.

El cambio de efecto luteotrópico a luteolítico se debe, posiblemente, a los altos niveles de progesterona circulante que sensibilizan al CL a la acción de los estrógenos (90).

2.4.2. Las prostaglandinas en el control de estros.

Durante los últimos años se han realizado un considerable número de investigaciones acerca de las propiedades biológicas de las prostaglandinas y ahora se sabe que tienen efectos diferentes en los mecanismos fisiológicos. El componente de mayor interés para el control de la actividad reproductiva es la prostaglandina $F_{2\alpha}$.

Por mucho tiempo se pensó que el útero producía una sustancia que provoca la regresión del cuerpo lúteo (CL) y que posiblemente era una prostaglandina. El propósito de poder manipular efectivamente el CL es controlar muchos mecanismos reproductivos, debido al papel que desempeña en la actividad cíclica de la hembra. Por su actividad luteolítica la $PGF_{2\alpha}$ se puede utilizar en la sincronización del estro y la ovulación, contracepción, terminación de la seudopreñez e inducción del aborto o del parto (44, 68).

En ausencia del útero, el CL cíclico continúa produciendo progesterona por varios meses; sugiriendo que de alguna forma es responsable de la regresión del cuerpo lúteo.

Se ha observado que la $PGF_{2\alpha}$ se encuentra en concentraciones elevadas en el miometrio y carúnculas de la oveja (68) y de la vaca (54, 57). Los niveles de la $PGF_{2\alpha}$ aumentan durante los últimos días del ciclo estral o después de introducir dispositivos intrauterinos al inicio del estro (135).

La administración de ácido araquidónico directamente al CL de vacas normales provoca una disminución de los niveles circulantes de progesterona, aumento en los niveles de la $PGF_{2\alpha}$ en la vena ovárica y la elevación de los estrógenos en

la yugular. Estos resultados sugieren que el ovario transforma al ácido araquidónico en $\text{PGF}_{2\alpha}$ y puede producir una regresión parcial del CL y estimular la producción de estrógenos (54, 137). Estos mismos autores demostraron que, en condiciones in vitro, la administración del ácido araquidónico y de LH a folículos y cuerpos lúteos colectados de terneras entre los días 16 y 17 del ciclo estral, provocan la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ por parte del tejido lúteo y del folículo (137). Por otro lado, Seguin et al. (135), demostraron que la administración de iodo destruye el factor luteolítico presente en el endometrio de la vaca, puesto que alarga el ciclo cuando se hace la infusión a la mitad del ciclo; sin embargo, si se administran 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ intrauterinamente, el calor se presenta 3.1 ± 0.2 días después de la infusión con iodo.

La dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ para provocar la luteólisis en la vaca depende del sitio de depósito o del tipo de administración. Después de la administración de 300 μg directamente al CL, se obtiene una luteólisis parcial. El tratamiento intrauterino de 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ produce una respuesta consistente, mientras que 30 mg se considera la dosis mínima efectiva para causar luteólisis por vía intramuscular o subcutánea.

El descubrimiento de la actividad luteolítica de prostaglandinas específicas continuó con el diseño de experimentos para determinar si estas hormonas son usadas efectivamente para sincronizar el estro en el ganado.

La dificultad de obtener $\text{PGF}_{2\alpha}$ natural ha obligado a la producción de varios análogos y el más notable de éstos parece ser el cloprostenol. Este análogo y las preparaciones de dinoprost trometamina son los más ampliamente usados en pruebas de sincronización. Aunque ambos son agentes luteolíticos potentes ninguno previene la formación de un nuevo cuerpo

lúteo ni es eficaz a partir del día 18 del ciclo estral cuando el cuerpo lúteo se encuentra en regresión natural. Por lo tanto, solo son efectivos en vacas que tienen un cuerpo lúteo funcional.

Administración intrauterina de prostaglandinas.

Uno de los primeros métodos de administración de prostaglandinas fue mediante infusiones uterinas, y aunque es necesario colocar la hormona en el cuerno uterino ipsilateral al cuerpo lúteo para lo que se necesita localizarlo y depositar la $\text{PGF}_{2\alpha}$ por palpación rectal, es efectiva en producir la lisis del cuerpo lúteo.

Así tenemos que la infusión de 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ durante el diestro provoca la caída de la progesterona en el 50% de los animales tratados dentro de las primeras 12 horas postratamiento. El éstro se presentó a las 72 horas en promedio y la ovulación ocurrió a las 95 horas (109). La fertilidad que encontraron en los animales que se inseminaron al presentarse el calor y después de una doble inseminación a las 70 y 82 horas postratamiento es similar a la encontrada en el grupo testigo (78.9, 90.4 y 62.5% respectivamente). Aunque Henricks et al. (61), observaron una tasa de concepción menor que en los animales testigo (16.6 vs 66.6%).

Este mismo autor observó que si la infusión se realiza durante los primeros cinco días del ciclo no provoca la lisis del cuerpo lúteo (61).

Mientras que la infusión intrauterina de 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ provoca una luteólisis en el 50% de los animales tratados, la respuesta a 30 mg es muy variable y se observa que ocurre tardíamente cuando se compara con la administración

intramuscular (109).

Con las infusiones intrauterinas de análogos de $\text{PGF}_{2\alpha}$ se observan resultados similares a los obtenidos después de la administración de dinoprost trometamina. Por ejemplo, Betteridge et al. (14) y Tervit et al. (147), lograron una respuesta en el 50% de los animales tratados aunque solo fue posible lograr una sincronización después de la inyección de PMSG uno o dos días después del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$.

Otra forma de lograr una buena sincronización es la combinación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ intrauterina con la inyección de benzoato de estradiol, 48 horas post-infusión. Welch et al. (158), lograron sincronizar entre el 67 y 85% de los celos en vacas Hereford y determinaron que estos se presentaron a las 65 horas posteriores a infusión y que la fertilidad no difiere de los testigos (73 vs 71%).

Administración intramuscular de prostaglandinas.

Diversas investigaciones se han hecho acerca del efecto de la inyección intramuscular de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y en las cuales se han obtenido mejores resultados que si se administran por cualquier otra vía, además de que ofrece ventajas de manejo.

La Voia et al. (88); demostraron que la administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en vacas histerectomizadas inducen la regresión del CL que se encontraba presente antes de realizar la operación, ya que se observó una caída en los niveles de progesterona de 6.0 a 1.5 ng/ml dentro de los cinco días postratamiento, observándose que hubo calores entre los dos y tres días siguientes además de evidencia de ovulación y formación de un nuevo cuerpo lúteo.

El consenso general es que una sola dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ natural o sintética induce la regresión morfológica y rápida de los cuerpos lúteos susceptibles; sin embargo, también queda claro que la prostaglandina no es efectiva para alterar el ciclo estral de la vaca si se administra antes del día cinco y después del 18. Por ésta razón, aproximadamente el 30% del ganado que está ciclando no puede sincronizarse con una sola inyección (48) por lo que será necesaria la determinación de la fase del ciclo y del cuerpo lúteo por palpación rectal si se quiere realizar un solo tratamiento con prostaglandinas.

Aunque una sola aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$, independientemente de la dosis, no ocasiona la regresión del CL de la vaca durante los primeros cinco días del ciclo estral, Beal et al. (13), observaron que dos inyecciones diarias de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (im), en los días dos y tres del ciclo, inhiben la secreción de progesterona e inducen un estro precoz. Sin embargo, la administración menos frecuente o más temprana en el ciclo no induce el estro aunque puede inhibir la secreción de progesterona sin afectar la duración del ciclo estral.

Puesto que solo el 75 al 80% de las vacas de un hato que están ciclando responden a un solo tratamiento con prostaglandinas, se prefiere el régimen de dos inyecciones para lograr la sincronización total. Esto se debe a que las vacas que estaban en los días uno al cinco del ciclo estral al momento de la primera aplicación con la segunda dosis entre 10 y 12 días más tarde estarán en los días 11 al 17 del nuevo ciclo y la respuesta a las prostaglandinas será mayor (24).

En un programa de sincronización de estros en vaquillas Holstein en el que se utilizaron dos aplicaciones de 30 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ separadas por 10 días, King y Robertson (82)

encontraron que el 83% de las vaquillas entraron en calor y de las que se inseminaron solo el 40% quedó gestante, y después de un período de observación de tres semanas no se encontraron diferencias significativas con el grupo testigo (87 vs 54% respectivamente).

Con el mismo programa, pero utilizando 0.5 mg de cloprostenol, se pudo sincronizar el 78.9% de vaquillas Holstein y después de inseminar una o dos veces a tiempo predeterminado y aunada a la aplicación de GnRH, la tasa de concepción fue de 60, 68 y 58% respectivamente, comparado con el 74% del grupo testigo. Los autores concluyen que este programa es eficiente en la mayoría de los animales y hace posible realizar la IA a tiempos fijados con anterioridad, puesto que la fertilidad es buena al finalizar el período de empadres (89%) (51).

Por otro lado, Mies Filho y Sá (99) lograron sincronizar el 82% de los animales después de una segunda aplicación de cloprostenol, y aunque la fertilidad es similar a la del grupo testigo (73 vs 75% respectivamente) es mayor a la obtenida cuando la IA se practica exclusivamente a las 72 horas postratamiento (41%).

Resultados similares se han encontrado en animales dedicados a la producción de carne al utilizar cloprostenol y SC 21009, puesto que se logra sincronizar al 64.5 y 58.7% de las vacas tratadas; además la fertilidad está cercana a la normal (60 y 41% respectivamente), aunque un poco elevada después del segundo tratamiento con el análogo del progestágeno (25).

Peters et al. (111), encontraron que la administración de benzoato de estradiol, 24 horas después del tratamien

to con $\text{PGF}_{2\alpha}$, aumenta la precisión de sincronización, tanto en vacas lactantes como en terneras de las razas Hereford, Angus y sus cruza. El porcentaje de sincronización aumentó 23% y los calores se presentaron entre 56 y 86 horas postratamiento. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la tasa de concepción (45 vs 34%) cuando se administra benzoato de estradiol o no. Estos autores observaron un aumento en el porcentaje de sincronización entre el primero y el segundo tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ (92 vs 89%).

En lo que se refiere al intervalo tratamiento calor, Hafs y Manns (52) observaron que independientemente de la dosis de prostaglandinas, no hay variación en el intervalo puesto que el 62 al 68% presentaron el celo entre 48 y 84 horas postratamiento y solo un bajo porcentaje no respondió a la segunda aplicación (17 y 4% para vacas y vaquillas). Con la IA realizada a tiempo predeterminado (70 y 88 horas después del tratamiento) se lograron tasas de parición de 42 y 54% respectivamente. Estos porcentajes son similares a los obtenidos en los animales testigo que se inseminaron en un periodo de seis semanas.

Con la combinación de prostaglandinas (0.5 mg de ICI 80 996) y progestágenos (12 mg de 21009 durante siete días) se logra aumentar el grado de sincronización de vacas y vaquillas cíclicas, ya que el 92% de los animales tratados presentaron su celo dentro de las 48 horas posteriores a la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (148).

El uso de análogos de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (0.5 mg de ICI 80 996) para sincronizar dió buenos resultados en vaquillas Friesian, cuando se administran entre los días 5 ó 6 al 16 ó 17 del ciclo estral, puesto que se sincronizaron 171 de 179 vaquillas; las cuales presentaron el calor entre 48 y 96 horas postrata-

miento (19) y agrupando a más del 90% después del segundo tratamiento entre 48 y 72 horas (20). Sin embargo, se ha observado que el inicio del estro en vacas Brahman es menos preciso, puesto que la mayor incidencia ocurrió 24 horas más tarde que en otras razas de origen europeo (Jersey, Friesian y Hereford). Además, la fertilidad es menor en el ganado cebú después de la IA durante el estro sincronizado: 33% en vacas Santa Gertrudis y 50% en Brahman (102).

La administración de dosis mínimas de $PGF_{2\alpha}$ (7-14 mg) por vía intramuscular es efectiva en producir la luteólisis en ganado Bos indicus; ya que entre el 73 y el 93% de los animales presentaron celo dentro de los cinco días posteriores al tratamiento. Los porcentajes de concepción son menores en los animales que se inseminaron a tiempo predeterminado que en los testigo (25 vs 54%) (140).

La sincronización de ganado cebú, de la raza Nelore, utilizando un programa de dos aplicaciones de cloprostenol separados por 11 días, Simplicio et al. (139) y Barnabe et al. (12), encontraron porcentajes de sincronización aceptable (44 y 58%) respectivamente) después de la segunda aplicación; aunque es menor el porcentaje de animales que presentaron estro en un periodo de 24 días (88%).

En lo que se refiere a fertilidad, es menor cuando la IA se realiza a tiempo predeterminado que cuando se da el servicio después de detectados los signos de estro, tanto en el natural como en el sincronizado: 20, 67 y 74% respectivamente (140). Sin embargo, Barnabe et al. (12), informan de porcentajes de pariciones mayores al final de un programa de empadres de 60 días cuando se realiza la IA en el estro sincronizado (37.5%) que en el natural (16.6%).

Lauderdale et al. (87), Roche (122) y Louis et al.

(95), concluyen que la fertilidad en los animales que se inseminan a estro sincronizado, tanto al detectar el estro como a tiempo predeterminado e independientemente de la dosis, es similar a la encontrada en los grupos testigo. Así tenemos que se informan de porcentajes de fertilidad 52% al detectar el celo después del tratamiento, de 56% a tiempo predeterminado y de 50% para los testigos (86).

2.5. Efecto de las prostaglandinas en los niveles endócrinos.

Anteriormente se hizo una revisión acerca del control del ciclo estral utilizando prostaglandinas y progestágenos así como de los porcentajes de sincronización y de las tasas de fertilidad después del tratamiento. Ahora se tratará de los efectos que las mismas tienen en los niveles de progesterona, estrógenos y hormona luteinizante postratamiento.

Louis *et al.* (94), observaron que la administración intrauterina de 5 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en el cuerno uterino ipsilateral al cuerpo lúteo en vacas Holstein provoca los siguientes cambios: 1) reducción del diámetro del CL de 2.5 ± 1.0 a 1.6 ± 0.1 cm dentro de las 24 horas postratamiento; a consecuencia de esto, los niveles de progesterona circulante disminuyen de 3.6 ± 0.3 a 1.0 ng/ml en 48 horas. 2) Aumento en los niveles de la LH después de 71.0 ± 4 horas después del tratamiento, el calor se inició a las 72 ± 5 horas y la ovulación ocurrió a las 95 ± 5 horas postratamiento. De acuerdo a estos resultados y con base en los niveles de estas hormonas durante el ciclo estral normal, concluyeron que no existen diferencias entre tratamiento; sin embargo, se debe recalcar que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ provoca una luteólisis drástica, aumento en la secreción de estrógenos y sincronización del estro, hormona luteinizante y ovulación.

El principal efecto que se observa después de la administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$ es la disminución de los niveles circulantes de progesterona, debido a la regresión del cuerpo lúteo. Esto se demostró después del tratamiento intrauterino de 1 a 2 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ puesto que, dentro de las primeras cuatro horas postratamiento, la concentración disminuyó de 3.7 a 2.0 ng/ml y a niveles menores a 0.25 ng por ml a las 48 horas; esto también indica que la luteólisis es muy rápida (158). Resultados similares fueron encontrados por Oxender et al. (109), aunque estos niveles fueron menores a 1.0 ng/ml a las 24 horas postratamiento y esta concentración se mantiene hasta el inicio del estro. Sin embargo, la luteólisis y la disminución de progesterona no es tan brusca si la administración se hace por vía intravaginal: 4.6 a 2.4 ng/ml a las doce horas postratamiento (109) y la luteólisis se retrasa de 24 a 36 horas después del tratamiento. (95).

En la revisión de literatura que hacen Oxender et al. (109), describen que los niveles de estradiol se duplican a las 24 horas y alcanzan una concentración de 15.5 pg/ml a las 72 horas postratamiento. Estos cambios en los niveles son similares a los observados durante los tres días que anteceden al estro en los animales testigo. Por su lado, Pelletier y Thimonier (110) indican que el pico no es tan evidente y que el aumento de estrógenos puede ocurrir después de iniciado el estro.

En lo que se refiere a la liberación de la LH después del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$, Welch et al. (158), determinaron que la liberación ocurre a las 67 ± 3 y 66 ± 1 hora después del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ sola y asociada a benzoato de estradiol respectivamente. Los autores observaron una correlación entre la hora del primer aumento de la LH con la hora del inicio del calor.

Después del tratamiento con prostaglandinas en vaquillas Holstein, las concentraciones de LH varían entre 1.0 a 4.8, 1.0 a 18.3 y 0.9 a 42.2 ng/ml para los grupos testigo, tratado con cloprostenol y con prostaglandina natural respectivamente, sin que se observe un efecto de tratamiento, aunque la concentración de LH se duplica después de realizarlo (37).

Observaciones previas indican que el pico preovulatorio de LH ocurre entre 64 y 72 horas después de la inyección de un análogo (ICI 79 939) y con un promedio de 68.0 ± 1.1 horas. Sin embargo, si se combina la prostaglandina con gonadotropina sérica (PMSG) para sincronizar y superovular, el pico de LH ocurre entre las 41 y 54 horas postratamiento, con una media de 47.6 ± 2.0 horas y la concentración fluctúa entre 2.2 y 49.0 ng/ml (112).

3. MATERIAL Y METODOS

3.1. Localización.

El trabajo experimental se realizó en el Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical (CIEEGT), dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. La situación geográfica es de 20°4' de latitud Norte y 97°3' de longitud Oeste; su altitud es de 151 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 24° C y la precipitación de 1743.4 milímetros (15). En la clasificación climática de García (41) corresponde al tipo af(m)(e) caliente húmedo con lluvias todo el año.

3.2. Animales experimentales.

Se utilizaron siete vacas Indobrasil (Bos indicus) y seis Pardo Suizo (Bos taurus) adultas, con ovarios funcionales y que no se encontraban lactando. Los animales se mantuvieron en pastoreo continuo en un potrero de dos hectáreas con gramíneas nativas (Paspalum spp). Durante todo el experimento tuvieron acceso a sales minerales y agua ad libitum.

3.3. Diseño experimental.

Durante un período de dos meses (marzo y abril de 1982) y cada tercer día se tomaron muestras de sangre (10 ml) por punción de la arteria o vena caudal utilizando tubos al vacío sin anticoagulante.

Después de este período se administraron 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (Dinoprost trometamina*) a las vacas que presentaban un cuerpo lúteo a la palpación rectal. Las muestras de sangre se siguieron tomando cada tercer día hasta el día 16 del nuevo ciclo estral.

Posteriormente, mediante una doble aplicación de 25 mg de $PGF_{2\alpha}$ con 11 días de separación se sincronizaron todos los animales y, se tomaron muestras de sangre cada tres horas los cinco días siguientes a la segunda aplicación de la prostaglandina. Para esta parte del experimento se colectaron 468 muestras.

Dieciocho días después del celo inducido por la segunda inyección de $PGF_{2\alpha}$ fueron nuevamente muestreados cada tres horas durante cinco días para determinar el perfil hormonal en las fases proestro y estro natural.

Las muestras de sangre se colocaron en agua con hielo inmediatamente después de su obtención y se centrifugaron lo más pronto posible para separar el suero.

El suero fue almacenado a -20°C hasta que fueron analizadas por radioinmunoanálisis para determinar los niveles de progesterona, $17-\beta$ estradiol y la hormona luteinizante. El total de muestras analizadas fue de 1200.

Durante el tiempo que duró el experimento, se observó a los animales 30 minutos por la mañana (0800) y por la tarde (1500) y cada tres horas cuando el muestreo fue más frecuente, para determinar el inicio del celo.

* (Lutalyse. UpJohn Co. Kalamazoo. Michigan.)

3.4. Radioinmunoanálisis.

17- β estradiol. Para el radioinmunoanálisis de 17- β estradiol se añadieron 1500 cpm de 2, 4, 6, 7, 16, 17 (^3H) estradiol (New England Nuclear), a cada muestra de suero (1 a 2 μC) antes de la extracción para determinar las pérdidas de estradiol durante la extracción. Después de equilibrar durante una hora, cada muestra fue extraída dos veces con alícuotas de 5 ml de eter etílico. La fase acuosa se congeló en un baño de hielo seco y acetona, y la fase orgánica se secó en un chorro de nitrógeno. El extracto se disolvió en benceno-metanol (85:15) y fue sujeto a una cromatografía en columnas de 5 cm X 0.5 cm empacadas con Sephadex-LH-20. Las fracciones que contienen estradiol fueron agrupadas, secadas en nitrógeno y disueltas en una solución buffer fosfosalino al 0.05 M (pH 7.2) que contenía 0.5% de albúmina sérica bovina (PBS-BSA). Trescientos microlitros del extracto disuelto, 50 μl de la dilución del anticuerpo de conejo contra 17- β estradiol-6-carboxi metil-oximina-BSA (Micromedic Systems, Horsham PA), 100 μl de 17- β -estradiol 7-X-succinil-(^{125}I)-tirosina metil ester (Micromedic Systems, Morsham, PA) y 200 μl de PBS-BSA se adicionaron a tubos de cultivo de 12 x 75 mm (30). Los tubos fueron incubados a 4°C durante 15 a 18 horas. Se separó la unión anticuerpo-estradiol de la fase de no unión usando Staphylococcus aureus (IgG adsorb. The enzyme Center, Boston, MA) como fue descrito por Ying y Guillemin (162). La suspensión de Staphylococcus aureus IgG fue precipitada mediante centrifugación a 1000 rpm durante 15 minutos y el sobrenadante se decantó y desechó. La radioactividad del precipitado se cuantificó mediante un contador gamma (Micromedic System, Horsham, PA). Los datos se analizaron usando una regresión de mínimos cuadrados interactiva del porcentaje de unión (129, 130). Las concentraciones de estradiol en las muestras se corrigieron para las pérdidas en la extracción. Este análisis se realizó en el

Laboratorio de Diagnóstico del Colegio de Medicina Veterinaria en la Universidad de Cornell.

En el Cuadro 4 se presenta la reacción cruzada con otros esteroides según los datos de Micromedic Systems así como los coeficientes de variación entre ensayos.

Progesterona.- Los análisis de progesterona fueron validados en sueros de bovino, de acuerdo a la técnica informada por Jiménez et al. (74). Los coeficientes de variación intra e inter ensayo fueron de 15.5 y 13.1% respectivamente.

Hormona luteinizante.- Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas por la técnica de radioinmunoanálisis de doble anticuerpo para LH bovina descrita por Niswender et al. (105).

CUADRO 4. ACTIVIDAD RELATIVA EN LA REACCION CRUZADA EN EL ANALISIS DE ESTRADIOL^a Y LOS COEFICIENTES DE VARIACION INTER-ENSAYO.

ESTEROIDE	ACTIVIDAD RELATIVA
17- β ESTRADIOL	1.0000
17- α ESTRADIOL	0.2600
ESTRIOL	0.0180
ESTRONA	0.0080
TESTOSTERONA	0.0002
COLESTEROL	0.0001
CORTICOSTERONA	0.0001
CORTISOL	0.0001
CORTISONA	0.0001
PROGESTERONA	0.0001

^aDatos de Micromedic Systems.

Coefficientes de variación inter-ensayo para 15 ensayos consecutivos:

<u>CONTROL DE CALIDAD</u>	<u>X. (pg/ml)</u>	<u>D.E.</u>	<u>% C.V. (%)</u>
BAJA	15.01	2.83	17.91
MEDIA	46.75	7.86	16.83
ALTA	101.05	7.68	7.60

3.5. Análisis estadístico.

Para el análisis de los resultados se siguieron diferentes métodos estadísticos. En primera instancia se utilizó un modelo trigonométrico (49) para comparar la duración del ciclo estral y las fluctuaciones de progesterona a lo largo del mismo y entre razas. (Indobrasil vs. Pardo Suizo), basándose en los datos obtenidos en los dos primeros meses del experimento. El modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + \text{Sen}(2\pi/p)X_j + \text{cos}(2\pi/p)X_j + e_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} : Concentración de progesterona para la i -ésima raza y el j -ésimo día de muestreo
 μ : Media general
 R_i : Efecto de la i -ésima raza
 X_j : Efecto del j -ésimo día de muestreo
 $\text{Sen}(2\pi/p)$: Seno del j -ésimo día de muestreo
 $\text{Cos}(2\pi/p)$: Coseno del j -ésimo día de muestreo
 e_{ijk} : Error aleatorio
 P : Período con el que se presentaron los ciclos estrales

NOTA: Se consideró que la amplitud de la curva (p) fuese de 21 días debido a que fue el período que mejor se ajustó a los datos.

Para comparar la concentración de progesterona entre razas y entre tratamientos durante los primeros 13 días del estro sincronizado con los respectivos del estro natural, se utilizó el análisis de perfiles (23).

Para el análisis de las curvas de progesterona y estradiol durante el estro natural y después del tratamiento con prostaglandinas en las dos razas, se realizó por medio del análisis de covarianza (43), siendo el modelo el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + H_j + RH_{ij} + H_j^2 + RH_{ij}^2 + H_j^3 + RH_{ij}^3 + V_k + e_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijkl} : Concentración de progesterona o estradiol de la i-ésima raza y durante la j-ésima hora de muestreo y la k-ésima vaca durante el estro sincronizado
- μ : Media general
- R_i : Efecto de la i-ésima raza
- H_j : Efecto de la j-ésima hora de muestreo después de la inyección como covariable
- RH_{ij} : Interacción de la i-ésima raza con la j-ésima hora de muestreo
- H_j^2 : Efecto cuadrático de la j-ésima hora de muestreo
- RH_{ij}^2 : Interacción de la i-ésima raza con el efecto cuadrático de la j-ésima hora de muestreo

RH_{ij}^3 : Interacción de la i-ésima raza con el cubo de la j-ésima hora de muestreo

V_k : Efecto de la k-ésima vaca

e_{ijkl} : Error aleatorio

Para comparar el efecto del tratamiento en los niveles de progesterona y estradiol se incluyó el efecto del tratamiento al modelo:

$$Y_{ijkln} = \mu + R_i + T_j + H_k + TH_{jk} + RH_{ik} + H_k^2 + TH_{jk}^2 + RH_{ik}^2 + H_k^3 + TH_{jk}^3 + RH_{ik}^3 + V_l + e_{ijkln}$$

donde:

Y_{ijkln} : Concentración de progesterona o estradiol de la i-ésima raza, j-ésimo tratamiento, k-ésima hora de muestreo en relación al estro y de la l-ésima vaca

μ : Media general

R_i : Efecto de la i-ésima raza

T_j : Efecto del j-ésimo tratamiento

H_k : Efecto de la k-ésima hora de muestreo en relación al estro como covariable

- TH_{jk} : Interacción del j-ésimo tratamiento con la k-ésima hora de muestreo
- RH_{ik} : Interacción de la i-ésima raza con la k-ésima hora de muestreo
- H_k^2 : Efecto cuadrático de la covariable k-ésima hora de muestreo
- TH_{jk}^2 : Interacción del j-ésimo tratamiento con el cuadrado de la covariable k-ésima hora de muestreo
- RH_{ik}^2 : Interacción de la i-ésima raza con el cuadrado de la covariable k-ésima hora de muestreo
- H_k^3 : Efecto cúbico de la covariable k-ésima hora de muestreo
- TH_{jk}^3 : Interacción del j-ésimo tratamiento con la covariable k-ésima hora de muestreo
- RH_{ik}^3 : Interacción de la i-ésima raza con el cubo de la covariable k-ésima hora de muestreo
- V_1 : Efecto de la 1-ésima vaca
- e_{tjkin} : Error aleatorio

Para el análisis de la concentración de la hormona luteinizante se realizaron tres Andeva (23) con los siguientes modelos:

a) Para comparar la concentración de LH después de la sincronización con $\text{PGF}_{2\alpha}$ entre razas

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + H_j + RH_{ij} + V_k + e_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijkl} : Concentración de LH durante el estro sincronizado para la i-ésima raza, j-ésima hora de muestreo después de la inyección y k-ésima vaca
- μ : Media general
- R_i : Efecto de la i-ésima raza
- H_j : Efecto de la j-ésima hora de muestreo después de la inyección de prostaglandinas
- RH_{ij} : Interacción de la i-ésima raza con la j-ésima hora de muestreo
- V_k : Efecto de la k-ésima raza
- e_{ijkl} : Error aleatorio

b) Para comparar la concentración de LH entre razas y tratamientos en relación al inicio del estro:

$$Y_{ijkln} = \mu R_i + T_j + RT_{ij} + H_k + RH_{ik} + TH_{jk} + V_l + e_{ijkln}$$

donde:

Y_{ijkln} : Concentración de LH en la i-ésima raza, j-ésimo tratamiento, k-ésima hora de muestreo en relación al estro y l-ésima vaca

μ : Media general

R_i : Efecto de la i-ésima raza

T_j : Efecto del j-ésimo tratamiento

RT_{ij} : Interacción de la i-ésima raza con el j-ésimo tratamiento

H_k : Efecto de la k-ésima hora de muestreo en relación al inicio del estro

RH_{ik} : Interacción de la i-ésima raza con la k-ésima hora de muestreo

TH_{jk} : Interacción del j-ésimo tratamiento con la k-ésima hora de muestreo

V_l : Efecto de la l-ésima vaca

e_{ijkln} : Error aleatorio

c) Para comparar la concentración de LH entre razas y tratamiento en relación al pico de la hormona, con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkln} = \mu + R_i + T_j + RT_{ij} + H_k + RH_{ik} + TH_{jk} + V_l + e_{ijkln}$$

donde:

Y_{ijkln} : Concentración de LH en la i-ésima raza, j-ésimo tratamiento, k-ésima hora en relación a la máxima concentración de LH y l-ésima vaca

μ : Media general

R_i : Efecto de la i-ésima raza

T_j : Efecto del j-ésimo tratamiento

RT_{ij} : Efecto de la interacción de la i-ésima raza con el j-ésimo tratamiento

H_k : Efecto de la k-ésima hora de muestreo en relación al pico de LH

RH_{ik} : Efecto de la interacción de la i-ésima raza con la k-ésima hora de muestreo

TH_{jk} : Efecto de la interacción del j-ésimo tratamiento con la k-ésima hora de muestreo

V_l : Efecto de la l-ésima vaca

e_{ijkln} : Error aleatorio

Asimismo se realizó la prueba de T^2 de Hotelling (23) que es una prueba multivariada para el análisis simultáneo de los intervalos promedio (horas) de la inyección al calor y de la inyección al pico de LH, entre razas.

Para el cálculo del área bajo la curva se siguió el siguiente procedimiento: Se consideró como el nivel basal de la LH, la concentración promedio que se obtenía después de eliminar el aumento preovulatorio de la hormona (desde doce horas antes hasta doce horas después de la máxima concentración) más dos desviaciones estandar, con lo que se pretende cubrir el 95% de las observaciones. Este nivel basal fue de 2.16 ng/ml. De esta manera se tiene una área definida en cada una de las vacas que presentó el pico de LH, tanto en el estro natural como en el sincronizado. Se efectuó un análisis de varianza (23) para estudiar el efecto de raza, tratamiento y de la interacción, con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + RT_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} : El área bajo la curva que se encontró en la i -ésima raza y j -ésimo tratamiento de las vacas que tenían pico de LH.
- μ : Media general
- R_i : Efecto de i -ésima raza
- T_j : Efecto del j -ésimo tratamiento
- RT_{ij} : Efecto de la interacción de la i -ésima raza con el j -ésimo tratamiento
- e_{ijk} : Error aleatorio

4. RESULTADOS

La concentración de progesterona que se registró durante los primeros dos meses del experimento se presenta en los Cuadros 5 y 6. Como era de esperarse, existe una gran variación individual en las dos razas, lo que se puede observar por la desviación estándar. Nótese la baja concentración de progesterona durante el diestro en los dos grupos experimentales.

En la figura 1 se muestran los niveles medios de progesterona sérica durante el ciclo estral en las dos razas. En esta se puede apreciar que los niveles de progesterona empiezan a aumentar a partir del día cinco del ciclo y aparentemente existe un aumento más rápido en las vacas Pardo Suizo que en las Indobrasil.

Las concentraciones máximas se alcanzaron en los días 13 y 14 del ciclo estral de las vacas Bos indicus y Bos taurus respectivamente y empezaron a disminuir hacia el día 18 en ambas razas. En el caso de las vacas Indobrasil, los niveles de progesterona no fueron mayores a 2.2 ng/ml de suero mientras que en las Pardo Suizo fueron en promedio de 3.0 ng/ml en la mitad del diestro. Sin embargo, después de ajustar los datos por medio de los modelos trigonométricos, no se encontraron diferencias en las curvas de ambas razas ni en la concentración media de progesterona ni en la duración del ciclo estral; el mejor ajuste de las curvas fue difícil de establecer debido a la gran variabilidad individual, pero se logró al considerar 21 días como la duración del ciclo estral en ambos grupos. (Fig. 2).

Por otro lado, la concentración de progesterona disminuyó drásticamente después de la administración de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ desde 2.5 y 2.8 ng/ml en el día 13 del ciclo estral para las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente, a niveles menores de 1.0 ng/ml a las 24 horas postratamiento. Posteriormente, los niveles aumentaron hasta 3.4 ng/ml en el día 13 del ciclo sincronizado en ambas razas. Al comparar las concentraciones de progesterona que se determinaron en los días antes del tratamiento con las obtenidas en los primeros 13 días del nuevo ciclo, mediante el análisis de perfiles, se encontró una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$) de estas concentraciones dentro de raza; sin embargo, no hubo diferencias al hacer las comparaciones entre razas ni antes ni después del tratamiento (Fig. 3).

Después del segundo tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ se logró sincronizar el 83% de las vacas inyectadas. Solo una vaca de cada raza no presentó signos de estro. El tiempo promedio a la aparición del celo, después del tratamiento, fue de 75 ± 12 horas ($\bar{X} \pm \text{D.E.}$) en las vacas Indobrasil y 69 ± 11 horas en las Pardo Suizo, sin que se hayan encontrado diferencias significativas ($P > 0.05$).

Al momento en que se realizó el segundo tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$, la concentración de progesterona fue mayor en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo (6.1 ± 0.9 vs. 5.3 ± 0.9 ng/ml; $P < 0.05$, Cuadro 7). Asimismo se observó que la concentración de progesterona disminuyó drásticamente con cada hora de muestreo ($P < 0.005$) y alcanzaron niveles menores a 1.0 ng/ml a las 24 y 18 horas postratamiento respectivamente (Fig. 4). Esta diferencia se ve más clara cuando se considera el inicio del estro como punto de referencia para hacer las comparaciones (Fig. 5); en esta gráfica también se observa que los niveles menores a 1.0 ng/ml se presentan 45 horas

antes de que se inicien los primeros signos de estro en ambas razas.

Los niveles de progesterona que se encontraron durante la fase folicular del ciclo estral se presentan en la Figura 6. Aunque en las vacas Pardo Suizo, la concentración fue más alta que en las Indobrasil (4.5 vs. 3.5 ng/ml) no se encontraron diferencias significativas, así como tampoco se observó un efecto de tratamiento ni de la hora durante el muestreo. En las vacas Bos taurus, el inicio del estro se presentó 30 horas antes que en las Bos indicus, dado por la interacción raza con hora en el análisis de covarianza concentraciones menores a 1.0 ng/ml se presentaron a las 30 y 66 horas antes del inicio del estro respectivamente, en comparación con el intervalo de 45 horas antes del estro cuando se sincronizó ($P < 0.005$), Cuadro 8).

Cómo podrá observarse en las figuras 5 y 6 al hacer las comparaciones entre tratamientos, no se encontraron diferencias significativas con respecto a la caída de progesterona al comparar el estro natural con el sincronizado.

No se debe pasar por alto que el segundo tratamiento se realizó durante el mes de junio y se observó que las concentraciones de progesterona son más altas que las obtenidas durante el mes de marzo en ambas razas (6.1 vs. 2.2 ng/ml) para las Indobrasil y 5.3 vs. 3.0 ng/ml en las Pardo Suizo respectivamente, $P < 0.05$). Estas diferencias también se encontraron al inicio de la regresión natural del CL en ambas razas.

Los niveles circulantes de progesterona durante el estro sincronizado y natural fueron menores a 1.0 ng/ml cuando se presentó el estro y menores a 0.5 ng/ml al presentarse el pico de la hormona luteinizante, indicando que 25 mg de $PGF_{2\alpha}$ son suficientes para producir la lisis del cuerpo lúteo.

En lo que se refiere a los niveles promedio de 17- β estradiol, cuando se inyectó la PGF₂ α fueron de 7.5 ± 0.5 y 4.3 ± 2.2 pg/ml ($\bar{X} \pm$ D.E.) para las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente. En las vacas cebú, la concentración promedio aumentó a 12.9 ± 10.2 pg/ml a las 33 hrs. de la inyección y posteriormente disminuye a 4.7 pg/ml a las 93 horas. Dicho pico antecede al aumento preovulatorio de LH en 71% de los animales. Estos resultados contrastan con las concentraciones promedio en las vacas Pardo Suizo, en las cuales este aumento no es tan evidente antes del calor; sin embargo, aumentaron a 7.7 pg/ml a las 33 hrs. y alcanzaron la máxima concentración a las 81 horas (8.8 pg/ml) (Fig. 7).

En la figura 8 se observa que en las vacas Indobrasil, la máxima concentración de 17- β estradiol (19 pg/ml) se presenta entre 45 y 30 horas antes del estro; mientras que en las Pardo Suizo no se observa este aumento, aunque picos de 11 pg/ml se presentaron a las 36, 21 y 9 hrs antes del estro sin que exista evidencia de un aumento homogéneo de estradiol. Por otro lado, cuando se observan a las vacas en forma individual, los picos máximos de estradiol varían desde 6.5 a 48.5 pg/ml en las vacas Indobrasil y desde 10.5 a 46.5 pg/ml en las Pardo Suizo. En las figuras 8.0 a 8.6 se observa el comportamiento del 17- β estradiol en cada uno de los animales que recibió el tratamiento con PGF₂ α y en las que existe una gran variabilidad. Esta variación se indica por la significancia que se observa en el Cuadro 9.

Durante el estro natural (Fig. 9) el aumento de estrógenos no es tan evidente; aunque al inicio del muestreo la concentración promedio de estradiol es menor a 4.0 pg/ml, llega a aumentar hasta 15 y 11 pg/ml antes del estro en las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente.

En las figuras 9.a y 9.b se observan las concentraciones de 17- β estradiol en cada vaca durante el estro natural y en las cuales, las concentraciones varían desde 9.1 a 21.7 pg/ml en las vacas Indobrasil y desde 8.8 a 43.0 pg/ml en las Pardo Suizo. Dichos picos se presentaron antes del estro en algunas excepciones en las vacas Pardo Suizo.

En ambos casos no existieron diferencias en el patrón de producción de estrógenos al comparar el estro natural con el sincronizado, aunque se observó un efecto significativo de la interacción tratamiento con el cuadrático de la hora de muestreo (Cuadro 10).

La concentración de la hormona luteinizante, cuando se realizó el tratamiento con PGF₂ α , fue menor a 1.0 ng/ml en las dos razas y permanecieron basales hasta 51 horas postratamiento, cuando se presentó un aumento en las vacas Pardo Suizo (2.1 ng/ml) que disminuyó en el siguiente muestreo. En promedio, el pico de LH ocurrió a las 84 ± 15.6 horas postratamiento en las vacas Indobrasil y de 79.5 ± 13.1 horas en las Pardo Suizo. Como puede observarse en la figura 10 se presentaron dos picos de LH en las vacas Indobrasil y uno más homogéneo en las Pardo Suizo. Las concentraciones máximas, en los picos de las vacas cebú, fueron de 31.0 ± 27.4 y 22.0 ± 17.2 ng/ml ($X \pm EE$) y de 22.0 ± 12.2 ng/ml en las Pardo Suizo. Se observó un efecto significativo de la hora de muestreo, indicando que sí existe liberación de LH al torrente circulatorio (Cuadro 11, $P < 0.01$).

El aumento preovulatorio de LH se inició a las 63 horas postratamiento en las vacas Indobrasil y presentó un pico a las 72 horas en dos animales y dos más lo presentaron a las 93 horas; solo en una vaca no se detectó el pico ya que posiblemente se presentó después de las 102 horas que duró el

muestreo. En la vaca que no presentó signos de estro no se observó el pico preovulatorio de LH. Mientras que en las Pardo Suizo, se detectó el primer aumento a las 69 horas (6.4 ng/ml), pero disminuyó rápidamente; sin embargo, la máxima concentración se observó a las 84 horas postratamiento, en las vacas donde se detectó el pico de LH (Fig. 10).

Con la prueba T^2 de Hotelling se observó un efecto significativo ($P < 0.01$) de la raza sobre la hora en que ocurrió el pico de máxima concentración. En la figura 11 se puede observar que las concentraciones de LH en las vacas Bos indicus empiezan a aumentar seis horas antes del estro y se observa un pico cuando da inicio el estro (una vaca), así como a las seis (una vaca) y a las 24 horas (dos vacas) después de iniciado. Asimismo, en las vacas Pardo Suizo, el aumento se observa desde nueve horas antes del estro y la máxima concentración se determinó a las nueve horas de iniciado el calor. En el Cuadro 12 se observa el efecto que tiene la hora de muestreo sobre la concentración de LH indicando que este aumento es significativo.

En la figura 12 se presentan los niveles circulantes de la hormona luteinizante durante el estro natural y en la que se observa el aumento de los niveles 15 horas antes del calor en ambas razas y el pico ocurre a las tres horas de iniciado en el ganado Bos indicus y a las seis horas en Bos taurus, alcanzando concentraciones de 31.2 ± 17.6 y 39.5 ± 21.9 ng/ml respectivamente; no existiendo diferencias significativas entre razas ni entre tratamientos (Cuadro 13).

Por otro lado, al hacer las comparaciones con base en la máxima concentración de LH se observó que existe una tendencia a ser mayor la concentración y a aumentar más temprano en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo en el estro sincronizado (Fig. 13); mientras que en el estro natural,

la tendencia es hacia las Pardo Suizo (Fig. 14). Estas tendencias se ven más claras al comparar el área bajo la curva de producción de LH, en donde se puede observar que en promedio es de 11.54 y 25.40 mm² durante el estro natural y sincronizado de las vacas Indobrasil y de 26.18 y 9.17 mm² para los mismos tipos de estro en las Pardo Suizo. No se pudieron demostrar diferencias entre razas ni entre tratamientos, aunque existe una significancia de la interacción raza-tratamiento ($P < 0.05$; Cuadro 14), indicando que el área bajo la curva de LH en el estro sincronizado es mayor en las Indobrasil, mientras que en estro natural es mayor en las Pardo Suizo.

Tanto los animales tratados como en los testigo, la máxima concentración de LH ocurrió primero en las vacas Indobrasil, aunque en algunas vacas cebú se presentó hasta 24 horas después de iniciado el calor. Esta variación provocó que el intervalo promedio al pico de LH postratamiento aumente drásticamente.

En el cuadro 15 se presentan los intervalos que existen entre el inicio del estro y el pico de LH, y en el que se puede observar que es menor en Bos indicus que en Bos taurus durante el estro natural; mientras que en el estro sincronizado, el intervalo es menor en las vacas Pardo Suizo. Al hacer las comparaciones entre razas e independientemente del tratamiento, el intervalo parece menor en ganado Bos indicus; sin embargo en ninguno de los casos se encontró una diferencia significativa.

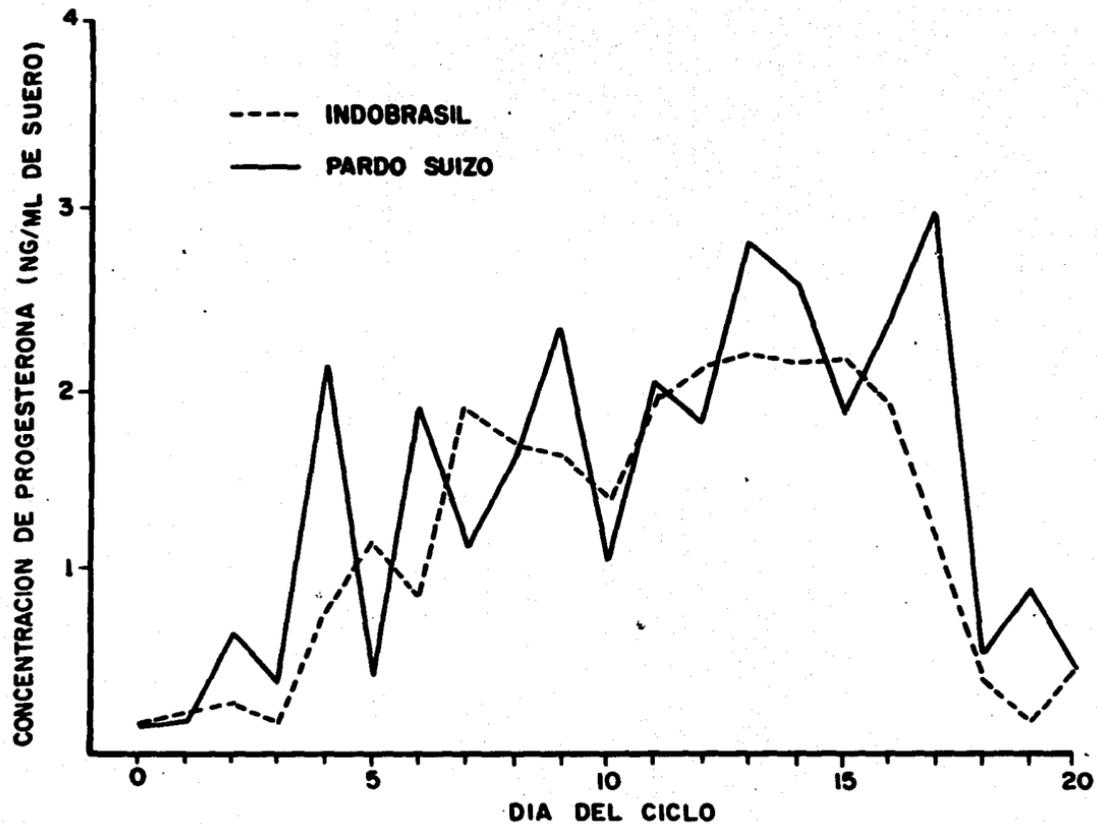


FIG. 1 NIVELES DE PROGESTERONA EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE EL CICLO ESTRAL (ESTRO = DIA 0).

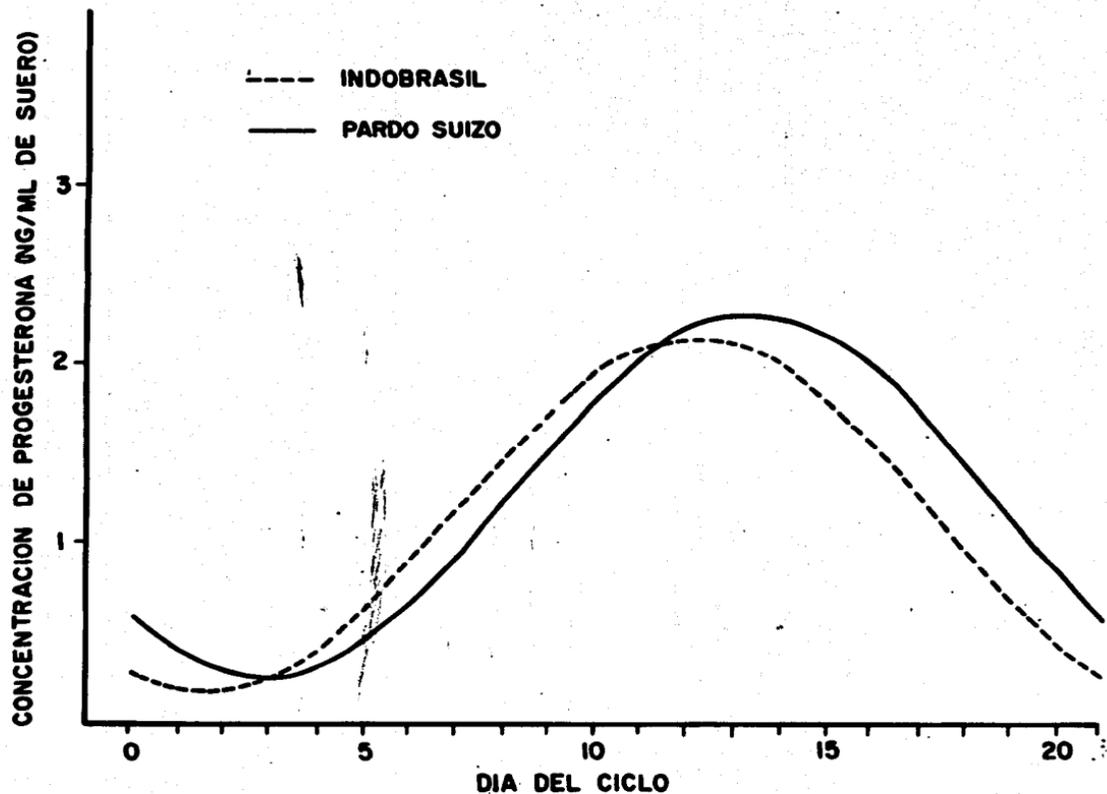


FIG. 2 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE PROGESTERONA COMPARANDO GANADO INDOBRASIL Y PARDO SUIZO CON LOS MODELOS TRIGONOMETRICOS.

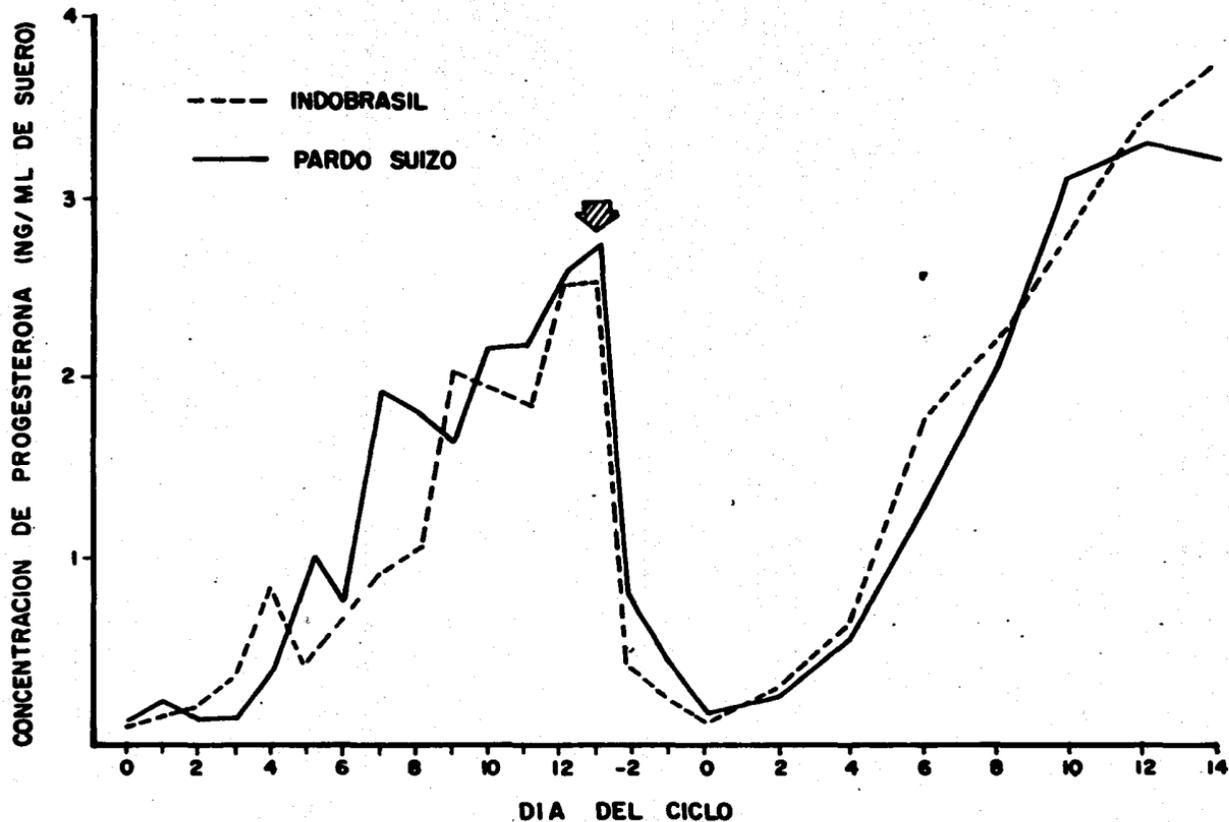


FIG. 3 CONCENTRACION DE PROGESTERONA DURANTE LOS PRIMEROS 13 DIAS DE LOS CICLOS ESTRALES NATURALES Y DESPUES DE LA ADMINIS-TRACION DE PROSTAGLANDINA F2 α (FLECHA). ESTRO = DIA 0.

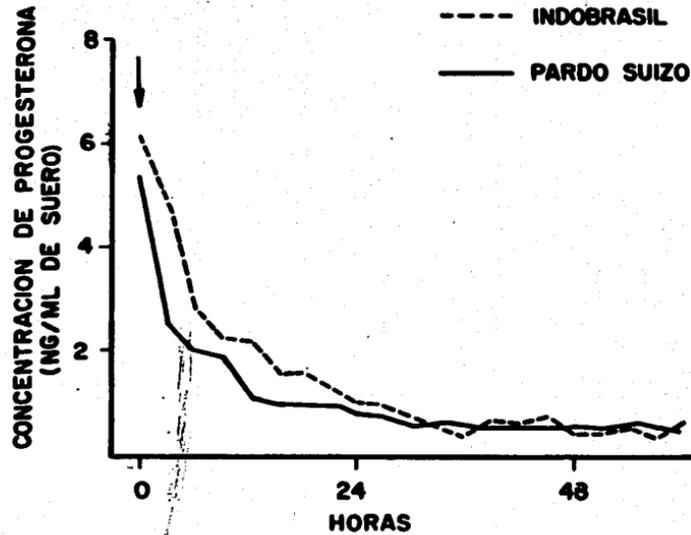


FIG. 4 NIVELES PLASMATICOS DE PROGESTERONA EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DE LA ADMINISTRACION DE 25mg DE PGF 2 α (FLECHA).

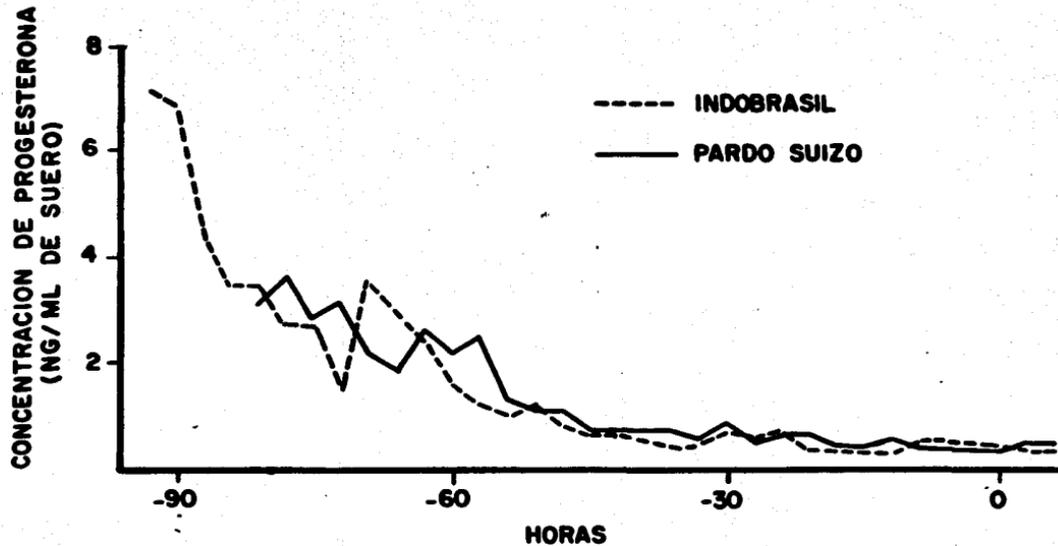


FIG. 5 CONCENTRACION DE PROGESTERONA EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F2 α (INICIO DEL ESTRO=0).

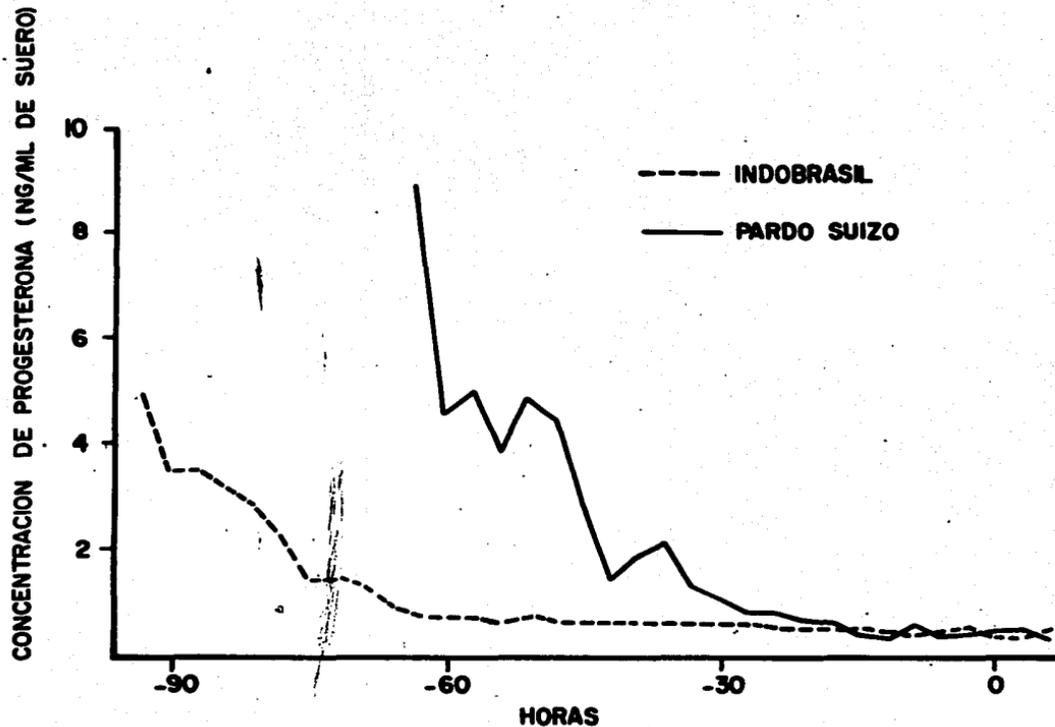


FIG. 6 CONCENTRACION DE PROGESTERONA DURANTE LA REGRESION NATURAL DEL CUERPO LUTEO EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO EXPLOTADAS EN CONDICIONES TROPICALES (INICIO DEL ESTRO=0).

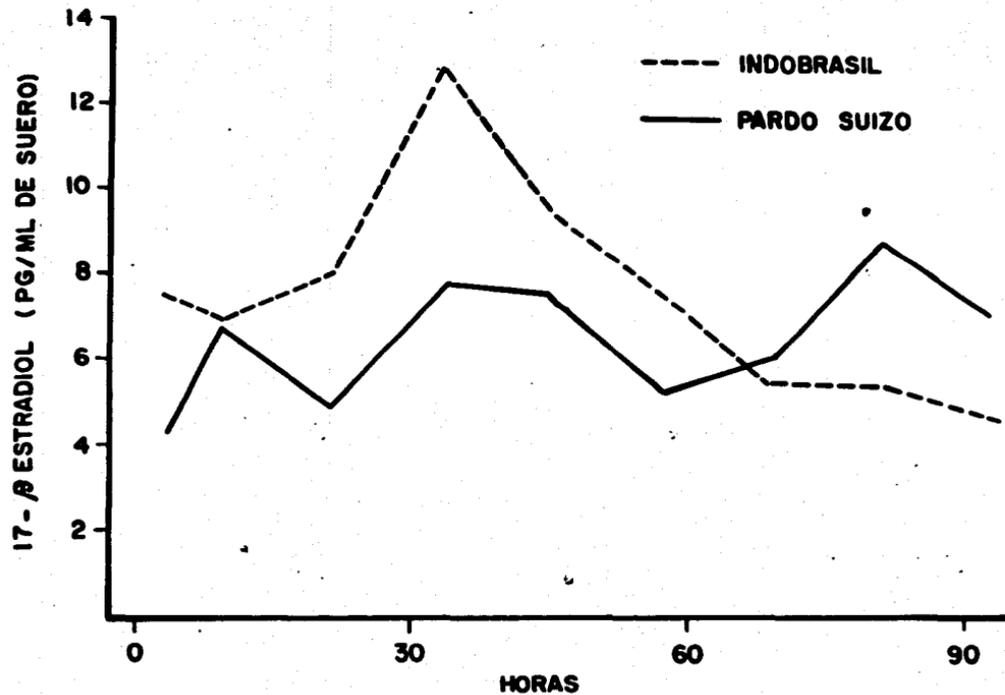


FIG. 7 CONCENTRACION DE 17- β ESTRADIOL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F2 α .

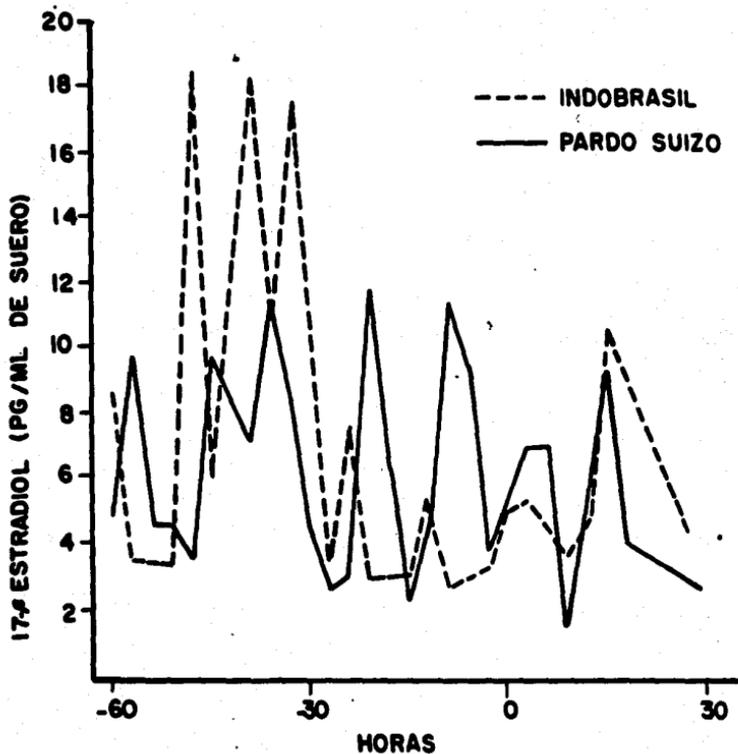


FIG. 8 NIVELES PLASMATICOS DE 17 β ESTRADIOL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PGF_{2 α} EN RELACION AL INICIO DEL ESTRO (HORA CERO).

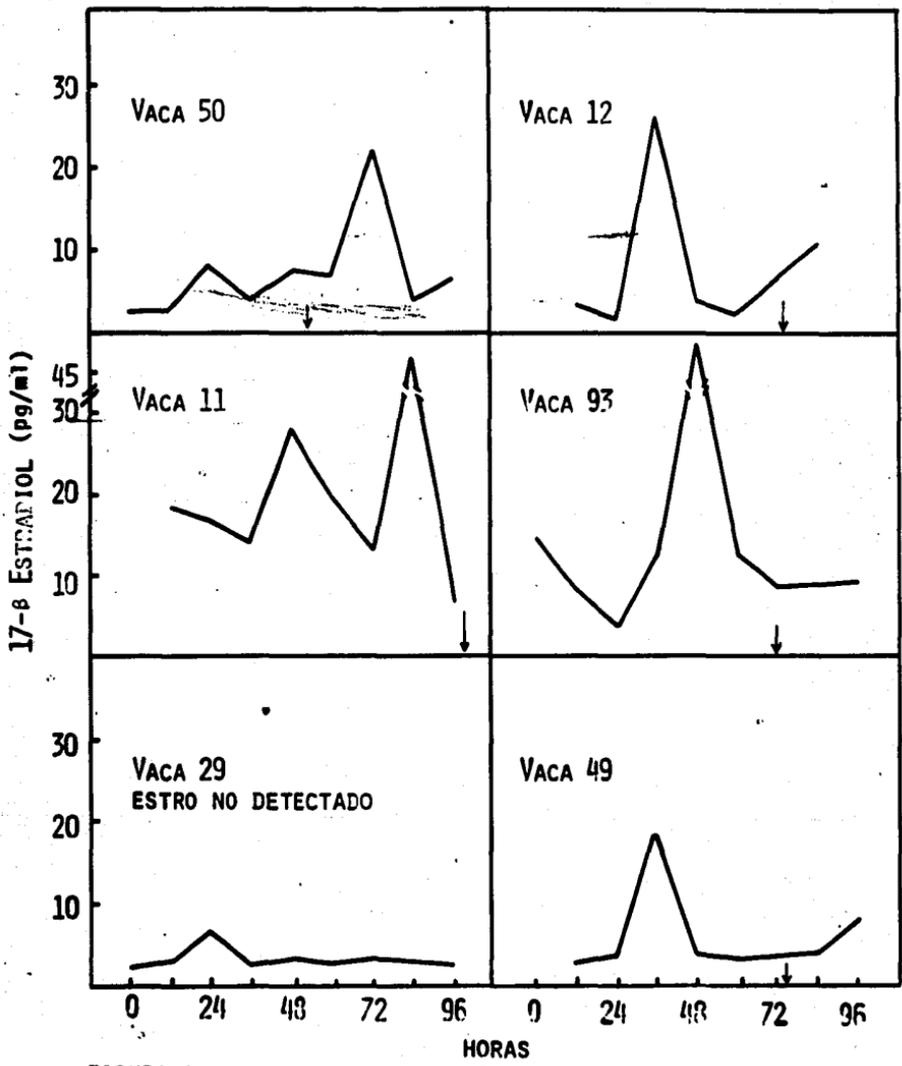


FIGURA 8.A. CONCENTRACIÓN DE 17-β ESTRADIOL DESPUÉS DE LA INYECCIÓN DE PGF₂^α EN VACAS INDOBRASIL EXPLOTADAS EN EL TRÓPICO. (LA FLECHA INDICA EL INICIO DEL ESTRO).

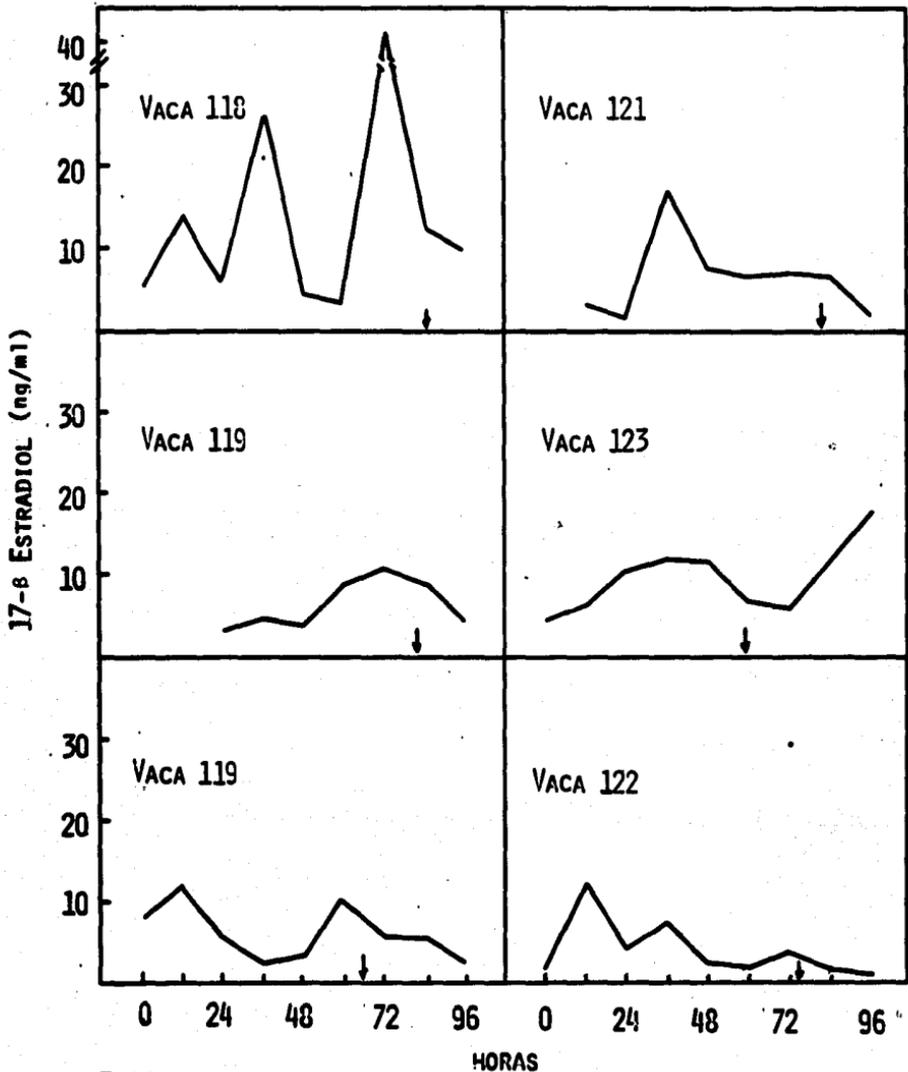


FIGURA 8.B. CONCENTRACIÓN DE 17-β ESTRADIOL DESPUES DE LA INYECCIÓN DE PGF₂^α EN VACAS PARDO SUIZO EN CONDICIONES TROPICALES (LA FLECHA INDICA EL INICIO DEL ESTRO).

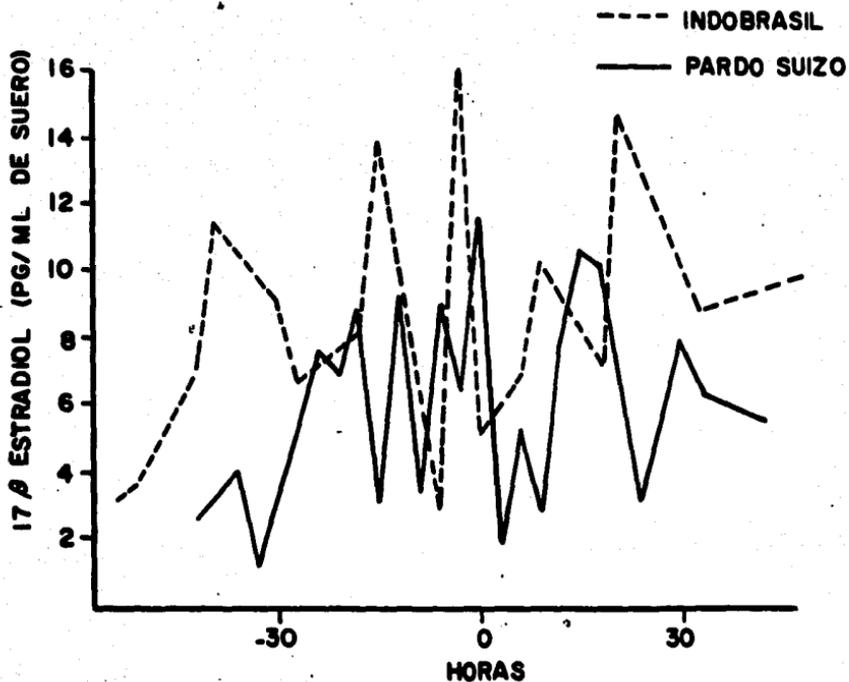


FIG. 9 CONCENTRACION DE 17-β ESTRADIOL DURANTE LA FASE FOLICULAR DEL CICLO ESTRAL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO EN RELACION AL INICIO DEL ESTRO (HORA CERO).

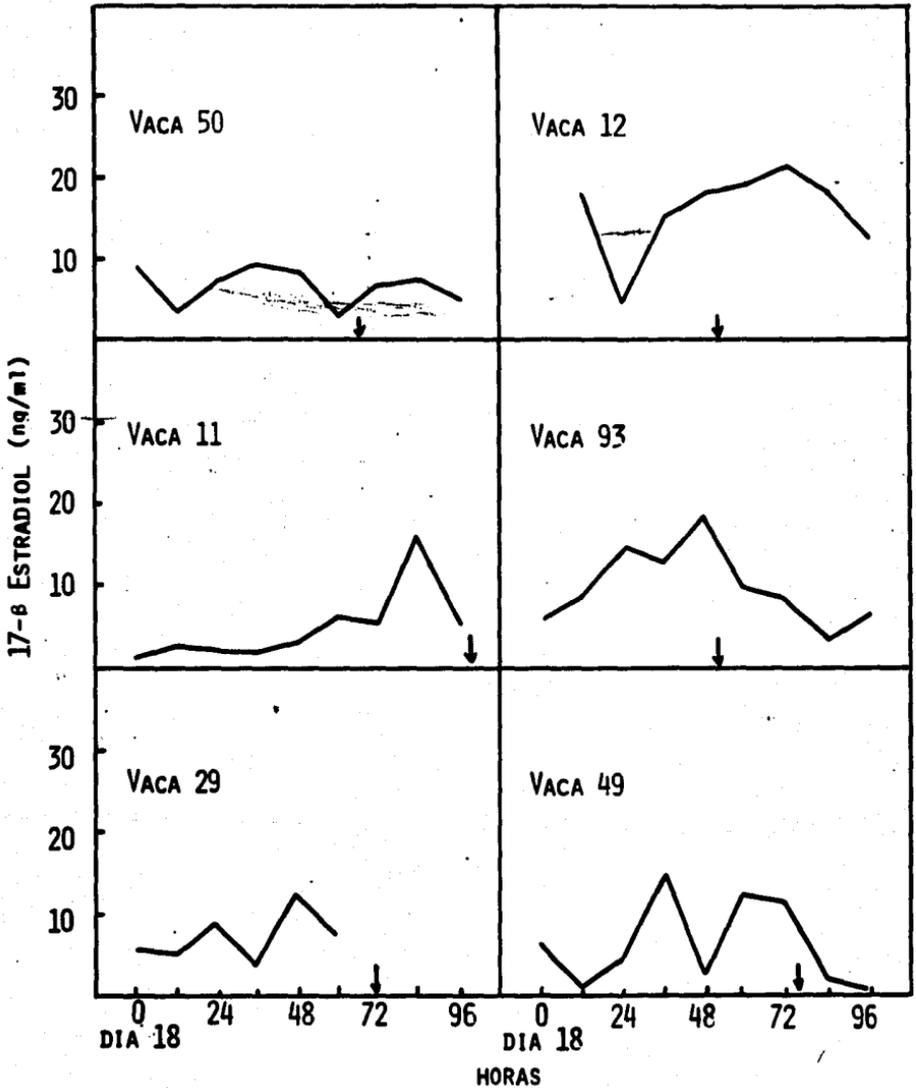


FIGURA 9.A. CONCENTRACIÓN DE 17- β ESTRADIOL DESPUÉS DEL DIA 18 DEL CICLO ESTRAL EN VACAS INDOBRASIL EXPLOTADAS EN EL TRÓPICO. (LA FLECHA INDICA EL INICIO DEL ESTRO).

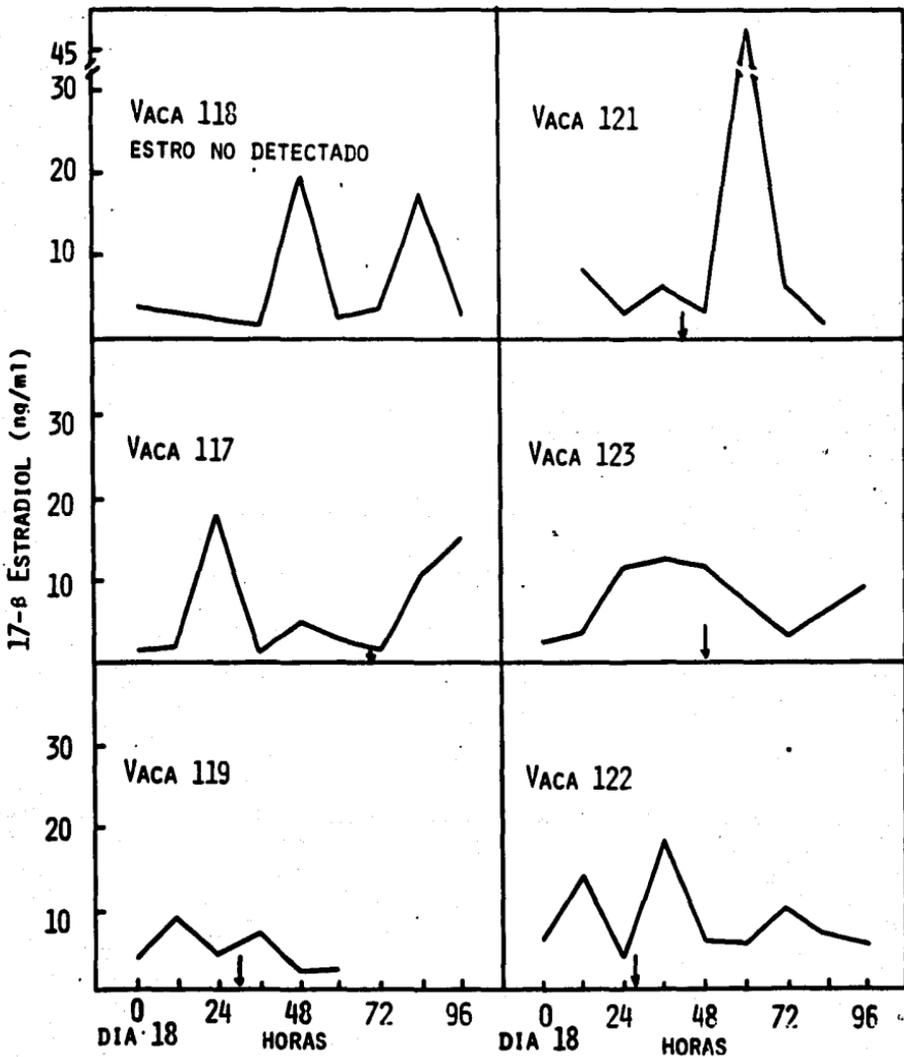


FIGURA 9.B. CONCENTRACIÓN DE 17- β ESTRADIOL DESPUES DEL DIA 18 DEL CICLO ESTRAL EN VACAS PARDO SUIZO EXPLOTADAS EN EL TRÓPICO (LA FLECHA INDICA EL INICIO DEL ESTRO).

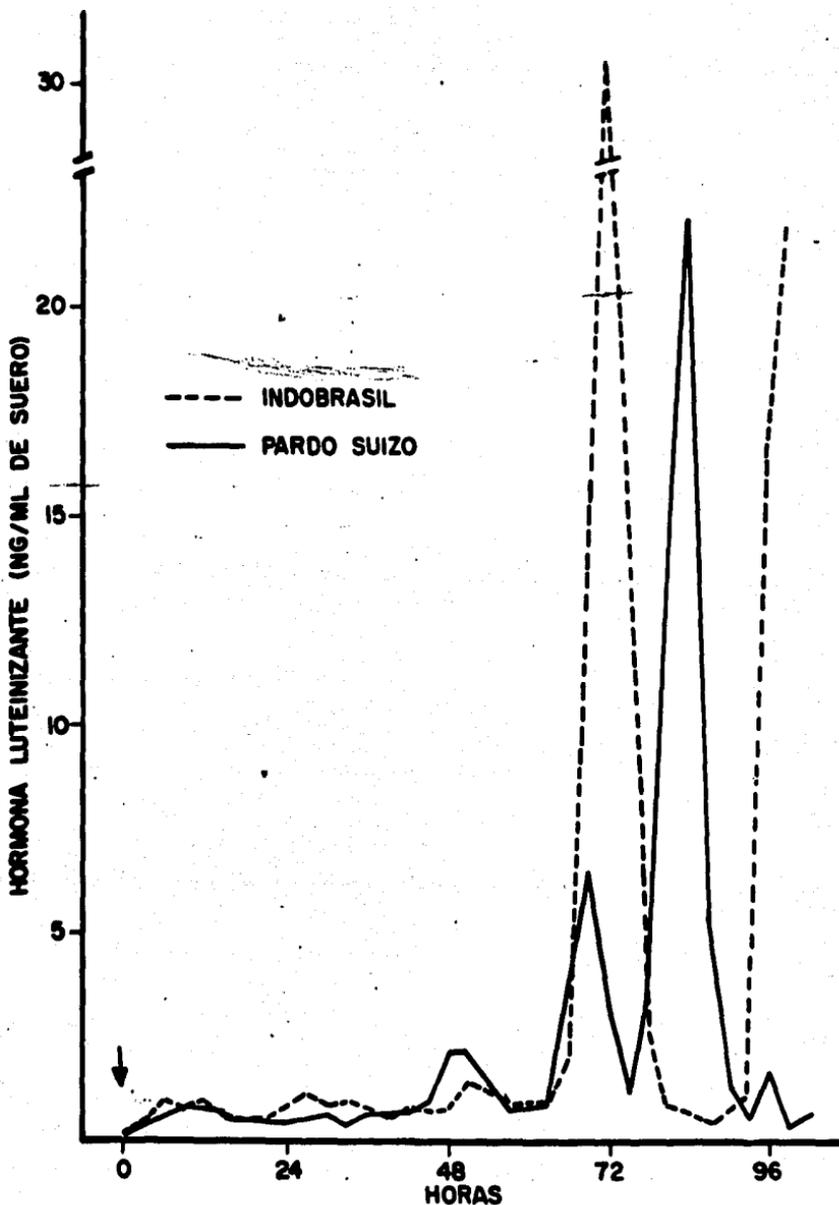


FIG. 10 NIVELES PLASMATICOS DE LA HORMONA LUTEINIZANTE DESPUES DE LA ADMINISTRACION DE 25 MG DE PGF₂α EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO. (flecha)

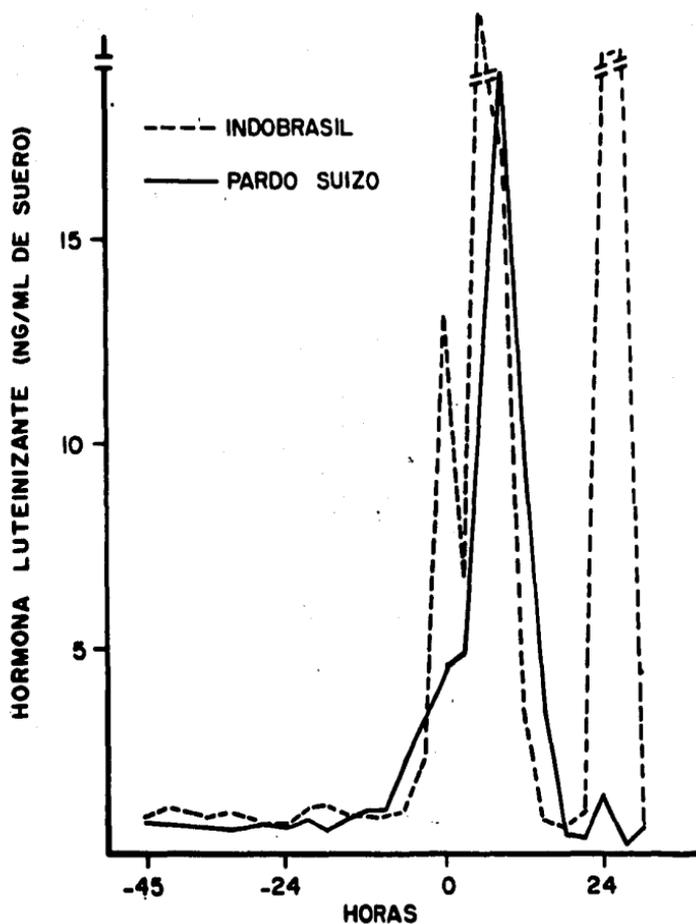


FIG. II NIVELES PLASMATICOS DE LA HORMONA LUTEINIZANTE DESPUES DEL TRATAMIENTO CON $PGF_{2\alpha}$ EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO. INICIO DEL ESTRO=0.

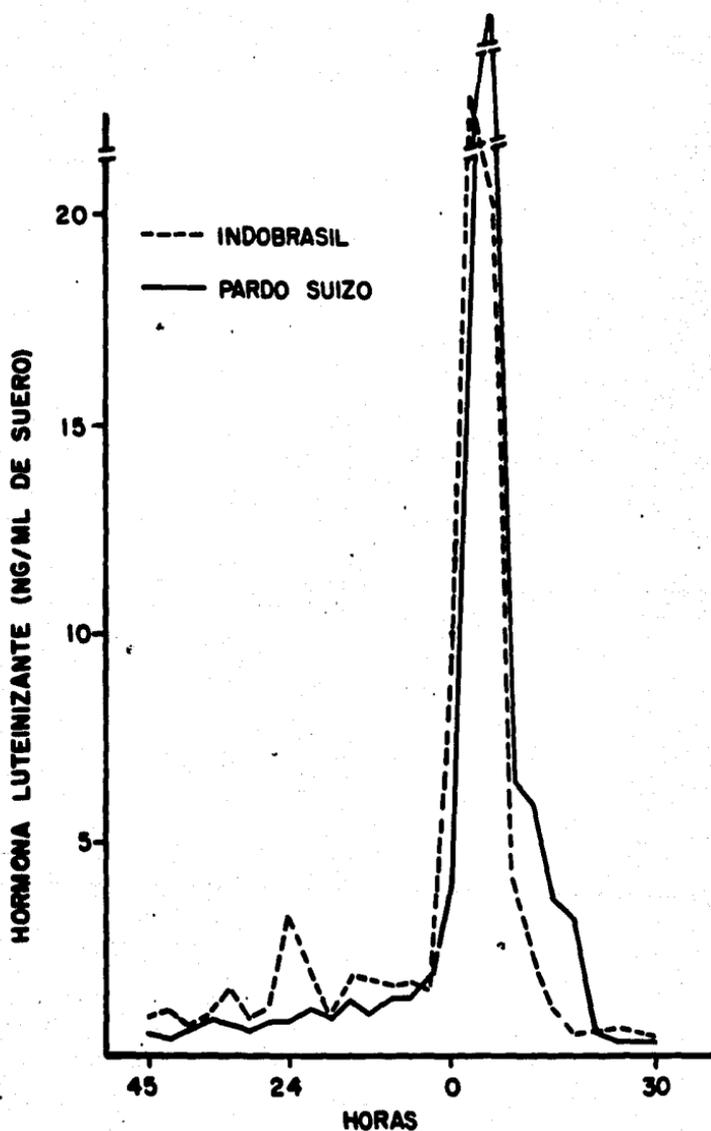


FIG. 12 CONCENTRACION DE LA HORMONA LUTEINIZANTE DURANTE EL PROESTRO Y ESTRO NATURAL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO EXPLOTADAS EN EL TROPICO (0= INICIO DEL ESTRO).

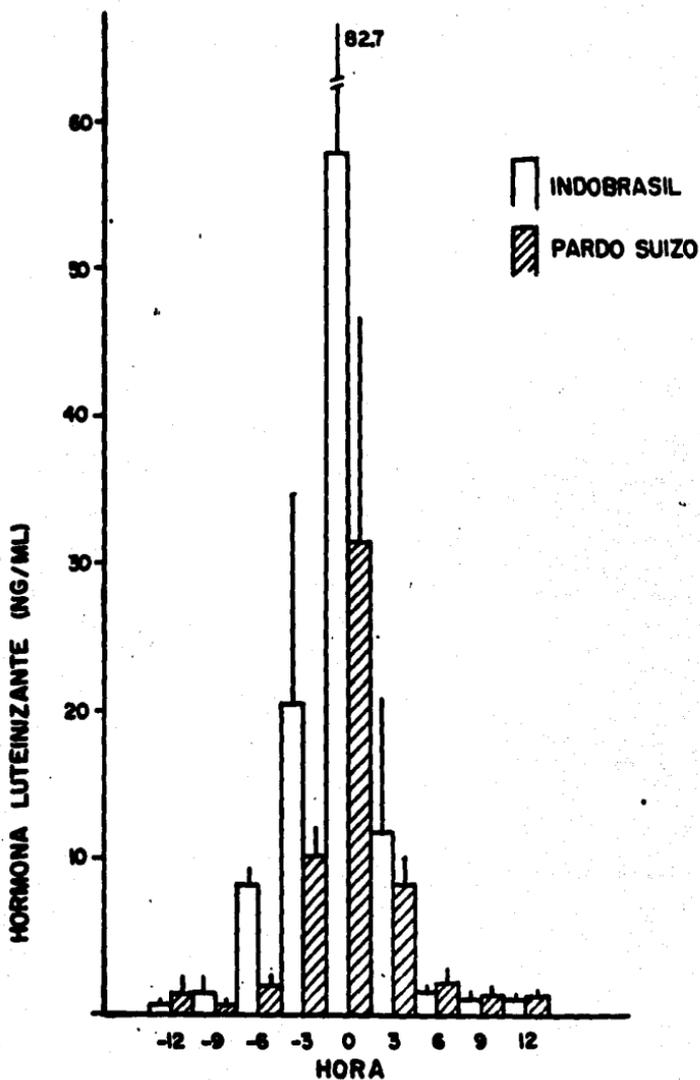


FIG. 13 CONCENTRACION DE LA HORMONA LUTEINIZANTE DURANTE EL ESTRO SINCRONIZADO EN VACAS INDOBASIL Y PARDO SUIZO.

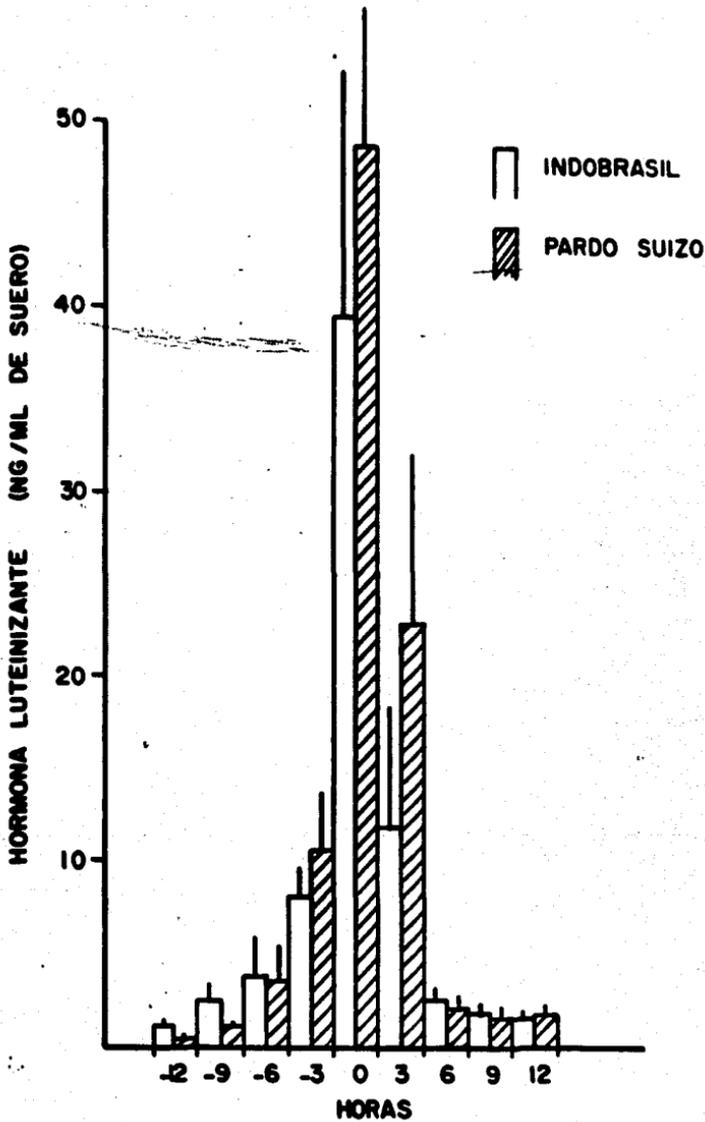


FIG. 14 CONCENTRACION DE LA HORMONA LUTEINIZANTE DURANTE EL ESTRO NATURAL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO.

CUADRO 5. NIVELES DE PROGESTERONA EN SIETE VACAS INDOBRASIL DURANTE EL CICLO ESTRAL.

DIA DEL CICLO *	n	CONCENTRACION DE PROGESTERONA NG/ML DE PLASMA						\bar{X}	S
0	4	0.13	0.15	0.08	0.18			0.14	0.04
1	2	0.18	0.28					0.23	0.06
2	6	0.15	0.78	0.15	0.18	0.15	0.15	0.26	0.25
3	2	0.22	0.08					0.15	0.09
4	6	0.55	2.34	0.24	0.64	0.34	0.42	0.75	0.79
5	2	1.02	1.30					1.16	0.19
6	6	0.73	2.31	0.32	0.80	0.37	0.45	0.83	0.75
7	2	2.50	1.30					1.90	0.85
8	6	2.22	1.58	0.80	1.92	1.92	1.65	1.68	0.48
9	4	1.84	2.09	1.38	1.23			1.64	0.39
10	4	1.84	0.63	1.09	1.87			1.36	0.60
11	3	2.16	1.70	1.87				1.91	0.23
12	4	2.75	0.48	3.47	1.72			2.11	1.30
13	3	2.02	1.62	2.93				2.19	0.67
14	4	2.19	1.46	2.21	2.72			2.14	0.51
15	2	1.08	3.23					2.15	1.52
16	4	3.01	1.23	0.82	2.63			1.92	1.05
17	2	0.65	0.19					0.42	0.32
18	3	3.18	0.11	0.28				1.19	1.72
19	2	0.06	0.26					0.16	0.14
20	3	0.89	0.39	0.08				0.46	0.40

n = Número de observaciones

* Día 0 = Día del estro

\bar{X} = Promedio

S = Desviación estandar

CUADRO 6. NIVELES DE PROGESTERONA EN SEIS VACAS PARDO SUIZO DURANTE EL CICLO ESTRAL.

DIA DEL CICLO	n	CONCENTRACION DE PROGESTERONA NG/ML DE PLASMA.					\bar{X}	S
0	5	0.17	0.10	0.13	0.13	0.15	0.14	0.02
1	1	0.17					0.17	-
2	5	0.37	2.61	0.10	0.80	0.08	0.65	1.10
3	1	0.37					0.37	-
4	2	0.85	3.43				2.14	1.82
5	4	0.49	0.39	0.42	0.41		0.40	0.08
6	3	1.82	2.07	1.78			1.89	0.15
7	5	1.72	2.34	0.53	0.12	0.80	1.10	0.90
8	2	2.06	1.10				1.58	0.68
9	3	2.89	1.79	2.31			2.33	1.52
10	4	1.61	1.43	0.20	0.90		1.03	0.63
11	4	2.70	1.28	2.52	1.70		2.05	0.67
12	4	1.40	1.99	2.83	1.02		1.81	0.79
13	5	3.56	2.52	3.34	2.12	2.48	2.80	0.61
14	1	2.55					2.55	-
15	2	2.71	1.00				1.86	1.20
16	2	2.37	2.40				2.38	0.02
17	1	2.99					2.99	-
18	2	0.82	0.30				0.54	0.36
19	3	0.17	2.40	0.11			0.89	1.30
20	2	0.30	0.56				0.43	0.18

Día 0 = día del estro

n = número de observaciones

\bar{X} = promedio ng/ml

S = desviación estandar

CUADRO 7. ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE PROGESTERONA EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F_{2α}

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	18.191	18.191	39.904	P < 0.005
HORA* (H)	1	110.771	110.171	242.978	P < 0.005
R x H	1	4.852	4.852	10.642	P < 0.005
H ²	1	56.823	56.823	124.641	P < 0.005
R x H ²	1	2.143	2.143	4.701	P < 0.05
H ³	1	36.241	36.241	79.494	P < 0.005
R x H ³	1	1.276	1.276	2.798	(NS)
VACA	7	20.816	2.972	6.523	P < 0.025
ERROR	428	195.123	0.456		
TOTAL	438	700.823	1.600		

* Hora en que se inició el muestreo después de la administración de PGF_{2α}.

g.l. = grados de libertad

NS = no significativo

CUADRO 8. ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE PROGESTERONA EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE LA REGRESION NATURAL DEL CUERPO LUTEO Y DESPUES DE LA SINCRONIZACION CON PROSTAGLANDINA F_{2α}.

82

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	0.033	0.033	0.061	N.S.
TRATAMIENTO(T)	1	1.103	1.103	2.046	N.S.
HORA* (H)	1	0.279	0.279	0.518	N.S.
TxH	1	9.703	9.703	17.996	P < 0.005
RxH	1	7.626	7.626	14.143	P < 0.005
H ²	1	2.319	2.319	4.302	P < 0.05
TxH ²	1	1.977	1.977	3.066	N.S.
RxH ²	1	2.531	2.531	4.694	P < 0.05
H ³	1	5.899	5.899	10.942	P < 0.005
TxH ³	1	12.675	12.675	22.396	P < 0.005
RxH ³	1	2.264	2.264	4.199	P < 0.05
VACA	12	54.617	4.551	8.441	P < 0.005
ERROR	724	406.548	0.530		
TOTAL	747	1008.278			

*Hora en que dió principio la manifestación del estro

g.l. = grados de libertad

N.S. = no significativo

CUADRO 9. ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE 17- β ESTRADIOL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F_{2 α}

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	3.048	3.048	0.122	N.S.
HORA* (H)	1	71.558	71.558	2.864	N.S.
RxH	1	23.361	23.361	0.935	N.S.
H ²	1	60.689	60.689	2.429	N.S.
RxH ²	1	23.361	23.361	0.935	N.S.
H ³	1	40.551	40.551	1.623	N.S.
RxH ³	1	14.566	14.566	0.583	N.S.
VACA	7	750.498	107.985	4.291	P < 0.05
ERROR	87	2173.728	24.985		
TOTAL	101	3189.200			

* /Hora en que se inició el muestreo después de la administración de PGF_{2 α}

g.l. = grados de libertad

N.S. = no significativo

CUADRO 10. ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE 17- β ESTRADIOL EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE EL ESTRO NATURAL Y DESPUES DE LA SINCRONIZACION PGF_{2 α}

FUENTE DE VARIACION	g ¹	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO(T)	1	21.633	21.633	0.709	
RAZA (R)	1	48.879	48.879	1.602	
HORA* (H)	1	4.729	4.729	0.155	
TxH	1	8.604	8.604	0.282	
RxH	1	27.430	27.430	0.899	
H ²	1	89.429	89.429	2.931	
TxH ²	1	278.328	278.328	9.122	P < 0.005
RxH ²	1	1.586	1.586	0.052	
H ³	1	7.536	7.536	0.247	
TxH ³	1	44.334	44.334	1.953	
RxH ³	1	3.753	3.753	0.123	
VACA	12	788.636	65.720	2.154	
ERROR	160	3965.337	30.512		
TOTAL	183	5583.649			

* Hora en que dió principio la manifestación del estro.

g.l. = grados de libertad.

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONCENTRACION DE LA HORMONA LUTEINIZANTE EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DESPUES DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F_{2α}

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	8.389	8.389	0.168	
HORA* (H)	32	6703.735	209.492	1.887	P < 0.01
HxR	32	1790.831	55.964	0.504	
YACA	10	500.501	50.050	0.451	
ERROR	329	36536.625	111.054		
TOTAL	403	48547.024			

* Hora en que se inició el muestreo después de la administración de PGF_{2α}

g.l. = grados de libertad

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONCENTRACION DE LH EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE EL ESTRO NATURAL Y EL SINCRONIZADO CON PGF_{2α} EN RELACION AL INICIO DEL ESTRO.

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	3.419	3.419	0.025	
TRATAMIENTO (T)	1	54.925	54.925	0.319	
RxT	1	72.351	72.351	0.656	
HORA* (H)	25	2236.581	89.479	0.811	
HxR	25	4203.581	168.143	1.524	P < 0.05
HxT	25	4305.974	172.220	1.561	P < 0.05
VACA 1	10	1365.974	136.598	1.239	
ERROR	613	67608.766	110.291		
TOTAL	701	85621.785			

* Hora en que dió principio la manifestación del estro.
g.l. = grados de libertad

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONCENTRACION DE LH EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE EL ESTRO NATURAL Y SINCRONIZADO CON PGF_{2α} EN RELACION A LA MAXIMA CONCENTRACION.

FUENTE DE VARIACION	gl	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA (R)	1	0.002	0.002	2.223	
TRATAMIENTO (T)	1	0.00007	0.00007	0.081	
RxT	1	0.0000008	0.0000008	0.001	
HORA* (H)	27	0.104	0.004	4.364	P < 0.001
HxR	27	0.018	0.0007	0.750	
HxT	27	0.013	0.0005	0.534	
VACA	10	0.102	0.010	11.580	P < 0.001
ERROR	412	0.361	0.00088		
TOTAL	506	0.885			

*Hora en que se observó el pico de LH.

g.l. = grados de libertad.

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL AREA BAJO LA CURVA DE LH ENTRE LAS RAZAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO Y ENTRE ESTRO NATURAL Y SINCRONIZADO

FUENTE DE VARIACION	g.l.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
RAZA	1	476.29	476.28	2.47	N.S.
ESTRO	1	426.15	426.15	2.21	N.S.
RAZA X ESTRO	1	1155.05	1155.05	5.99	P < 0.05
ERROR	17	3278.17	192.83		
TOTAL	20	4517.84	225.89		

g.l. = grados de libertad

N.S. = no significativo

CUADRO 15. INTERVALO ENTRE EL INICIO DEL ESTRO Y EL PICO DE LH EN VACAS INDOBRASIL Y PARDO SUIZO DURANTE EL ESTRO NATURAL Y SINCRONIZADO CON PROSTAGLANDINA F_{2α}

INTERVALO EN HORAS DEL ESTRO AL PICO DE LH ($\bar{X} \pm$ E.E.)			
<u>R A Z A</u>	<u>ESTRO NATURAL</u>	<u>ESTRO SINCRONIZADO</u>	<u>T O T A L</u>
INDOBRASIL	2.2 \pm 1.2 (4) ^a	9.0 \pm 5.3 (4)	5.6 \pm 2.9 (8)
PARDO SUIZO	7.5 \pm 2.2 (4)	5.6 \pm 1.8 (8)	6.3 \pm 1.4 (12)
TOTAL	4.9 \pm 1.6 (8)	6.8 \pm 2.2 (12)	6.0 \pm 1.5 (20)

^a) Entre el paréntesis está número de observaciones.

5.

DISCUSION

Las concentraciones de progesterona encontradas durante el ciclo estral fueron menores a las que otros autores han encontrado en ganado europeo. Dichos autores han encontrado concentraciones de 7.0 ng/ml durante el diestro en condiciones de clima templado (66, 134, 140). En estudios realizados en el trópico, la concentración es similar a la encontrada en este experimento (3.9 ng/ml) (42). En nuestro estudio se observaron concentraciones bajas de P. tanto en el ganado cebú como en el europeo puesto que el promedio de progesterona no fue mayor a 3.0 ng/ml en ninguna de las dos razas. Sin embargo, existió una concentración ligeramente mayor en las vacas Pardo Suizo que en las Indobrasil durante la fase de diestro (3.0 vs 2.2 ng/ml). Estos resultados concuerdan con la información de Adeyemo y Heat (2), quienes observaron una mayor concentración de progesterona plasmática en las vacas Pardo Suizo que en las cebú y con los resultados de Irvin et al. (69) y de Randel (115), en cuyos estudios encontraron un contenido de progesterona mayor en los CL de vacas Bos taurus que en los de Bos indicus. También se ha observado que el peso del cuerpo lúteo de vacas cebuinas es menor que el del CL de Bos taurus durante el diestro (6, 69, 115) y que ésta diferencia puede influir en el nivel de progesterona en plasma periférico.

Los resultados que se obtuvieron en este experimento son similares a los encontrados por Yaca et al. (155), en ganado Indobrasil y en el cual la concentración fue de 3.1 ng/ml a la mitad del diestro.

En general, el patrón de producción de progesterona es similar a lo informado con anterioridad, puesto que el aumento en la liberación de esta hormona se observa hacia el día cinco del ciclo estral, con una tendencia a aumentar más temprano en las vacas Pardo Suizo (66). Las máximas concentraciones de progesterona se alcanzaron en los días 13 y 14 del ciclo en las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente. La regresión del cuerpo lúteo se inicia a partir del día 18 del ciclo estral en ambas razas, influido por la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en estos días (81).

Existen varios estudios que indican variaciones estacionales en los niveles de progesterona al comparar aquellos encontrados en el verano con los de invierno (59). La mayor concentración, que durante el presente trabajo se encontró durante los meses de mayo a julio en ambas razas, se puede deber a un efecto de la estación del año, ya que a partir de mayo se inicia la época de lluvias en esta zona. Una posible explicación del aumento de la concentración de progesterona es el efecto que tiene la precipitación al disminuir la temperatura corporal, tal como fue demostrado por Gauthier (42) al bañar a las vacas por períodos regulares, logrando un aumento en los niveles circulantes de progesterona, el cual no se presentó en los animales testigo.

El efecto de la temperatura y el fotoperíodo sobre los niveles periféricos de esteroides ha sido sugerido previamente. Se menciona que existe un efecto estacional positivo que ocurre en la transición de días cortos a largos (de enero a marzo) ya que se ejerce una mayor influencia en la ocurrencia de picos preovulatorios de LH y en la concentración de progesterona en estos meses (59, 151) y por el efecto que tiene la melatonina al inhibir la secreción de LH y FSH y la síntesis de progesterona y estrógenos por el tejido ovárico (21).

Los efectos del stress por calor sobre el estro son probablemente mediados por el sistema endócrino mediante un aumento en la secreción de adrenocorticotropina (150), la cual estimula el aumento en la secreción de progesterona por la glándula adrenal (1,150), sin embargo, Lee et al. (89), observaron que la corteza adrenal no es la responsable del aumento de progesterona en el ganado que ya está "aclimatado" a la tensión por calor.

Rubio (133), encontró concentraciones de 2.4 ng/ml en vacas Indobrasil durante los meses de invierno mientras que Moreno (103) encontró concentraciones de 5.3 ng/ml en la primavera en la misma raza y zona geográfica. Con referencia a esto, Rosemberg (131) menciona haber encontrado menor concentración de progesterona durante el verano (junio-octubre) que durante el invierno (noviembre-mayo).

Rhodes et al. (119) encontraron que el peso del CL tiende a ser mayor durante los meses de verano que en el invierno. Además, cuerpos lúteos disecados y cultivados in vitro y tratados con LH durante el invierno tuvieron una menor capacidad de liberar P_4 que los CL obtenidos durante el verano (115; 119) tanto en ganado Bos taurus como en Bos indicus. Esta puede ser la explicación al efecto que se observó en las vacas IB y PS después de la aplicación de la $PGF_{2\alpha}$ durante los meses más calurosos del año.

Los porcentajes de sincronización después del segundo tratamiento con $PGF_{2\alpha}$ en vacas PS concuerdan con los resultados encontrados por King y Robertson (82) y por Grunert y Gregory (51) en vacas Bos taurus, con porcentajes de sincronización de 83 y 78.9% respectivamente.

Asimismo, en ganado Bos indicus se mencionan porcen-

tajes de sincronización similares a los de este trabajo (Mies-Filho y Sá (99): 82%). Por otro lado, Simplicio *et al.* (139) y Barnabe *et al.* (12), encontraron tasas de sincronización de 44 y 58.3% respectivamente después del segundo tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ en vacas Nelore; siendo menores a los encontrados en este experimento, sin embargo, ellos utilizaron solo dos periodos de detección de calores, lo que puede explicar el reducido número de vacas en las que se observaron estros. Estos resultados corroboran que la detección de estros es importante para realizar un programa de IA, no solo en explotaciones lecheras sino también en ganaderías dedicadas a la producción de carne.

El intervalo promedio en horas del tratamiento al calor después de la segunda inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ fue similar al obtenido después de la primera aplicación y concuerdan con lo encontrado por Hafs y Manns (52), Cooper (19), Peters *et al.* (111) y Simplicio *et al.* (140) puesto que ellos encontraron que el calor se presentó entre 48 y 84 horas después de una primera inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$, y con los resultados encontrados por Cooper y Rowson (20) después de un segundo tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ (entre 48 y 72 horas postratamiento). Estos últimos autores indican que el intervalo tratamiento-calor se reduce en aproximadamente 12 horas con lo que se logra una mejor sincronización de estros después de un programa de doble aplicación de prostaglandinas. Por otro lado, Moore (102) observó que el inicio del estro en ganado Bos indicus no es tan preciso; esta variación se presentó en este experimento, indicado por la desviación estandar del promedio (± 12 hrs) en las vacas Indobrasil, además de que existió una tendencia a presentarse más tarde en las vacas cebuinas que en las Pardo Suizo.

La primera inyección intramuscular de 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ durante la fase lútea fue suficiente para producir la luteólisis

sis rápida en ambas razas, ya que 24 horas postratamiento, la concentración de progesterona fue menor a 1.0 ng/ml. Resultados similares se han obtenido después de tratamientos intrauterinos o intravaginales (109, 158) y después del tratamiento intramuscular con prostaglandinas (94) en las cuales los niveles basales (menores a 1.0 ng/ml) se determinaron a las 24 horas postratamiento.

Asimismo, niveles menores a 1.0 ng/ml se determinaron más pronto en las vacas Pardo Suizo que en las Indobrasil. Estos resultados sugieren que existe una mejor respuesta a la administración de prostaglandinas en las vacas Pardo Suizo que en las Indobrasil, aunque puede ser un reflejo de la menor concentración de progesterona que existía en el ganado europeo.

Durante la regresión natural del cuerpo lúteo, a partir del día 18 del ciclo estral, la disminución de los niveles circulantes de progesterona es similar a la encontrada después de la sincronización; es decir, se observó una caída más rápida en las vacas Pardo Suizo, en las que se encontraron niveles menores a 1.0 ng/ml 30 horas antes que en las Indobrasil. Esta reducción del ciclo se puede deber al efecto de la temperatura en el organismo, acortando la duración del ciclo estral (39). Aunque no se demostró una diferencia estadística en la duración del ciclo estral, se observó un efecto de la interacción raza con hora de muestreo así como de la interacción raza con tratamiento en los niveles de progesterona, las cuales indican en forma indirecta una menor duración del ciclo estral en las vacas Pardo Suizo que en las Indobrasil. Sin embargo, no existe evidencia de diferencias entre tratamientos, lo cual indica que la inyección de prostaglandinas no produce efectos inesperados en la regresión del cuerpo lúteo y en la presentación de la conducta sexual.

Los niveles hormonales encontrados después del segundo tratamiento indican diferencias a lo informado con anterioridad cuando comparan Bos taurus con Bos indicus (2, 69, 115). En este estudio, la concentración de progesterona fue más alta en las vacas cebú ($P < 0.05$) que en las Pardo Suizo después que se realizó el tratamiento con prostaglandinas. En contraste, otros autores han encontrado niveles de progesterona y del contenido del cuerpo lúteo mayores en el ganado europeo que en el cebú. Con base en los resultados obtenidos en este experimento se puede corroborar que el ganado cebú tiene una mejor adaptabilidad a las condiciones tropicales; lo que se ve respaldado por informes de que algunos parámetros reproductivos del ganado europeo explotado en condiciones tropicales tienden a aumentar, como el intervalo entre partos del ganado Charolais al compararlos con el encontrado en cebú (38). También otra de las causas de baja eficiencia reproductiva puede ser la alta temperatura que prevalece en la época seca del año, ya que una serie de estudios que revisan el efecto de la estación sobre la actividad reproductiva (1, 71, 131) y sobre los niveles plasmáticos de las hormonas (43, 115, 119) indican que los niveles hormonales fueron mayores durante los meses de verano que en los de invierno.

Asimismo, Jasper et al., (71) observaron que la estación también influye de manera significativa en la respuesta a las prostaglandinas y en la fertilidad después de la IA a tiempo predeterminado y que pueden alterar la conducta sexual y los porcentajes de concepción.

No se encontraron evidencias del aumento preovulatorio de progesterona que se presenta 16 horas antes del estro, como ha sido informado por Ayalon y Shemesh (9); puesto que la concentración de progesterona en sangre periférica fue menor a 1.0 ng/ml desde 30 y 66 horas antes del estro en las vacas Pardo Suizo e Indobrasil respectivamente. Los niveles

basales de progesterona se mantuvieron durante todo el estro y hasta el final del muestreo (96 horas postratamiento), como ha sido mencionado en otros trabajos (109, 110, 146); todo esto indica que 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ son suficientes para provocar la luteólisis, tanto en ganado Bos taurus como en Bos indicus.

Los niveles promedio de 17β -estradiol durante el estro natural no presentaron evidencias de un pico preovulatorio de estrógenos. Sin embargo, los promedios máximos (15 y 11 pg/ml en las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente) que se determinaron antes del estro pueden considerarse adecuados para la expresión de la conducta sexual y la liberación de LH (69), ya que el 61% de vacas presentaron la elevación de la gonadotropina después de iniciado el estro. Después de finalizado el estro también se observaron picos de estradiol, confirmando lo encontrado por Pelletier y Thimonier (110), los cuales podrían evidenciar crecimiento folicular después del estro, ya que la ovulación en la vaca se realiza entre 10 y 11 horas después de finalizado el estro (91).

La concentración promedio de estrógenos después del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ de las vacas Pardo Suizo sigue un patrón similar al que encontraron Oxender et al., (109) en ganado europeo después de la sincronización. En dicho estudio, los niveles de estradiol aumentan al doble a las 24 horas postratamiento y alcanzan una concentración máxima a las 72 horas; mientras que en el presente estudio la concentración se duplica a las 33 horas y a las 81 hrs se encontraron los niveles promedio máximos; lo que puede sugerir que existe un retraso en la secreción de estrógenos en el ganado europeo explotado en condiciones tropicales. Por otro lado, en las vacas Indobrasil se presentó un pico de 12.9 pg/ml a las 33 hrs después de la inyección, observándose un pico preovulatorio de 17β estradiol similar al que se presenta durante el estro natural en ganado europeo (136).

Al hacer las comparaciones entre tratamientos y entre razas, no se encontraron diferencias tal vez debido a que existe un rango muy amplio en las concentraciones de estradiol.

El intervalo promedio del tratamiento al pico de LH fue más amplio que los previamente encontrados después de tratamientos intramusculares (112, 158) e intrauterinos (94). Esos resultados pueden indicar una pobre respuesta en la liberación de LH en ganado Bos taurus y más aún en Bos indicus explotados en condiciones tropicales.

Debido al amplio rango que existe entre el tratamiento y el pico de LH no se encontraron diferencias entre razas; sin embargo, se observó que la aparición de la máxima concentración de LH en las vacas Indobrasil presentó un atraso, como se puede observar por la aparición de dos picos a diferentes intervalos del estro. Esta variabilidad en la aparición del pico de LH se puede deber al stress causado por el manejo.

Las concentraciones de LH posterior al tratamiento de $PGF_{2\alpha}$ y a partir del día 18 del ciclo estral fueron menores a 1.0 ng/ml en ambas razas, lo que indica la retroalimentación negativa que ejerce la progesterona a nivel hipotalámico (11, 78, 98, 138). Posteriormente, una vez que la concentración de progesterona fue menor a 1.0 ng/ml se presentó el aumento preovulatorio de LH.

La concentración de LH después del tratamiento con $PGF_{2\alpha}$ presenta un rango muy amplio (15.6 a 140.6 ng/ml en las vacas Indobrasil y 12.0 a 92.2 ng/ml en las Pardo Suizo), los cuales son más grandes que los encontrados por Furr et al. (36) y por Phillippo y Rowson (112), quienes mencionan un rango de 1.0 a 49.0 ng/ml.

El rango en la concentración de LH observado durante el estro natural fue de 10.7 a 80.0 ng/ml en las vacas Indobrasil y de 15.5 a 101.4 ng/ml en las Pardo Suizo. Las elevadas concentraciones de LH encontradas en este trabajo se pueden deber a que se midieron durante los meses de verano y al efecto de las lluvias (42).

La mayor concentración en el pico de LH en las vacas Indobrasil después de la sincronización puede tener una relación con el pico de 17- β estradiol (12.9 pg/ml) que se presentó en estas vacas (30, 79) y a que este aumento no fue tan evidente en las Pardo Suizo.

Al hacer las comparaciones del área bajo la curva de LH, esta parece más grande en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo durante el estro sincronizado (25.4 vs 9.2). Por otro lado, el área durante el estro natural aparenta ser mayor en las vacas Pardo Suizo; sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas. Es difícil explicar la significancia obtenida para el efecto de la interacción raza con tratamiento ($P < 0.05$) en los niveles de LH, pero indica que durante el estro sincronizado la liberación de LH es mayor en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo mientras que en el estro natural, es mayor en las vacas Pardo Suizo. Esto posiblemente se debe al efecto que puede tener la domesticación sobre los niveles endócrinos, ya que se ha determinado una disminución en la concentración de cortisol después de que los animales se han manejado con más frecuencia y, por otro lado, se observó un aumento en el número de pulsos de LH en periodos regulares de tiempo (63).

Los resultados indican que la causa en los problemas de fertilidad en vacas Indobrasil (Bos indicus) no se debe a una deficiencia en la liberación de LH, aunque probablemente exista un retraso en la ovulación después del tratamiento con

prostaglandinas debido a la demora que se observa en la liberación de la hormona luteinizante.

Durante el estro natural, los intervalos desde el inicio del estro al pico de LH fueron semejantes a los que menciona Randel (115) ya que el pico de LH ocurrió primero en las vacas Bos indicus, lo cual puede indicar que la inseminación artificial debiera realizarse más temprano en relación al inicio del estro en este tipo de ganado, aunque es necesario determinar el intervalo que existe entre el pico de LH y la ovulación.

VI

CONCLUSIONES

1. La concentración de progesterona durante el ciclo estral fue similar en las vacas Indobrasil (Bos indicus) y Pardo Suizo (Bos taurus).
2. Los niveles de progesterona en ambas razas fueron más elevadas en el ciclo posterior al tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ que en el ciclo anterior al tratamiento ($P < 0.001$).
3. El porcentaje de sincronización fue similar después de la segunda aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en vacas Indobrasil y Pardo Suizo.
4. El estro posterior al tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ se presentó más tardíamente en las vacas Indobrasil (75.0 ± 12.2 hrs) que en las Pardo Suizo (69.3 ± 10.6 hrs).
5. La concentración de progesterona fue mayor en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo al momento del tratamiento. La concentración fue mayor al momento del tratamiento que durante el ciclo estral (6.1 vs 2.2 y 5.3 vs 3.0 ng/ml respectivamente).
6. La regresión del cuerpo lúteo fue similar durante el estro natural y sincronizado.

7. La concentración de 17- β estradiol después del tratamiento con PGF₂ α no difiere de la obtenida durante la fase folicular natural en ambas razas.
8. El pico de LH se presentó a las 84 \pm 15.6 y 79.5 \pm 13.1 hrs después del tratamiento con PGF₂ α en las vacas Indobrasil y Pardo Suizo respectivamente.
9. En relación al inicio del estro, el pico de LH se presenta más temprano en las vacas Indobrasil que en las Pardo Suizo (5.6 vs 6.3 horas respectivamente).
10. El área bajo la curva de LH tiende a ser mayor en las vacas Indobrasil durante el estro sincronizado y mayor en las Pardo Suizo en el estro natural, existiendo un efecto de la interacción raza con tratamiento en los niveles de LH ($P < 0.05$).

LITERATURA CITADA

1. Abilay, T.H.; Johnson, H.D. and Madan, M: Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. J. Dairy Sci.: 58: 1836 (1975).
2. Adeyemo, O. and Heath, E.: Plasma progesterone concentration in Bos taurus and Bos indicus heifers. Theriogenology 14: 410 (1980).
3. Adeyemo, O.; Akpokodje, U.U. and Odili, P.I.: Control of estrus in Bos indicus and Bos taurus heifers with prostaglandin F₂ alpha. Theriogenology 12: 255 (1979).
4. Agarwal, S.P.; Agarwal, V.K. and Ahmad, A.: Studies on steroid hormones. 3. Serum progesterone concentration in zebu cows during pregnancy. Ind. J. Anim. Sci. 50: 706 (1980).
5. Agarwal, S.P.; Rahman, S.A.; Laumas, K.R.; Agarwal, V. K. and Ahmad.: Studies on steroid hormones: Progesterone concentration in the blood serum of zebu cows during estrous cycle. Ind. J. Anim. Sci. 47: 715 (1977).
6. Aguilar, J.A.: Estudio comparativo de los ovarios de la vaca cebú y la vaca Holstein. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1981).
7. Anderson, J.: The periodicity and duration of oestrus in zebu and grade cattle. J. Agric. Sci. Camb. 34: 56 (1944).
8. Ayala, F.J.: Sincronización del estro mediante la utilización de implantes del progestágeno SC 21009 en vaquillas productoras de carne. Tesis de Licenciatura Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1977).
9. Ayalon, N. and Shemesh, M.: Proestrous surge in plasma progesterone in the cow. J. Reprod. Fert. 36:239 (1974).
10. Badawy, A.M.; El-Basary, A.S. and El-Keraby, F.E.: Studies on the sexual behaviour of the female purebred Holstein-Friesian in Egypt. II. Estrous cycle length and duration of estrus. Alexandria J. Agr. Res. 21:179 (1973).

11. Baird, D.T.: Reproductive hormones. In: Reproduction in mammals Book 3. Hormones in reproduction, Austin, C.R. and Short, R.V. (eds.). Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1972).
12. Barnabe, R.C.; Feo, J.C.S.A.; Mucciolo, R.G. e Barnabe, Y.W. Utilizacao da prostaglandina F_{2α} na sincronizacao do ciclo estrol em bovinos. Aplicacao por via intramuscular. Rev. Bras. Reprod. Anim. 2:27(1978).
13. Beal, W.E., Milvae, R.A. and Hansel, W.: Oestrous cycle length and plasma progesterone concentration following administration of prostaglandin F_{2α} early in the bovine oestrous cycle. J. Reprod. Fert. 59:393 (1980).
14. Betteridge, K.J.; Sugden, E.A. and Eaglesome, M.D.: Synchronization of estrus and ovulation in cattle with the prostaglandin analogue AY 24655. Can. J. Anim. Sci. 57: 23 (1977).
15. Boletín Informativo del Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1980).
16. Boyd, L.J. and Tasker, J.B.: Fertility of oestrus synchronized dairy cattle treated with gonadotropins and inseminated at a predetermined time. Vet. Rec. 89: 632 (1975).
17. Brown, J.E.; Brown, C.J. and Butts, W.T.: Relationships among weights, gains and earliness of maturing in Hereford and Angus females. J. Anim. Sci. 35: 507 (1972).
18. Clark, J.H.; Peck, E.J. and Glasser, S.R.: Mechanism of action of sex steroid hormones in the female. In: Reproduction in domestic animals, Cole, H.H. and Cupps, P. T. (eds). 3a. ed. Academic Press. New York (1977).
19. Cooper, M.J.: Control of oestrous cycles of heifers with a synthetic prostaglandin analogue. Vet. Rec. 95: 200 (1974).
20. Cooper, M.J. and Rowson, L.E.A.: Control of the oestrous cycle in Friesian heifers with ICI 80996. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 15: 427 (1975).
21. Cohen, M.; Roselle, D. and Chabner, B.: Evidence for a cytoplasmatic melatonin receptor. Nature 274: 894 (1978).

22. Challis, J.R.G.: Prostaglandins. In: Reproduction in mammals. Book 7. Mechanisms of hormone action. Austin, C.R. and Short, R.V. (eds.) Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1979).
23. Chatfield, Ch. and Collins, A.J.: Introduction to multivariate analysis. Chapman and Hall. London (1980).
24. Chenoweth, P.J.; Spitzer, J.C. and Range, J.C.: Beef cattle breeding programs employing synchronization of oestrus and artificial insemination. Southwestern Vet. 33: 31 (1980).
25. Deletang, F.; Synchronization of oestrus in cattle using progestagen (SC 21009) and a synthetic analogue of prostaglandin F_{2α} (cloprostenol). Vet. Rec. 97: 453 (1975).
26. De Los Santos, S.G.; Taboada, J.J.; Montaña, M.; González-Padilla, E. y Ruiz, R.; Efecto de la lactación controlada y de tratamientos con hormonas esteroides en la inducción y sincronización del estro en vacas encastadas de cebú. Téc. Pec. México. 36:9 (1979).
27. Donaldson, L.E.; Little, D.A. and Hansel, W.: The duration of oestrus and the time of ovulation in cattle of three breed types with and without synchronization of oestrus with a progestagen. Aust. Vet. J. 44: 364 (1968).
28. Dorrington, J.H.: Pituitary and placental hormone. In: Reproduction in mammals. Book 7. Mechanisms of hormone action. Austin, C.R. and Short, R.V. (eds.) Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1979).
29. Downey, B.R.: Regulation of the estrous cycle in domestic animals. A review. Can. Vet. J. 21: 301 (1980).
30. Echternkamp, S.E. and Hansel, W.: Concurrent changes in bovine plasma hormone levels prior to and during the first postpartum estrous cycle. J. Anim. Sci. 37: 1362 (1973).
31. England, B.G.; Niswender, G.D. and Midgley, A.R.: Radioimmunoassay of estradiol-17β without chromatography. J. Clin. Endocrinol. Metab. 38: 42 (1974).
32. Esslemont, R.J. and Bryant, M.J.: Economic and husbandry aspects of the manifestation and detection of oestrus in cows. Part II. The manifestation of oestrus in cattle. ADAS Q. Rev. 13: 19 (1974).

33. Esslemont, R.J. and Bryant, M.J.: Oestrus behaviour in a herd of dairy cows. Vet. Rec. 99: 472 (1976).
34. Esslemont, B.R. and Eddy, P.: The control of cattle fertility: The use of computerized records. Br. Vet. J. 133: 346 (1977).
35. Fernández-Limia, O. and Murphey, B.D.: LH release during the estrous cycle in Holstein, Zebu and cross breed cows. In: Proc. 8th. Inter. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. Vol. I. Comm abs.
36. Foulkes, J.A. and Steward, D.L.: Fertility of dairy cattle after artificial insemination with frozen in a lipoprotein diluent. J. Reprod. Fert. 51: 175 (1977).
37. Furr, B.J.A.; Cooper, M.J.; Jackson, P.S.; Hart, I.C. and Pope, G.S.: Effects of cloprostenol and prostaglandin F_{2α} on secretion of follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, prolactin, growth hormone, thyroxine and cortisol in heifers. Acta Vet. Scand. Suppl. 77: 55 (1981).
38. Galina, C.S., Calderón, A. and McCloskey, M.: Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. Theriogenology 17: 485 (1982).
39. Gangwar, P.C.; Branton, C. and Evans, D.L.: Reproduction and physiological response of Holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. J. Dairy Sci. 48: 222 (1965).
40. Ganong, W.F.: Role of the nervous system in reproductive processes. In: Reproduction in domestic animals. Cole, H.H. and Cupps, P.T. (eds); 3a. ed. Academic Press. New York. (1977).
41. García, E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. (1973).
42. Gauthier, D.: Technique permettant d'améliorer la fertilité des femelles françaises frisonnes pie noire (FFPN) in climat tropical. Influence sur l'évolution de la progestérone plasmatique. Reprod. Natr. Dévelop. 23: 129 (1983).

43. Gill, J.L.: Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences. The Iowa State Univ. Press. Iowa. (1978).
44. Ginther, O.J.: Aspectos veterinarios del rol del útero y prostaglandinas en la regresión del cuerpo lúteo. Arch. Med. Vet. 5: 1 (1973).
45. Gomes, W.R.: Artificial insemination. In: Reproduction in domestic animals. Cole, H.H. and Cupps, P.T. (eds). 3a. ed. Academic. Press. New York (1977).
46. González, J.P.S.: Observacoes sobre a duracao de estro e momento de ovulacao no gado zebu. Arg. Esc. Vet. Univ. Fed. Minas Gerais 24: 294 (1972).
47. González-Padilla, E. Wiltbank, J.N. and Niswender, G. D.: Puberty in beef heifers. I. The interrelationships between pituitary hypothalamic and ovarian hormones. J. Anim. Sci. 40: 1091 (1975).
48. Gordon, I.: Controlled breeding in cattle. Part 1. Hormones in the regulation of reproduction, oestrus control, and set-time artificial insemination. Anim. Bred. Abs. 44: 265 (1976).
49. Graybill, F.A.: Theory and application of the linear model. Ed. North Scituate. Mass. Duxbury. (1976)
50. Grunert, E.: Fertility of estrus synchronized dairy heifers treated with CAP alone or in combination with estradiol- benzoate, HCG or GnRH. Ann. Biol. Anim. Bich. Biophys. 15: 273 (1975).
51. Grunert, E. and Gregory, R.M.: Experience in oestrus synchronization in cattle with a prostaglandin-analogue. Rev. Bras. Reprod. Anim. 2: 17 (1978).
52. Hafs, H.D. and Manns, J.G.: On set of oestrus after prostaglandin F₂α in cattle. Vet. Rec. 96: 134 (1975).
53. Hansel, W.: Control of the ovarian cycle in cattle. A review. Aust. Vet. J. 43: 441 (1967).
54. Hansel, W.: Luteal regresion in domestic animals. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 15: 147 (1975).
55. Hansel, W. and Convey, E.M.: Physiology of the estrous cycle. J. Anim. Sci. 57 (suppl. 2): 404 (1983).

56. Hansel, T.R.; Randel, R.D.; Libby, B.W.; Segerson, E. C. and Getz, W.R.: A comparison of serum estradiol-17 β and progesterone and ovarian characteristics of Angus and Brahman cows. Am. Soc. Anim. Sci. Annual Meeting. August 8-11. Guelph, Ontario. 356 (1982).
57. Hansel, W.; Shemesh, M.; Hixon J. and Lukaszenska, J. Extraction, isolation and identification of a luteolytic substance from bovine endometrium. Biol. Reprod. 13: 30 (1975).
58. Hardin, D.R.; Warnick, A.C.; Wise, T.H.; Schultz, R.H. and Fields, M.J.: Artificial Insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol (ICI-80996). I. Fertility. Theriogenology 14: 249 (1980).
59. Harrison, L.M.; Hansen, T.R. and Randel, R.D.: Evidence for seasonal and nutritional modification of ovarian and pituitary function in crossbred heifers and Brahman cows. J. Anim. Sci.: 55:649 (1982).
60. Heap, R.B. and Flint, A.P.F.: Progesterone. In: Reproduction in mammals. Book 7. Mechanisms of hormone action. Austin, C.R. and Short, R.V.(eds.) Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1979).
61. Henricks, D.M.; Long, J.T.; Hill, J.R. and Dickey, J. F.: The effect of prostaglandin F $_{2\alpha}$ during various stages of the oestrous cycle of beef heifers. J. Reprod. Fert. 41: 113 (1974).
62. Henricks, D.M. and Mayer, D.T.: Gonadal hormones and uterine factors. In: Reproduction in domestic animals. Cole, H.H. and Cupps, P.T. (eds). 3a ed. Academic Press. New York. (1977).
63. Hendricks, R.H.; Wiltbank, J.N.; Amoss, Jr., M.S. and Harms, P.G.: Influence of taming on the episodic pattern of LH in peripheral plasma of percentage Brahman heifers. Ann. Met. Amer. and Can. Soc. Anim. Sci.: Univ. Guelph. Ont. 359 (1982). (Abs.).
64. Hignett, P.G.; Boyd, H. and Wishart, D.F.: Synchronization of oestrus in Ayrshire heifers by the use progesterone intra-vaginal pessaries. Vet. Rec. 86: 528 (1970).
65. Hunter, R.H.F.: Reproductive physiology in the bovine female: A review. In: Beef cattle Prod. in Developing countries. Proc. Edin. Conf. Smith, A.J. (ed). Univ. Edin. 79-104 (1976).

66. Hunter, R.H.F.: Physiology and technology of reproduction in female domestic animals. Academic Press. London (1980).
67. Hurnik, J.F.; King, G.J. and Robertson, H.A.: Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. Appl. Anim. Ethol. 2. 55 (1975).
68. Inskeep, E.K.: Potential uses of prostaglandins in control of reproductive cycles of domestic animals. J. Reprod. Sci. 36: 1149 (1973).
69. Irvin, H.J.; Randel, R.D.; Haensly, W.E. and Sorensen Jr. A.M.; Reproductive studies in Brahman cattle. III. Comparison of weight, progesterone content, histological characteristics, and 3 α -hydroxy-steroid-dehydrogenase activity in corpora lutea of Brahman, Hereford, and Brahman X Hereford heifers. Theriogenology 10: 417 (1978).
70. Islas, J.R.: Duración y signos de estro en observación diurna. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1978).
71. Jaster, E.H.; Brodie, B.O. and Longe, J.R.: Influence of season on timed inseminations of dairy heifers synchronized by prostaglandin F₂ α . J. Dairy Sci. 65: 1776 (1982).
72. Jaume, C.M.; Leal, J.A.; Bruschi, J.H.; Carvalho, M.R.; de Villas Hovas, J.C. and Megale, F.: Duration of oestrus and time of ovulation in crossbred Friesian X Zebu heifers with or without synchronized of oestrus. 9th. Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. Madrid. (1980).
73. Jensen, E.U.: The oestrogens. In: Reproduction in mammals. Book 7. Mechanisms of hormone action. Austin, C.R. and Short, R.V. (eds.) Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1979).
74. Jiménez, F.; Galina, C.S.; Ramírez, B. and Navarro Fierro, R.: Comparative study of the concentrations of peripheral progesterone before and after PGF₂ α injection between Bos taurus (Brown Swiss) and Bos indicus (Indo-brasil) in the tropics. Anim. Reprod. Sci. Accepted. (1985).
75. Jochle, W.: The use of prostagens in cattle under tropical or subtropical conditions. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 15: 281 (1975).

76. Jochle, W.; Hidalgo, M.A.; Giménez, T. and García, R.: Oestrous cycle synchronization in Zebu cattle and its use in cattle production and management in the tropics. J. Agric. Sci. Camb. 80: 329 (1973).
77. Johnson, A.D. and Ulberg, L.C.: Some physiological manifestation in the bovine oestrous cycle during control with exogenous hormones. J. Anim. Sci. 24: 403 (1965).
78. Kaltenbach, C.C. and Dunn, T.G.: Endocrinology of reproduction. In: Reproduction in farm animals. 4th, ed. Hafez, E.S.E. (ed) Lea and Febiger, Philadelphia. (1980).
79. Kesner, J.S.; Padmanabhan, V. and Convey, E.M.: Estradiol induces and progesterone inhibits the preovulatory surges of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in heifers. Biol. Reprod. 26: 571 (1982).
80. Kiddy, C.A.: Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. J. Dairy Sci. 60: 235 (1977).
81. Kindahl, H., Lindell, J.-O. and Edvist, L.-E.: Release of prostaglandin $F_{2\alpha}$ during the oestrous cycle. Acta Vet. Scand. Suppl. 77:143 (1981).
82. King, G.J. and Robertson, H.A.: A two injection schedule with prostaglandin $F_{2\alpha}$ for the regulation of the ovulatory cycle of cattle. Theriogenology 1: 123 (1974).
83. Lamond, D.R.: Sources of variation in reproductive performance in selected herds of beef cattle in North Eastern Australia. Aust. Vet. J. 48: 50 (1969).
84. Langley, O.H.: Hormonal control of the bovine oestrous cycle. Irish, Vet. J. 31: 8 (1977).
85. Lauderdale, J.W.: Estrus detection and synchronization of dairy cattle in large herds. J. Dairy Sci. 57: 348 (1973).
86. Lauderdale, J.W.: The use of prostaglandin in cattle. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 15: 419 (1975).
87. Lauderdale, J.W.; Seguin, B.E.; Stellflug, J.N.; Chénault, J.R. Thatcher, W.W.; Vincent, C.K. and Layancano, A.F.: Fertility of cattle following $PGF_{2\alpha}$ injection. J. Anim. Sci. 38: 964 (1974).
88. La Voie, V.A.; Poncelet, G.R.; Han, D.K.; Soliday, C. L.; Lambert, P.W. and Moody, E.L.: Effect of prostaglan-

- din $F_{2\alpha}$ on the estrous cycle, corpora lutea and progesterone levels of hysterectomized cows. J. Anim. Sci. **41**: 166 (1975).
89. Lee, J.A.; Roussel, J.D. and Beatty, J.F.: Effect of temperature season on bovine adrenal cortisol function, bloodcells profile and milk production. J. Dairy Sci. **59**: 104 (1976).
 90. Lemon, M.: The effect of oestrogens alone or in association with progestagens on the formation and regression of the corpus luteum on the cyclic cow. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **15**: 243 (1975).
 91. Leveseur, M.-C. and Thibault, C.: Reproductive life cycles. In: Reproduction in farm animals. Hafez, E.S.E. (ed.) 4th ed. Lea and Febiger. Philadelphia. p 130-149 (1980).
 92. Linares, T.; Plasse, D.; Burguera, M.; Ordoñez, J.; Rios, J.; Verde, O. y González, M.: Comportamiento productivo de Bos taurus y Bos indicus y sus cruces en el llano venezolano. Aso. Latinoam. Prod. Anim. **9**: 289 (1974).
 93. Lira, O.P.: Comportamiento sexual del ganado cebú después de la aplicación de PGF_2 alfa. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1981).
 94. Louis, T.M.; Hafs, H.D. and Morrow, D.A.: Intrauterine administration of prostaglandin $F_{2\alpha}$ in cows: progesterone, estrogen, LH, estrus and ovulation. J. Anim. Sci. **38**: 347 (1974).
 95. Louis, T.M.; Hafs, H.D. and Stellflug, J.N.: Control of ovulation, fertility and endocrine response after prostaglandin $F_{2\alpha}$ in cattle. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **15**: 407 (1975).
 96. Madalena, F.E. and Hinojosa, A.: Reproductive performance of zebu compared with Charolais X Zebu females in a humid tropical environment. Anim. Prod. **23**: 55 (1976).
 97. Mainwaring, W.P. The androgens. In: Reproduction in mammals. Book 7. Mechanisms of hormone action. Austin, C.R. and Short, R.V. (eds.). Cambridge Univ. Press. Cambridge. (1979).
 98. McDonald, L.E.: Veterinary endocrinology and reproduction 2a. ed. Ed. Interamericana. México, D.F. (1978).
 99. Mies Filho, A. e Sá, N.F.: Synchronization of estrus in beef cattle with an analogue of $PGF_{2\alpha}$ by intramuscular

- injection Rev. Bras. Reprod. Anim. 1: 27 (1977).
100. Mies Filho, A. e Sá, N.F.: Sincronização do ciclo estral em vacas de corte em lactação. Rev. Bras. Reprod. Anim. 2:21 (1978).
 101. Miksch, E.D.; LeFever, D.G.; Mukembo, G.; Spitzer, J.C. and Wiltbank, J.N.: Synchronization of estrus in beef cattle. II.- Effect of an injection of norgestomet and an estrogen in conjunction with a norgestomet implant in heifers and cows. Theriogenology 10: 201 (1978).
 102. Moore, M.W.: The use of prostaglandin $F_{2\alpha}$ given by either intrauterine infusion or by intramuscular injection for the control of oestrus and ovulation in cattle. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 15: 451 (1975).
 103. Moreno, I.Y.D.: Evaluación de la respuesta a la aplicación de $PGF_{2\alpha}$ basada en niveles séricos de progesterona en vacas cebú. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. 1984.
 104. Mucciolo, E.G.; Barnabe, C. e Barnabe, V.H.; Utilização prostaglandin $F_{2\alpha}$: I. Inseminações artificiais praticadas em horários pré-determinados, sem observação de sintomas de cio. Rev. Fac. Med. Vet. Zoot. Univ. S. Paulo. 14: 45 (1977).
 105. Niswender, G.D.; Reichert Jr, L.E.; Midgley, Jr, A.R. and Nalbandov, A.V.: Radioimmunoassay for bovine and ovine luteinizing hormone. Endocr. 84: 1166 (1969).
 106. O'Farrel, K.J.: Fertility management in the dairy herd. Irish. Vet. J. --: 160 (1980).
 107. Orihuela, J.A.: Conducta estral del ganado cebú. Tesis de Maestría. Fac. Med. Vet. Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. (1982).
 108. Orihuela, A.; Galina, C.S.; Escobar, J. and Riquelme, E.: Estrous behaviour following $PGF_{2\alpha}$ injection in Zebu cattle under continuous observation. Theriogenology 19: 795 (1983).
 109. Oxender, W.D.; Noden, D.A.; Louis, T.M. and Hafs, H.D.: A review of prostaglandin $F_{2\alpha}$ for ovulation control in cows and mares. Am. J. Vet. Res. 35: 997 (1974).
 110. Pelletier, J. and Thimonier, J.: Interactions between ovarian steroids or progestagens and LH release. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 15: 131 (1975).

111. Peters, J.B.; Welch, J.A.; Lauderdale, J.W. and Inskeep, E.K.: Synchronization of estrus in beef cattle with PGF_{2α} and estradiol benzoate. J. Anim. Sci. **45**: 230 (1977).
112. Phillippo, M. and Rowson, L.E.A.: Prostaglandins and ovulation in the bovine. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **15**: 233 (1975).
113. Plasse, D.; Warnik, A.C. and Keger, M.: Reproductive behaviour for *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrous, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. J. Anim. Sci. **30**: 63(1970).
114. Randel, R.D.: LH and ovulation in Brahman, Brahman X Hereford and Hereford heifers. J. Anim. Sci. **43**: 300 (1976).
115. Randel, R.D.: Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (indian breeds). Theriogenology **21**: 170 (1984).
116. Randel, R.D. and Moseley, W.N.: Serum luteinizing hormone surge and progesterone near estrus in Brahman compared to Brahman X Hereford and Hereford heifers. J. Anim. Sci. **45** (Suppl 1): 109 (1977).
117. Relambofiringa, A.: Notes on the estrous cycle and reproduction in N'Dama females. Rev. d'Elevage et Med. Vet. Pays Tropicaux **31**: 91 (1978).
118. Rey, J.: Normal fertility induced in cow by double short treatment with chlormadinone acetate (CAP). Ann Biol. anim. Bioch. Biophys. **15**: 297 (1975).
119. Rhodes, R.C.; Randel, R.D. and Harms, P.G.: Reproductive studies in Brahman cattle. IV. Luteinizing hormone levels in ovariectomized Brahman, Brahman X Hereford and Hereford cows following a 20 mg dose of estradiol-17β. Theriogenology **10**: 430 (1980).
120. Richards, J.S.; Rao, M.C. and Ireland, J.J.: Action of pituitary gonadotrophins on the ovary. In: Control of ovulation. Crighton, D.B.; Foxcroft, G.R.; Haynes, N.B. and Lamming, G.E. (eds.). Buttersworths. London. (1978).
121. Robinson, T.J.: Reproduction in cattle. In: Reproduction in domestic animals. Cole, H.H. and Cupps, P.T. (eds.). 3a. ed. Academic Press. New York. (1977).

122. Roche, J.F.: Synchronization of oestrus and fertility following artificial insemination in heifers given prostaglandin $F_2\alpha$. J. Reprod. Fert. 37: 135 (1974).
123. Roche, J.F.: Effect short-term progesterone treatment on oestrous response and fertility in heifers. J. Reprod. Fert. 40: 433 (1974).
124. Roche, J.F.: Synchronization of oestrus in heifers with implants of progesterone. J. Reprod. Fert. 41: 337 (1974).
125. Roche, J.F.: Control of time of ovulation in heifers treated with progesterone and gonadotrophin releasing hormone. J. Reprod. Fert. 43: 471 (1975).
126. Roche, J.F.: Retention rate in cows and heifers of intravaginal silastic coils impregnated with progesterone. J. Reprod. Fert. 46: 253 (1976).
127. Roche, J.F.: Calving rate of cows following insemination after a 12-day treatment with silastic coils impregnated with progesterone. J. Anim. Sci. 43: 164 (1976).
128. Roche, J.F.: Control of estrus and progesterone levels in heifers given intravaginal progesterone coils and injections of progesterone and estrogens. J. Anim. Sci. 44:1026 (1977).
129. Rodhard, D.: Statistical quality control and routine data processing for radioimmunoassay and immunoradiometric assay. Clin. Chem. 20: 1255 (1974).
130. Rodbard, D. and Lewald, J.E.: Computer analysis of radioligand and radioimmunoassay data. Acta Endocrinol. (Kbh) 64 (Suppl 147): 79 (1970).
131. Rosenberg, M.; Herz, Z.; Davidson, M. and Folman, Y.: Seasonal variations in post-partum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. J. Reprod. Fert. 51: 363 (1977).
132. Royes, B.A.P. and Bivin, W.S.: Surgical displacement of the penis in the bull. J. Am. Vet. Med. Ass. 163: 56 (1973).
133. Rubio, G.I., Niveles séricos de progesterona en vacas Indobrasil (Bos indicus) durante los meses de noviembre a febrero en el trópico. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1985).

134. Schams, D.; Schallenberger, E.; Menzer, Ch.; Stangl, J.; Zottmeier, K.; Hoffman, B. and Karg, H.: Profiles of LH, FSH and progesterone in postpartum dairy cows and their relationship to the commencement of cyclic functions. Theriogenology 10: 453(1978).
135. Seguin, B.E.; Morrow, D.A. and Louis, T.M.: Luteolysis, luteostasis, and the effect of prostaglandin $F_{2\alpha}$ in cows after endometrial irritation. Am. J. Vet. Res. 35: 57 (1974).
136. Shemesh, M.; Ayalon, N. and Lindner, H.R.: Oestradiol levels in peripheral blood of cows during the oestrous cycle. J. Endocr. 55: 73 (1972).
137. Shemesh, M. and Hansel, W.: Arachidonic acid and bovine corpus luteum functions. Soc. Exp. Biol. Med. 148: 243 (1975).
138. Sherwood, O.O. and Mc Shan, W.H.: Gonadotropins. In: Reproduction in domestic animals. Cole, H.H. and Cupps, P.T. (eds.) 3th ed. Academic Press. New York. (1977).
139. Simplicio, A.A.; Chow, L.A.; Santiago, E.D. e Neves, P.T.: Sincronizacao do ciclo estral em bovinos. I. Efeitos de diferentes doses de prostaglandina $F_{2\alpha}$ por via intramuscular. Rev. Bras. Reprod. Anim. 2: 7 (1978).
140. Simplicio, A.A.; Chow, L.A.; Santiago, E.D. e Resende, H.S.: Sincronizacao do ciclo estral em bovinos. II. Efeito de uma única dose de "Estrumate" (Cloprostenol- ICI 80996) por via intramuscular. Rev. Bras. Reprod. Anim. 2: 37 (1978).
141. Sorensen, P.M.: Estrous detection in cattle. South Western Vet. 28: 127 (1975).
142. Spitzer, J.C.; Burrell, W.C.; LeFever, D.E. and Wiltbank, J.N.: Synchronization of estrus in beef cattle. I. Utilization of a Norgestomet implant and injection of estradiol valerate. Theriogenology 10: 181 (1978).
143. Spitzer, J.C.; Jones, D.L.; Miksch, E.D. and Wiltbank, J.N.: Synchronization of estrus in beef cattle. III. Field trials in heifers using a Norgestomet implant and injections of Norgestomet and estradiol valerate. Theriogenology 10: 233 (1978).

144. Spitzer, J.C.; Mares, S.E. and Peterson, L.A.: Pregnancy rates among beef heifers from timed insemination following synchronization with a progestin treatment. J. Anim. Sci. 53: 1 (1981).
145. Stabenfeldt, G.H.; Edqvist, L.-E.; Kindahl, H.; Gustafsson, B. and Bane, A.: Practical implications of recent physiologic findings for reproductive efficiency in cows, mares, sows and ewes. J. Am. Vet. Med. Ass. 172: 667 (1978).
146. Stabenfeldt, G.H.; Ewing, L.L. and McDonald, L.E.: Peripheral plasma progesterone levels during the bovine oestrous cycle. J. Reprod. Fert. 19: 433 (1969).
147. Tervit, H.R.; Roeson, L.E.A. and Brand, A.: Synchronization of oestrus in cattle using a prostaglandin F_{2α} analogue (ICI 79939). J. Reprod. Fert. 34: 179 (1975).
148. Thimonier, J.; Chupin, D. and Pelot, J.: Synchronization of oestrus in heifers and cyclic cows with progestagens and prostaglandins analogues alone or in combination. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 15: 437 (1975).
149. Thomas, A.N.: Intensidad y duración de los signos de estro en el ganado cebú en el trópico, después de la aplicación de la prostaglandina sintética ICI 80996. Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1979).
150. Tucker, H.A.: Seasonality in cattle. Theriogenology. 17:53 (1982).
151. Turek, F.W. and Campbell, C.S.: Photoperiodic regulation of neuroendocrine-gonadal activity. Biol. Reprod. 20: 32 (1979).
152. Ulberg, L.C. and Burfening, P.J.: Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. J. Anim. Sci. 26: 571 (1967).
153. Ulberg, L.C. and Lindley, C.E.: Use of progesterone and estrogen in the control of reproductive activities in beef cattle. J. Anim. Sci. 19: 1232 (1960).
154. Vaca, L.A.: Algunas características del ciclo estral en vacas Indobrasil. Tesis de Maestría. Fac. Med. Vet. Zoot. UNAM. México, D.F. (1982).

155. Vaca, L.A.; Galina, C.S.; Hernández-Baca, S.; Escobar, J.F. and Ramírez, B.: Progesterone levels and relationship with the diagnosis of a corpus luteum by rectal palpation during the estrous cycle in zebu cows. Theriogenology 20: 67 (1983).
156. Verde, O.G.; Thatcher, W.W. y Wilcox, C.J.: Influencia de las altas temperaturas sobre la reproducción: una revisión de literatura. Reporte mimeografiado del Depto. de Lechería Dy71-1 p 1-19.
157. Wagnon, K.A.; Rollins, W.C.; Cupps, P.T. and Carroll, F.D.: Effects of stress factors on the estrous cycles of beef heifers. J. Anim. Sci. 34: 1003 (1972).
158. Welch, J.A.; Hackett, A.J.; Cunningham, O.J.; Heishman, J.O.; Ford, S.P.; Nadarasa, R.; Hansel, W. and Inskeep, E.K.: Control of estrus in lactating beef cows with prostaglandin $F_2\alpha$ and estradiol benzoate. J. Anim. Sci. 41: 1686 (1975).
159. Williamson, N.B.; Morris, R.S.; Blood, D.C. and Cannon, C.M.: A study of oestrous behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. I. The relative efficiency of methods of oestrus detection. Vet. Rec. 91: 50 (1972).
160. Wiltbank, J.N. and González-Padilla, E.: Synchronization and induction of estrus in heifers with a progestagen and estrogen Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 15: 255 (1975).
161. Wishart, D.F.: Observations on the oestrous cycle of the Friesian heifers. Vet. Rec. 90: 595 (1972).
162. Ying, S.-Y. and Guillemin, R.: Dried Staphylococcus aureus as a rapid immunological separating agent in radioimmunoassay. J. Clin. Endocrinol. Met. 48: 360 (1979).
163. Young, J.S.: Breeding patterns in commercial beef herds. I. Herd performance in New South Wales. Aust. Vet. J. 44: 350 (1968).
164. Zakari, A.Y.; Molokwo, E.C.I. and Osori, D.I.K.: Effect of season on the oestrous cycle of cows (Bos indicus) indigenous to Northern Nigeria. Vet. Rec. 109: 213 (1981).