

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

PERFILES DE PROGESTERONA, RESPUESTA LUTEOLÍTICA Y EVALUACIÓN
DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A HORA FIJA EN GANADO
ROMOSINUANO Y SUS CRUCES CON CEBU.

*Tesis Sometida a la Consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y
de los Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para Optar al Grado de Magister
Scientiae.*

DAVID BERROA PINZON

Esta Tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

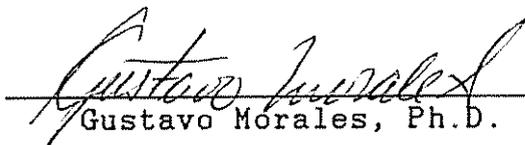
MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



Richard Taylor, Ph.D.

Profesor Consejero.



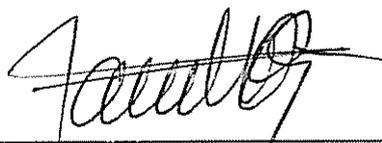
Gustavo Morales, Ph.D.

Miembro del Comité.



Carlos Chavez, Ph.D.

Miembro del Comité.



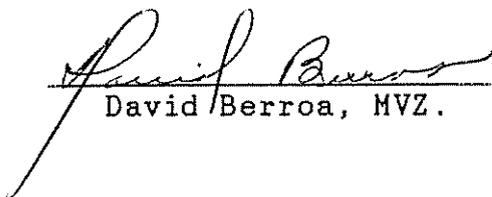
Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.

Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, CATIE.



Dr. José Luis Parisi

Subdirector General Adjunto de Enseñanza



David Berroa, MVZ.

Candidato.

DEDICATORIA

A mi esposa Gloria

A mi hijo David

A mis padres David y Gladys

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento:

A la ODA del Gobierno Británico y a la DSE de Alemania por proporcionarme el apoyo económico, gracias al cual fue posible realizar el posgrado.

Al Dr. Richard Taylor, profesor consejero, por su estímulo y orientación ofrecida durante mis estudios, principalmente de la fisiología reproductiva.

Al Dr. Gustavo Morales, por sus consejos y sugerencias en la elaboración de este trabajo.

Al Msc. Rafael Molina, quien hizo posible que pudieramos realizar parte de esta investigación en el ITCR.

A todo el personal docente del CATIE que contribuyó en mi formación académica, sobretodo a los del Area de nutrición animal.

A la Comisión de Energía Atómica, al laboratorio Sintex y a todo el personal de campo de la finca experimental de ganadería, por los materiales y ayuda suministrada.

A todos los compañeros de la generación 1986-1988 del programa de posgrado y a las personas que participaron de una u otra manera, haciendo posible el logro de los objetivos fijados.

BIOGRAFIA

El autor nació en el distrito de San Félix, provincia de Chiriquí, República de Panamá, el día 30 de marzo de 1960.

En el año de 1979 ingresó a la universidad Nacional Autónoma de México en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, obteniendo el título de *Médico Veterinario Zootecnista* el 25 de marzo de 1985.

Profesionalmente se ha dedicado a la clínica de grandes especies, con énfasis en la reproducción bovina.

En setiembre de 1986 ingresó al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para realizar estudios de posgrado en el Area de Ganadería Tropical, obteniendo el grado de *Magister Scientiae* el 12 de setiembre de 1988.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen.....	vii
Summary.....	ix
Lista de Cuadros.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA.....	4
A.- Ciclo Estral.....	4
1.- Fases del Ciclo Estral.....	6
2.- Regulación Endocrina del Ciclo Estral.....	10
a.- Hormona Liberadora de Gonadotropina....	11
b.- Hormonas Hipofisiarias.....	12
c.- Hormonas Ováricas.....	15
d.- Hormona Luteolítica.....	24
B.- Perfiles de Progesterona.....	27
1.- En Ganado <i>Bos indicus</i>	28
2.- En Ganado <i>Bos taurus</i>	29
C.- Respuesta Luteolítica.....	30
D.- Sincronización del Estro.....	32
E.- Manifestaciones de Celos.....	34
F.- Inseminación Artificial y Tasas de Preñez.....	36
III.- MATERIALES Y METODOS.....	40
A.- Localización.....	40
B.- Material Biológico.....	41
C.- Material de Laboratorio.....	42
D.- Metodología.....	42
1.- Cuantificación de Progesterona.....	42
a.- Toma de Muestras.....	42
b.- Manejo de las Muestras.....	43
c.- Radioinmunoanálisis de Progesterona....	43
2.- Perfiles de Progesterona.....	43
a.- Análisis Estadístico.....	44
3.- Respuesta Luteolítica.....	45
a.- Análisis Estadístico.....	46
4.- Celos e Inseminación Artificial.....	47
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
A.- Perfiles de Progesterona.....	49
1.- En el Grupo I.....	49
2.- En el Grupo II.....	56
B.- Respuesta Luteolítica.....	65
1.- En el Grupo I.....	65
2.- En el Grupo II.....	68
3.- En el Grupo III.....	75
C.- Inseminación Artificial y Gestación.....	78
1.- En los Grupos I y II.....	78
3.- En el Grupo III.....	80
D.- Variación Intra e Inter ensayo.....	85
V.- CONCLUSIONES.....	86
VI.- RECOMENDACIONES.....	88
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	89
VIII.- ANEXO.....	99

RESUMEN

Perfiles de Progesterona, Respuesta Luteolítica y Evaluación de la Inseminación Artificial a hora Fija en Ganado Romosinuano y sus cruces con Cebú.

Palabras claves: Progesterona, Sincronización, Luteólisis e Inseminación Artificial.

Los objetivos del presente trabajo fueron: caracterizar y comparar los perfiles de progesterona (P_4) durante el ciclo estral en ganado Romosinuano (R) y Romosinuano x Brahman (RB), estudiar la respuesta luteolítica inducida con prostaglandinas exógenas ($PGF_{2\alpha}$) en vacas y novillas R, RB y Brahman (B) y evaluar la inseminación artificial (IA) a hora fija (72 y 96 horas), en los grupos R, RB y B.

La caracterización de los perfiles de P_4 se realizó en muestras de plasma obtenidas cada dos días, por venopunción yugular en 12 hembras R y 12 RB. Para la respuesta luteolítica se utilizaron 12 hembras en cada grupo, localizándose, el R y el RB en la finca experimental del CATIE en Turrialba y el B, en la del ITCR, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Los animales sincronizados se observaron de manera continua desde las 48 a las 100 horas post-aplicación de $PGF_{2\alpha}$ y se inseminaron con semen congelado de toros Romosinuano. El diagnóstico de preñez se llevó a cabo mediante niveles de P_4 determinados a los 15, 18, 21, 24 y 27 días y a través de palpación rectal realizada a los 60 días pos-IA. La cuantificación de P_4 en las muestras de plasma se realizó mediante un radioinmunoanálisis (RIA) de fase sólida.

Los niveles de P_4 permanecieron por debajo de 0.5 ng/ml durante y alrededor del celo, presentando las concentraciones más elevadas (6.4 y 7.7 ng/ml) al día 14 del ciclo, regresando a niveles mínimos los 22 y 24 días, en los grupos R y RB, respectivamente. No hubo diferencias significativas en los niveles totales y/o parciales de P_4 durante el ciclo estral, al comparar ambos grupos; sin embargo, si se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) dentro de grupos.

Con base en la respuesta luteolítica los animales tratados con $PGF_{2\alpha}$ se clasificaron en: los que no respondieron, los que tuvieron un efecto luteolítico incompleto y los que presentaron una luteólisis normal. A nivel de los diferentes grupos raciales la luteólisis fue del 91.0, 23.3 y 91.7 por ciento y las manifestaciones de celo se presentaron en el 82.0, 27.3 y 58.3 por ciento de los animales en los grupos R, RB y B, respectivamente. Las manifestaciones de celo se presentaron a las 75.7 ± 33.5 , 55.0 ± 4.4 y 80.0 ± 23.4 horas, y la duración promedio de los mismos fue de 12.8 ± 5.8 , 11.3 ± 8.9 y 10.0 ± 14.7 horas, en

los grupos R, RB y B, respectivamente.

Los niveles de P_4 en los animales con luteólisis completa, descendieron un 79.6, 77.4 y 80.0 por ciento doce horas después de aplicada la $PGF_{2\alpha}$, siendo mínimos a las 48 horas, en los grupos R, RB y B, respectivamente. Los animales con luteólisis incompleta, presentaron los menores niveles de P_4 a las 48 horas, con reducciones del 73.9, 53.7 y 75.6 por ciento en relación al nivel inicial, para los grupos R, RB y B, respectivamente, detectándose una recuperación funcional del cuerpo lúteo reflejada a través del aumento en los niveles de P_4 . En los animales en los cuales no hubo respuesta luteolítica, se observó que las concentraciones iniciales de P_4 eran inferiores a 1.2 ng/ml, lo que indica que presentaban un tejido luteal, incapaz de reponder a la $PGF_{2\alpha}$.

El porcentaje de gestación determinado mediante los niveles de P_4 y la palpación rectal fue de 41.2 y 16.7 por ciento en los grupos R y B, respectivamente, en el grupo RB no quedó ningún animal preñado.

SUMMARY

Progesterone Profiles, Luteolytic Response and Evaluation of Artificial Insemination at Fixed Time in Romosinuano Cattle and its crosses with Zebu.

Keywords: Progesterone, Synchronization, Luteolysis and Artificial Insemination.

The objectives of this work were: to characterize and compare progesterone (P_4) profiles during the estrous cycle in Romosinuano (R) and Romosinuano x Brahaman (RB) cattle, to study the luteolytic response induced with exogenous prostaglandin ($PGF_{2\alpha}$) in R, RB and Brahaman (B) cows and heifers and finally to evaluate artificial insemination (AI) at fixed time (72 and 96 hours) in the three groups studied.

The characterization of the P_4 profiles in R and RB groups was analyzed from plasma samples obtained every two days by jugular venipuncture in 12 R and 12 RB animals. The luteolytic response to exogenous prostaglandins was studied in 12 animals of each of racial groups (R, RB and B). The R and RB groups were studied at CATIE's Experimental farm, Turrialba and the B group at ITCR, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. The Synchronized animals were observed continuously within 48 to 96 hours post-application of $PGF_{2\alpha}$ and artificilly inseminated at fixed time (72 and 96 hours) with semen from Romosinuano bulls. Pregnancy diagnosis was carried out through P_4 levels determined at 15, 18, 21, 24 and 27 days and through rectal palpation at 60 days post-AI. The quantification of P_4 in the samples of plasma was carried out using a solid phase radioimmunoassay (RIA).

Progesterone levels remained below 0.5 ng/ml during and around estrus, with the highest levels of this hormone, 6.7 and 7.7 ng/ml on day 14 and returning to basal levels between days 22 and 24 of the oestrus cycle, in groups R and RB, respectively. Furthermore, no significant differences were determined when total and partial P_4 levels were compared in the R and RB groups, however, a significant difference ($P < 0.05$) was observed within individual animals in each group. From the data obtained it became evident that the development of the corpus luteum (CL) is longer in duration than its regression.

With regards to the luteolytic response, the animals treated with $PGF_{2\alpha}$ were classified in three groups, those that did not respond, those that had incomplete luteolytic effect and animals that presented normal luteolysis. The level of luteolysis was 91.0, 23.3 and 91.7 percent and estrus was detected in 82.0, 27.3 and 58.3 percent of the animals in the R, RB and B groups, respectively. Estrus

behavior occurred at 75.7 ± 33.5 , 55.0 ± 4.4 and 80.0 ± 23.4 hours and its average length was 12.8 ± 5.8 , 11.3 ± 8.9 and 10.0 ± 14.7 hours in the R, RB and B groups, respectively.

The progesterone levels of the animals decreased by 79.6, 77.4 and 80.0 percent twelve hours after the application of $\text{PGF}_{2\alpha}$, dropping to basal levels by 48 hours, in the R, RB and B groups, respectively. The animals which had incomplete luteolysis exhibited their lowest P_4 levels at 48 hour, with a reduction of 73.9, 53.7 and 75.6 percent in relationship to pre-treatment levels, for the R, RB and B groups, respectively. In these animals a recovery of the CL was detected through the increase in P_4 levels after 48 hours. In the animals without luteolytic response, it was found that the initial P_4 levels were below 1.2 ng/ml; which suggested that the capacity of the Cl to respond to $\text{PGF}_{2\alpha}$ was poor.

The pregnancy rate determined through P_4 levels and rectal palpation was 41.2 and 16.7 percent in the R and B groups, respectively, in group RB none of the animals became pregnant.

LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO

Cuadro	Página
1. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) durante el ciclo estral en hembras Romosinuano (Grupo I).....	50
2. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) durante el ciclo estral en hembras Romosinuano x Brahman (Grupo I).....	57
3. Tasa de incremento y descenso promedio de progesterona (ng/ml/día) durante el ciclo estral en embras Romosinuano y Romosinuano x Brahman.....	63
4. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Romosinuano con luteolisis completa (Grupo I).....	66
5. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Romosinuano con luteolisis incompleta (Grupo I).....	67
6. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Brahman con luteolisis incompleta (grupo III).....	69
7. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Romosinuano x Brahman con luteolisis completa (Grupo II).....	70
8. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Brahman con luteolisis incompleta (Grupo III).....	76
9. Niveles ajustados y promedio de progesterona (ng/ml) desde los 15 hasta los 27 días posteriores a la inseminación artificial en hembras Brahman no gestantes (Grupo III).....	83

LISTA DE CUADROS EN EL ANEXO

Cuadro	Página
1A. Perfiles de progesterona durante el ciclo estral en hembras Romosinuano.....	100
2A. Perfiles de progesterona durante el ciclo estral en hembras Romosinuano x Brahman.....	101
3A. Respuesta luteolítica con base a los niveles de progesterona en hembras Romosinuano.....	102
4A. Respuesta luteolítica con base a los niveles de progesterona en hembras Romosinuano x Brahman.....	103
5A. Respuesta luteolítica con base a los niveles de progesterona en novillas Brahman.....	104
6A. Diagnóstico de gestación con base a los niveles de progesterona en hembras Romosinuano.....	105
7A. Diagnóstico de gestación con base a los niveles de progesterona hembras Romosinuano x Brahman.....	106
8A. Diagnóstico de gestación con base a los niveles de progesterona en novillas Brahman.....	107
9A. Análisis de varianza de los niveles de progesterona en las razas Romosinuano y Romosinuano x Brahman.....	108

LISTA DE FIGURAS

Fig.....	Página
1. Niveles de progesterona en ng/ml desde el celo hasta el día 15 del ciclo estral en hembras Romosinuano.....	53
2. Niveles de progesterona en ng/ml desde el día 15 del ciclo estral hasta el celo en hembras Romosinuano.....	55
3. Niveles de progesterona en ng/ml desde el celo hasta el día 17 del ciclo estral en hembras Romosinuano x Brahman.....	60
4. Niveles de progesterona en ng/ml desde el día 17 del ciclo estral hasta el celo en hembras Romosinuano x Brahman.....	61
5. Perfiles de progesterona durante el ciclo estral en hembras Romosinuano y Romosinuano x Brahman.....	64
6. Niveles de progesterona en ng/ml desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en hembras Romosinuano x Brahman sin luteólisis.....	71
7. Niveles de progesterona en ng/ml desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en novillas Romosinuano y Romosinuano x Brahman con luteolisis completa.....	73
8. Niveles de progesterona en ng/ml desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en novillas Romosinuano y Romosinuano x Brahman con luteolisis incompleta.....	74
9. Niveles de progesterona en ng/ml desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en novillas Brahman con luteolisis completa.....	77
10. Niveles de progesterona en ng/ml desde los 15 hasta los 27 días posteriores a la inseminación artificial en hembras Romosinuano gestantes.....	79

11. Niveles de progesterona en ng/ml desde los 15 hasta los 27 días posteriores a la inseminación artificial en hembras Romosinuano y Romosinuano x Brahman no gestantes.....81
12. Niveles de progesterona en ng/ml desde los 15 hasta los 27 días posteriores a la inseminación artificial en hembras Brahman gestantes.....82

I.- INTRODUCCION

Las áreas tropicales secas y húmedas de los países latinoamericanos presentan un conjunto de situaciones ambientales, sociales y económicas que afectan considerablemente la adaptación y desarrollo productivo de razas europeas puras y de sus cruces, mantenidas bajo sistemas tradicionales de manejo. La introducción de razas exóticas al medio tropical, con raras excepciones, ha resultado en la rápida desaparición de los animales utilizados, quedando una población de bovinos cruzados y de baja productividad (González-Stagnaro, 1983 y Galina *et al.* 1986).

El ganado criollo de origen ibérico fué introducido a Latinoamérica durante la colonia, sufriendo un proceso de selección bajo las condiciones ambientales imperantes; altas temperaturas, elevada radiación solar y precipitación pluvial. Bajo estas condiciones y con una alimentación a base de pastoreo, se formaron núcleos con características fenotípicas y genotípicas especiales hoy denominadas razas, las cuales poseen la rusticidad necesaria para resistir la escasez de pastos y sus deficiencias nutritivas, especialmente en épocas de sequía. Estas razas criollas exhiben también gran resistencia a enfermedades tropicales, especialmente a las parasitarias hemotrópicas y gastrointestinales.

El valor de las razas criollas de origen *Bos taurus*, no solamente radica en la adaptación a las condiciones tropicales, sino también al extraordinario vigor híbrido que transmiten cuando son cruzadas con ganado Cebú puro o mestizo, el cual conforma aproximadamente el 90 por ciento del total de la población bovina de los países latinoamericanos. Sin embargo, los cruces indiscriminados con ganado Cebú (*Bos indicus*), han resultado en la rápida absorción y en algunos casos desaparición de estas razas, produciéndose como resultado un deterioro significativo de los índices productivos y reproductivos de los hatos nacionales (Pinzón, 1985).

Dentro de las razas criollas se destaca por su productividad y rusticidad, el Romosinuano oriundo del Valle del Sinú en Colombia. Raza que según Pinzón (1981) exhibe en ese país altos índices reproductivos bajo condiciones de trópico húmedo. En la Finca Experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, existe un grupo selecto de esta raza, único hato Romosinuano libre de fiebre aftosa (De Alba, 1984).

La evaluación y utilización del germoplasma criollo Romosinuano para cruzamientos a nivel de productores de la región Centro Americana y del Caribe, se encuentra limitada en la actualidad, principalmente por la disponibilidad de sementales y los altos costos de transporte de los mismos a los

países de la región. Una alternativa para solucionar este problema, sería la difusión de germoplasma a través de la inseminación artificial (IA) con semen congelado.

Ante la creciente promoción y difusión de esta raza criolla para cruzamientos con ganado Cebú, que ha emprendido el Area de Ganadería Tropical del CATIE, es necesario iniciar investigaciones básicas que permitan conocer mejor su fisiología reproductiva.

El presente estudio tiene como objetivos:

- 1.- Caracterizar y comparar los perfiles de progesterona durante el ciclo estral en ganado Romosinuano y Romosinuano x Brahman.
- 2.- Estudiar la respuesta luteolítica inducida con prostaglandinas exógenas en vacas y novillas Romosinuano, Romosinuano x Brahman y Brahman.
- 3.- Evaluar la inseminación artificial a hora fija (72 y 96 horas) en los grupos Romosinuano, Romosinuano x Brahman y Brahman.

II.- REVISION DE LITERATURA

La actividad fisiológica del aparato reproductivo de la hembra, es de naturaleza cíclica. El patrón depende de las hormonas que circulan en la sangre y de la respuesta de los receptores localizados en órganos específicos. Las transformaciones periódicas que experimentan los órganos genitales, demandan la integridad orgánico-funcional e influyen de manera importante sobre el metabolismo general.

A.- Ciclo Estral

El ciclo estral se define como un fenómeno rítmico, con periodos regulares pero limitados de receptividad sexual, asociado en la mayoría de los casos con la liberación de óvulos susceptibles de ser fertilizados (Galina *et al.*, 1986).

El ciclo estral ocurre como resultado de cambios periódicos en los ovarios, los cuales están controlados por complejos mecanismos endocrinos que involucran la interacción de hormonas del hipotálamo, pituitaria, ovarios y el útero (Peters y Lamming, 1983).

El bovino es una especie poliéstrica continua y presenta ovulación espontánea, interrumpiendo o prolongando el ciclo estral, sólomente cuando se inicia la gestación o por efectos patológicos específicos. Se ha observado que la longitud del

mismo está asociada a cambios nutricionales y de manejo, posiblemente influenciada también por el fotoperíodo (Stevenson *et al.*, 1984 y Mascarenhas *et al.*, 1986).

En ganado de carne de las razas Portuguesas Alentejano y Mirandes, la duración del ciclo estral fue de 23.16 ± 0.16 días (Mascarenhas *et al.*, 1986); en novillas Cebú Bunaji de 20.0 ± 2.3 días (Oyedipe *et al.*, 1986); en Angus de 22.0 ± 2.6 días (Christensen *et al.*, 1974); en Hereford de 21.0 ± 1.0 días y en cruces de Hereford x Brahman y Brahman x Short-horn, la longitud fue de 22.0 ± 4.0 días (Donalson *et al.*, 1970). En un estudio realizado en la finca experimental del CATIE por Villacorta (1960), se determinó que la longitud del ciclo estral era de 21.78 ± 1.8 y 21.52 ± 2.5 días para el ganado Criollo Lechero Centroamericano y Brahman, respectivamente.

Varios autores coinciden en que los ciclos estrales largos se presentan en un 18 a 20 por ciento del ganado bovino, caracterizándose estas por bajos niveles de P_4 , lo cual indica una fase folicular de más de 8 días. Este fenómeno se manifiesta de manera natural en esta especie (Jackson, 1979; Peters, 1980; Peters y Ball, 1987).

1.- Fases del Ciclo Estral

Este se encuentra dividido en cuatro fases denominadas estro, metaestro, diestro y proestro (Fields, 1985). La nomenclatura fue extrapolada del ciclo estral de la rata, produciendo confusiones en las especies domésticas (Galina *et al.*, 1986). Según Peters y Ball (1987) es mejor describir el ciclo estral bovino en términos de la función ovárica, la cual puede dividirse con base en dos eventos, la fase folicular y la fase luteal. La fase folicular incluye el proestro, las manifestaciones de celo y la ovulación, mientras que la fase luteal comprende el metaestro y el diestro hasta la regresión del cuerpo lúteo (Cl).

El estro se define como la etapa del ciclo estral durante la cual se presentan las manifestaciones de celo y la receptividad sexual.

El comportamiento de celo en la mayoría de especies es diferente, presentándose en esta etapa la ovulación, excepto en la hembra bovina. Durante el estro la vaca muge frecuentemente, se separa del rebaño, intenta montar a sus compañeras o se deja montar por ellas. Esto es indicación de conducta homosexual, lo cual facilita la detección del celo, aun en ausencia de toro en el hato (Orihuela *et al.*, 1983). A nivel de los genitales externos hay tumefacción vulvar y el vestíbulo vaginal presenta hiperemia. Internamente se pre-

senta eritema de la mucosa cervical y protrucción de la misma hacia la vagina, observándose secreción de un moco claro viscoso y filante que fluye a través de la hendidura vulvar, el cual se denomina "limo" y que por lo general se adhiere a la cola o tuberosidades isquiáticas (Gustafsson *et al.*, 1986).

En general la duración del estro en razas británicas es de 10 a 12 horas (Fields, 1985). Villacorta (1960) encontró que en el ganado Criollo Lechero Centroamericano la duración del estro con y sin servicio fue de 15.87 ± 5.05 horas, en tanto que para el Brahman, fue de 16.60 ± 5.26 cuando no hubo servicio y de 11.47 ± 8.13 horas cuando hubo servicio natural. En este trabajo se observó, que la monta del toro disminuye la duración del estro y que existen algunas vacas Cebú que sólo aceptan un servicio por periodo de celo. Plasse *et al.* (1970) en Venezuela observaron que el celo en las novillas Brahman estudiadas tuvo una duración de 6.7 ± 0.78 horas, lo cual contrasta significativamente con lo encontrado por los investigadores antes mencionados.

El metaestro corresponde al periodo inmediato y posterior al estro, caracterizándose por el cese repentino de las manifestaciones del celo. Esta etapa comprende la ovulación y termina al alcanzar el Cl su funcionalidad; es la etapa de transformación del cuerpo hemorrágico a Cl y tiene una duración de dos a tres días. En esta fase la vulva se pliega, el

cérvix vuelve a su posición y tamaño, pudiéndose presentar hemorragia metaestral o pseudomenstruación, la cual ocurre con frecuencia en novillas y ocasionalmente en vacas. La pseudomenstruación depende del grado de estimulación del endometrio uterino, causada por los estrógenos durante el proestro y el estro, lo que provoca fragilidad capilar y diapedesis (McDonald, 1983).

En la vaca la ovulación se produce aproximadamente 12 horas después de finalizado el estro. Esta va acompañada por hemorragia en la cavidad folicular, la cual se llena de sangre para dar lugar al cuerpo hemorrágico, marcando así el inicio y crecimiento rápido de las células luteínicas que forman el Cl.

Randel (1980) encontró que en animales Brahman, Brahman x Hereford y Hereford, la ovulación se presenta a las 18.9 ± 2.2 , 29.0 ± 1.3 y 28.6 ± 1.5 horas a partir del inicio del estro, respectivamente. Estos hallazgos coinciden con los encontrados en novillas Brahman por Plasse *et al.* (1970) y Orta *et al.* (1987), este último utilizando endoscopia. También, a través de palpación rectal Villacorta (1960) determinó que la ovulación en el ganado Criollo Lechero Centroamericano y el Brahman se presentaba a las 9.33 ± 2.84 y 9.65 ± 2.66 horas, después del celo respectivamente.

El diestro se caracteriza por la funcionalidad del Cl, el cual secreta cantidades altas de P₄. La duración de este es de 10 a 12 días (Peters y Ball, 1987; Galina *et al.*, 1986; Fields, 1985 y McDonald, 1983).

Durante este período ocurre la proliferación de las células del endometrio y la musculatura lisa del útero deja de contraerse, secretando las glándulas uterinas un material viscoso (leche uterina) que servirá de nutrición al embrión. En caso de llegar el cigoto al útero, el cuerpo amarillo persiste durante toda la gestación. Si el óvulo no es fecundado, el Cl permanece funcional hasta el día 17 aproximadamente, después del cual comienza a involucionar, iniciándose un nuevo ciclo estral (McDonald, 1983; Diaz, *et al.*, 1986; Oyedipe *et al.*, 1986).

El proestro se inicia con la regresión del Cl y finaliza al comenzar el estro. Esta fase tiene una duración de 2 a 5 días y se caracteriza por el crecimiento folicular y la producción de estradiol (E₂), el cual aumenta el aporte sanguíneo de estrógenos al aparato genital produciendo edema desde la vulva hasta los oviductos. La vulva aumenta de tamaño, el vestibulo se torna hiperémico, secretando las glándulas del cuello uterino y la vagina un flujo claro viscoso que, sale al exterior.

2.- Regulación Endocrina del Ciclo Estral

El ciclo estral esta regulado por el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero. Para que funcione correctamente las condiciones nutricionales y ambientales deben ser óptimas (McDonald, 1983). El control se verifica a través del transporte nervioso o sanguíneo de hormonas, las cuales proporcionan un medio de comunicación química celular.

El sistema endocrino se autocontrola a través de mecanismos de retroalimentación positiva y negativa. La retroalimentación positiva se presenta si al aumentar la concentración de una hormona determinada, aumenta la concentración de otra. Si por el contrario, al incrementarse la concentración de una hormona determinada disminuye la cantidad de otra, se produce entonces la retroalimentación negativa. Diferentes receptores en el hipotálamo parecen ser responsables de los efectos de la retroalimentación positiva y negativa de los esteroides ováricos (Peters y Laming, 1983).

Peters y Ball (1987) consideran que el control neuroendocrino del ciclo ovárico se establece con la caída en las concentraciones de P_4 y la disminución de la sensibilidad hipotalámica a la retroalimentación negativa de E_2 . Esto favorece la amplitud y frecuencia de la liberación de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo que ocasiona un aumento del nivel plasmático de hormona luteinizante (LH) el cual in-

crementa la secreción de $17-\beta$ estradiol. Consecuentemente el folículo más grande de una manera no del todo clara, inhibe el desarrollo de folículos adicionales.

Los estrógenos ejercen un efecto de retroalimentación negativa en el hipotálamo, evitando la liberación adicional de GnRH por un período variable (1 a 6 horas) dependiendo del estado del ciclo. Durante la fase luteal la P_4 modifica la producción de GnRH/LH, disminuyendo la liberación pulsátil de estas hormonas (Peters y Lamming, 1983).

Después de 10 a 12 días de exposición a los esteroides ováricos (E_2/P_4) y posiblemente a la oxitocina, el endometrio comienza a producir $PGF_{2\alpha}$ alrededor del día 16 del ciclo estral, para producir la lisis del Cl presente en el ovario. El descenso en los niveles de P_4 facilita la maduración foliular durante la última etapa del ciclo estral, provocando un aumento considerable en los niveles de estrógenos, los cuales inducen el celo y la ovulación (Peters y Lamming, 1983; Peters y Ball, 1987).

a.- Hormonas Liberadoras de Gonadotropinas

Los factores u hormonas liberadoras hipotalámicas son péptidos, producidas por neuronas secretoras de la región mediobasal, cuya función es inhibir o estimular la liberación de hormonas adenohipofisiarias (Peters y Lamming, 1983). Las

substancias liberadas por el hipotálamo llegan directamente a la adenohipófisis, a través del sistema portal hipotálamo-hipofisiario, sin pasar a la circulación periférica. Adicionalmente este sistema vascular permite el flujo de substancias adenohipofisiarias en dirección opuesta, estableciéndose así una retroalimentación corta entre la adenohipófisis y el hipotálamo (Conn *et al.*, 1987).

La GnRH extraída del hipotálamo bovino, causa la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) y LH *in vivo* e *in vitro*, existiendo controversia acerca de la existencia de distintas hormonas que causen la liberación independiente de FSH y LH. Sin embargo, la inmunización de animales contra GnRH suprime simultáneamente la secreción de LH y FSH, lo que parece indicar que existe un mecanismo de liberación común para ambas hormonas (Peters y Lamming, 1983).

b.- Hormonas Hipofisiarias

La hipófisis produce y libera varias hormonas de acción reguladora sobre el funcionamiento de otras glándulas endocrinas. Su estrecha relación con el hipotálamo se conoce con el nombre de sistema hipotálamo-hipofisiario. Las hormonas hipofisiarias relacionadas con los procesos reproductivos, son la FSH, LH y la Prolactina. Estas se originan específicamente en la adenohipófisis.

Las gonadotropinas como lo indica su nombre, ejercen su acción principal estimulando el funcionamiento de las gónadas. Pero también el fotoperíodo y la dieta influyen sobre el hipotálamo, modulando de esta manera la secreción de gonadotropinas durante la maduración sexual e inicio de la pubertad, como lo indican Kinder *et al.* (1987).

A la FSH y LH se les conoce también como gonadotropinas hipofisiarias, siendo hormonas glicoprotéicas formadas por dos subunidades peptídicas la α y la β . La actividad biológica de estas hormonas solo se manifiesta cuando ambas subunidades están acopladas, aunque la especificidad hormonal la confiere de manera exclusiva la subunidad β , siendo la α idéntica en las dos hormonas (Swenson, 1984).

La FSH tiene como función principal estimular el crecimiento temprano de los folículos ováricos. Las concentraciones plasmáticas de FSH, son bajas durante la mayor parte del ciclo estral y las fluctuaciones en la producción de la misma, pueden ser las responsables de las oleadas continuas de desarrollo folicular que han sido observadas durante la fase luteal (Peters y Lamming, 1983). Al respecto, se ha observado un aumento en los niveles de FSH que coincide con el pico preovulatorio de LH, el cual va seguido de un ligero aumento que se presenta aproximadamente 24 horas más tarde (Walters y Schallenberger, 1984b).

La LH estimula la maduración final y la ovulación del folículo y secundariamente la formación y mantenimiento del Cl (Peters y Lamming, 1983). Los niveles basales de LH se mantienen durante la mayor parte del ciclo estral, incrementándose pocos días antes del estro y presentándose un pico preovulatorio al inicio del celo (Walters *et al.*, 1984a).

La liberación de LH es regulada durante la fase folicular, por los estrógenos a nivel de la hipófisis; sin embargo, durante la fase luteal, la inhibición es ejercida por acción sinérgica del E₂ y la P₄ a nivel hipotalámico (Swenson, 1984).

Durante las últimas etapas de la maduración folicular, los folículos que van a ovular crecen, aumentando el número de receptores para la LH en las células de la teca y granulosa, de tal forma que el folículo es capaz de ovular en respuesta al pico preovulatorio de LH (Hansel y Convey, 1983).

El trabajo realizado por Imakawa *et al.* (1986) en la universidad de Nebraska con novillas Angus y Hereford mantenidas con dietas energéticas altas y bajas, se observó una reducción en amplitud y frecuencia en la liberación pulsátil de LH en las novillas de menor peso corporal y que consumían la dieta con menor contenido energético. Estos investigadores concluyen, que el consumo de energía en la dieta o la

condición corporal, influyen en la secreción de gonadotropinas y hormonas gonadales en la hembra bovina, durante la fase folicular y luteal del ciclo estral.

La prolactina es importante en el control de la secreción de leche en muchas especies y se le ha implicado en la regulación de nutrimentos para la síntesis de leche y el crecimiento corporal, en la vaca lactante. La mayor liberación de esta hormona ocurre durante el estro, el parto y los estados de excitación, donde es acompañada por la secreción de tiroxina. La prolactina es luteotrópica en algunas especies, pero el efecto a nivel ovárico en el bovino no es bien conocido en la actualidad (Peters y Laming, 1983).

c.- Hormonas Ováricas

El ovario produce dos grupos de hormonas esteroides, los estrógenos y los progestágenos, los cuales son responsables de los cambios en el aparato genital. Recientemente se ha determinado que a nivel ovárico se producen otras hormonas tales como la inhibina y la oxitocina (Swenson, 1984; Hansel y Dowd, 1986). Los esteroides son sintetizados a partir del colesterol, que a su vez proviene de la transformación del acetato. Estos compuestos liposolubles, comparten una estructura química común, derivada del ciclo pentano-perhidrofenantreno.

Los estrógenos tienen en el 17β estradiol, el metabolito estrogénico más activo en la vaca. Otros estrógenos circulantes como la estriona y el estriol, son también de gran importancia fisiológica.

A nivel folicular, encontramos dos tipos de células de particular importancia, las de la teca y las de la granulosa. Ambas interactúan para producir estrógenos, respondiendo las células de la teca a la retroalimentación positiva de LH para producir andrógenos, siendo estos transformados por las células de la granulosa, dando lugar a la formación de 17β estradiol bajo la retroalimentación positiva de la FSH (Armstrong, 1986). Otras fuentes de producción de estrógenos son la corteza adrenal, la placenta y las gónadas masculinas (McDonald, 1983).

Los estrógenos tienen efecto sobre el anabolismo protéico, inhiben el crecimiento de los huesos, poseen acción epiteliotrópica y producen hiperplasia e hipertrófia del epitelio endometrial y mamario. Promueven también el crecimiento del miometrio y aumentan la sensibilidad de la musculatura lisa a estímulos físicos y hormonales. Además, aumentan la vascularidad del tracto genital y actúan en la expresión de los caracteres sexuales secundarios de la hembra, interviniendo en las manifestaciones de celo y receptividad sexual, a través de su acción sobre los centros cíclicos y tónicos del hipotálamo (Hafez, 1980).

Otros efectos de los estrógenos, son el control de la liberación de las hormonas hipofisiarias, la sensibilización del músculo liso uterino a la oxitocina y prostaglandina durante el parto y la luteólisis. También, se considera que los estrógenos pueden en parte ser responsables del reconocimiento endocrino de la gestación, ya que se ha podido determinar que al principio de la misma, el embrión es capaz de producir cantidades considerables de estrógenos (Bazer *et al.*, 1984).

El trabajo de Dieleman *et al.* (1986) demostró, que paralelamente al crecimiento de los folículos ováricos, se incrementaron los niveles de E₂ alcanzando los picos más elevados al inicio del estro, observándose una segunda liberación de estrógenos luego del celo. Estos investigadores también determinaron, que el pico de LH se presentó 4.6 horas después de iniciado el estro, con un descenso posterior en los niveles de E₂, lo que coincide con la desaparición de las manifestaciones de celo.

La P₄ es una hormona que pertenece al grupo de los esteroideos de 21 átomos de carbono, cuya estructura básica es el núcleo pregnano. Es producida por el Cl, la placenta y en algunas especies también se origina a nivel de glándulas adrenales (McDonald, 1983).

Esta hormona regula el ciclo estral en el ganado bovino a través de su acción sobre la secreción de gonadotropinas hipofisiarias. Durante el ciclo estral, las concentraciones de P_4 descienden después de la luteólisis, lo que provoca un incremento en la liberación de gonadotropinas y estrógenos, culminando estos eventos con el estro y la ovulación (Peters y Ball, 1987).

En el Cl se pueden distinguir dos tipos principales de células: las pequeñas que durante el ciclo estral y la preñez se forman a partir de la teca interna del ovario y las grandes que al inicio del ciclo estral provienen de la granulosa y luego de la teca (Hansel *et al.*, 1987).

La P_4 es producida por las células luteales, respondiendo las células pequeñas solamente a la estimulación de la LH y las células grandes al estímulo de la prostaglandina tipo E_2 (Schall *et al.*, 1986). Hansel *et al.* (1986) encontraron que al cultivar células luteales *in vitro*, las grandes eran responsables de producir la mayor parte de la P_4 .

Además de la P_4 hay evidencia de que el ovario produce oxitocina, la cual es secretada durante la fase luteal y en cantidades menores, en la etapa periovulatoria del ciclo estral (Walters *et al.*, 1984a y 1984b).

Pate (1987) concluye que la P_4 modula la síntesis de $PGF_{2\alpha}$ y sus metabolitos, sugiriendo al igual que Fields (1984), que durante la luteólisis existe una interacción de la P_4 y la oxitocina luteal, que regula la producción de prostaglandinas endógenas.

La P_4 actúa sinérgicamente con los estrógenos para estimular el crecimiento del epitelio glandular del útero y la ubre, la retención del óvulo en el oviducto y el transporte del cigoto hasta el cuerno uterino correspondiente. Evita además la contracción del músculo liso del útero, estimula las glándulas uterinas para la secreción del histotrofe (leche uterina), es indispensable para mantener la gestación e inhibe las manifestaciones del estro (Galina *et al.*, 1986).

Las concentraciones plasmáticas de P_4 , empiezan a aumentar a partir del tercer o cuarto día después del celo, alcanzando el nivel más alto entre los 8 y 16 días, para luego descender a niveles basales poco antes del siguiente estro (Peters y Lamming, 1983).

La involución del Cl conocida como regresión o luteólisis, provoca el descenso en los niveles sanguíneos de P_4 , ocasionando un aumento en la liberación de gonadotropinas. Estas últimas incrementan las concentraciones de estrógenos, siendo estos, responsables de la oleada de LH y las manifes

taciones de celo (Walters y Schallenberger, 1984b). Se ha demostrado que los cambios pulsátiles que ocurren en las concentraciones de P₄ durante la fase luteal, están directamente relacionados con los pulsos de gonadotropinas hipofisiarias (Walters *et al.*, 1984).

La cuantificación de P₄ previa a la IA, es de gran ayuda para obviar fallas en la detección del celo (Robert y Taylor, 1986; Junkkarinen, 1987). Los niveles plasmáticos de P₄ pueden también utilizarse para evaluar la presencia de tejido luteal funcional y dar seguimiento a la respuesta luteolítica de las prostaglandinas (Peters, 1984b; Boland *et al.*, 1986; Oyedipe *et al.*, 1986). Cantidades de P₄ superiores a 1 ng/ml, son indicativas de la presencia de un Cl funcional y susceptible de responder al efecto luteolítico de las PGF_{2α} exógenas (Moreno *et al.*, 1986 y Robert y Taylor, 1986).

El diagnóstico precoz de gestación se basa en la producción de P₄, ya que según Franco *et al.* (1987) al igual que otros investigadores (Pennington *et al.*, 1986; Peters, 1986; Robert y Taylor, 1986; Wilson *et al.*, 1986; Shemesh *et al.*, 1983; Vaca *et al.*, 1983), la vaca no preñada deja de producir esta hormona alrededor del día 18 del ciclo estral, mientras que en los animales preñados la producción es continua.

Franco *et al.* (1987), estiman un error del 20 por ciento o falsos positivos, en el diagnóstico de gestación precoz mediante la concentración de P₄ en leche, pudiendo atribuirse este a la mala obtención de la muestra, variación en el largo del ciclo estral y condiciones que prolongan la vida del Cl en ausencia de gestación. En este estudio se determinó, que la muerte embrionaria debida al diagnóstico de gestación por palpación rectal entre los 42 o 46 días y a los 90 días posteriores al servicio, fue de un 11.8 y 9.5 por ciento respectivamente, indicando que es más fácil ocasionar la muerte del embrión cuando la palpación rectal se realiza cercana al servicio.

La persistencia del cuerpo lúteo puede ocurrir, cuando hay muerte embrionaria temprana, piómetra, maceración o momificación fetal, aplasia segmentaria del útero y quistes luteales, como lo mencionan Ahmad Ijaz y Zemjanis (1987) y Franco *et al.* (1987).

Ott *et al.* (1986) al comparar las concentraciones de P₄ con el hallazgo del Cl a la palpación rectal en el ganado Cebú, encontraron que existían discrepancias en el 20 por ciento de los animales examinados. El 33 por ciento de los animales que al examen rectal no presentaron Cl, si tenían Cl funcional de acuerdo a los niveles de P₄. Estos métodos para determinar la presencia de Cl en animales Cebú, se relacionan

mejor en el trabajo de Vaca *et al.* (1983) manifestándose el mayor desacuerdo en los animales desechados a la palpación rectal por no tener Cl, en los cuales los niveles de P₄ revelaron lo contrario. El tamaño del Cl en el ganado *Bos indicus*, por sí solo no es un buen criterio para evaluar el desarrollo y capacidad funcional del mismo, como lo demuestra Pathiraja *et al.* (1986).

La inhibina es una hormona protéica producida a nivel de las gónadas, la cual ha sido aislada del contenido folicular de muchas especies, entre ellas la bovina (Dejong y Sharpe, 1976). Se cree, que esta hormona podría estar implicada en el desarrollo folicular ovárico, por lo que algunos autores la consideran como reguladora del crecimiento folicular (Soto *et al.*, 1982).

La inhibina y los estrógenos, cumplen una función sinérgica sobre la glándula pituitaria, controlando principalmente la secreción de FSH, sin excluir la posibilidad que afecte también la LH, jugando un papel importante en la regulación del ciclo estral (Downey, 1980). Sin embargo, Swenson (1984), opinan que la inhibina u otros factores no esteroides presentes en el fluido folicular, no ejercen un efecto importante sobre la secreción de LH.

La oxitocina es una hormona peptídica, producida en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, la cual se almacena en la neurohipófisis. Esta es producida simultáneamente con proteínas transportadoras, a las cuales se les llama neurofisinas, considerándose al complejo I/Oxitocina como la prehormona de la oxitocina (Galina *et al.*, 1986)

Las máximas concentraciones de oxitocina y P₄ en el plasma sanguíneo se presentan comunmente en la mitad del ciclo estral entre los días 8 y 13, declinando posteriormente hacia el final del mismo (Schallenberger *et al.*, 1984). Hansel y Dowd (1986), creen que la oxitocina detectada a la mitad del ciclo estral en la hembra bovina, es producida por células grandes derivadas de la granulosa, siendo esta hormona capaz de obstaculizar el desarrollo del Cl y la síntesis de P₄.

La función de la oxitocina es la de favorecer la contracción de la musculatura lisa uterina y las células mioepiteliales de la glándula mamaria, condicionando su acción sobre el aparato genital, a una sensibilización previa por parte de los estrógenos (McDonald, 1983).

Según Milvae y Hansel (1983), la oxitocina ayuda a dispersar las células luteales bovinas, teniendo un efecto mínimo sobre la síntesis de P₄, sugiriendo que la hormona no

ejerce una acción directa sobre la funcionalidad del Cl. En un estudio posterior, Hansel y Dowd (1986), indican que la oxitocina administrada tempranamente durante el ciclo estral (2^{do} al 6^{to} día) interfiere con el desarrollo normal del Cl, debido a la inhibición de los procesos luteotrópicos.

d.- Hormona Luteolítica

La prostaglandina $F_{2\alpha}$ es ampliamente conocida hoy en día, debido a que induce la regresión funcional y morfológica del Cl, siendo esta actividad un factor importante para el control del ciclo estral en bovinos. Las prostaglandinas son sustancias que se encuentran de manera natural en la mayoría de los tejidos, derivando su nombre en la creencia, de que estas provenían exclusivamente de la próstata. Posteriormente se comprobó, que la mayoría de ellas se originaban en la vesícula seminal (Swenson, 1984).

Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados de 20 carbonos, cuyo núcleo base proviene del ciclopentano, el cual posee dos cadenas laterales. Se designan funcional y estructuralmente en cuatro grupos A, B, E y F. Los numerales (1 o 2) determinan el número de dobles enlaces y las letras griegas α ó β la disposición espacial del grupo hidroxilo en el anillo.

La actividad de estos ácidos grasos se regula mediante un mecanismo local, ya que se producen y utilizan en el mismo tejido, excepción de las prostaglandinas producidas en el útero y que actúan a nivel ovárico. En primates, la producción de prostaglandinas luteolíticas, proviene en parte del mismo ovario (McCracken, 1984).

En general las prostaglandinas funcionan contrayendo y relajando la musculatura lisa, principalmente en los aparatos digestivo, respiratorio, reproductor y vascular. Estas se relacionan con el proceso del parto, la luteólisis, la liberación de hormonas pituitarias, la presión y coagulación sanguínea, la lipólisis, la función renal y respiratoria, la motilidad del útero y oviducto, y la ovulación, afectando indirectamente al óvulo y espermatozoides (McDonald, 1983; Galina *et al.*, 1986). La supresión en la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ al final de la fase luteal y las concentraciones altas de P_4 , son las primeras señales de persistencia del Cl, pudiendo ser indicativas de una gestación incipiente (Bazer *et al.*, 1984).

La $\text{PGF}_{2\alpha}$ es secretada en forma natural por el útero como hormona luteolítica, causando la regresión del Cl y deteniendo la secreción de P_4 al final del ciclo estral en vacas no preñadas; esto ocurre aproximadamente 17 días después de la ovulación. La aplicación de homólogos o análogos exógenos de las prostaglandinas, causan la lisis prematura del Cl,

cuando son utilizadas entre los días 5 y 17 del ciclo estral normal.

Según McCracken (1984), los estrógenos inducen la formación de receptores endometriales para la oxitocina, lo cual provocó la secreción de $\text{PGF}_{2\alpha}$. Es así como durante la fase luteal la P_4 inhibe la secreción de estrógenos, a través del bloqueo de receptores uterinos.

Hansel y Dowd (1986), observaron que la administración de dosis luteolíticas de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en vacas el día 12 del ciclo estral, causaba la inmediata liberación de oxitocina del Cl, declinando los niveles 3 a 5 horas después. Por el contrario, la aplicación de oxitocina producía la liberación de grandes cantidades de $\text{PGF}_{2\alpha}$, lo cual se pudo detectar en el plasma proveniente de la vena uterina.

En rumiantes, la prostaglandina secretada por el útero pasa a la vena útero-ovárica, existiendo un mecanismo de contracorriente entre la vena útero-ovárica y la arteria ovárica, llegando directamente al ovario sin pasar a través del lecho vascular del pulmón que la degrada de manera rápida (McCracken, 1984).

La luteólisis y manifestaciones de celo son más efectivas, cuando se aplica la $PGF_{2\alpha}$ entre los días 10 y 17 del ciclo estral. Sin embargo, cuando se utiliza antes del día 10, los animales tratados presentan el celo unas 12 horas antes, observándose menos dispersión en la respuesta (Cornwell *et al.*, 1985 y Kiracofe, 1988).

El mecanismo por el cual la $PGF_{2\alpha}$ causa la luteólisis, no es totalmente conocido. Según Peters y Ball (1987) lo más probable es que esta actúe inhibiendo el sistema enzimático de la adenilciclase a nivel de las células de la teca y la granulosa.

B.- Perfiles de Progesterona

Los métodos disponibles hoy en día para la cuantificación de P_4 , son el radioinmunoanálisis (RIA) y el enzimoimmunoanálisis (EIA), fundamentándose ambas pruebas en una reacción antígeno-anticuerpo de desplazamiento competitivo. En el RIA el antígeno trazador es la P_4 , marcada con un isótopo radioactivo, el Yodo 125 (Abrahams *et al.*, 1971). En el EIA, el trazador es la P_4 marcada con una enzima, la cual reacciona con un sustrato específico (Clark y Bierschwal, 1986; Van De Wiel y Koops, 1986 y Wimpy *et al.*, 1986).

1.- En Ganado *Bos indicus*

En el ganado Cebú, los niveles de P₄ en plasma se incrementan a partir del día 4 después del estro, hasta alcanzar niveles máximos entre los días 10 y 13 del ciclo estral. Seguidamente, se inicia el descenso gradual alrededor del día 16, hasta llegar a niveles basales al día 18 (Oyedipe *et al.*, 1986 y Vaca *et al.*, 1983).

Adeyemo (1980), encontró que los niveles promedio de P₄ entre los días 9 y 12 del ciclo estral, son de 4.5 ± 0.13 ng/ml en animales africanos de raza Fulani blanco (Cebú). Oyedipe *et al.* (1986), observaron que en el día 16 posterior a la IA a celo observado, los valores de P₄ en ganado Cebú Bunaji son generalmente más altos en los animales gestantes que en los no preñados. Estos investigadores observaron además que los niveles de P₄ se incrementan más en animales sincronizados con PGF₂ α , independientemente de que queden o no preñados.

Bajo condiciones de trópico húmedo en México, Vaca *et al.* (1983) determinaron que en animales Indobrasil, los niveles de P₄ en suero sanguíneo eran menores a 0.5 ng/ml entre los días 0 y 4 del celo, incrementándose hasta alcanzar niveles máximos de 3.1 ng/ml entre los días 9 y 10, descendiendo a menos de 0.5 ng/ml hacia el día 18 del ciclo estral.

En Venezuela Díaz *et al.* (1986), encontraron que los niveles de P₄ en animales Brahman y tipo Carora, fueron de 0.5 ± 0.03 y 0.5 ± 0.1 ng/ml el día del celo y de 10.1 ± 1.6 y 13.1 ± 1.4 ng/ml a los 13 días del ciclo estral, respectivamente. Mientras que en Texas, Randel (1980), encontró que en el ganado Brahman los niveles de P₄ eran de 1.0 ± 0.3 el día 2 del ciclo estral y de 4.8 ± 1.9 ng/ml el día 11 del mismo.

2.- En Ganado *Bos taurus*

En animales Pardo Suizo y Holstein Friezan mantenidos bajo condiciones tropicales, los niveles de P₄ entre el día 9 y 12 del ciclo estral, fueron de 5.0 ± 0.17 y 5.2 ± 0.14 ng/ml, respectivamente (Adeyemo, 1980). En Venezuela Díaz *et al.* (1986), encontraron en hembras Holstein que los niveles de P₄ el día del estro eran de 0.6 ± 0.1 ng/ml, alcanzando niveles máximos de 6.6 ± 2.1 ng/ml el día 13 del ciclo estral.

Trabajos realizados por Randel (1980), en Texas determinaron niveles de P₄ en animales Hereford y Hereford x Brahman de 1.4 ± 0.3 y 0.7 ± 0.2 ng/ml dos días después del celo, alcanzando niveles de 7.0 ± 2.4 y 3.7 ± 0.6 ng/ml a los 11 días del ciclo estral, en ambos grupos experimentales respectivamente.

La concentración promedio de P₄, 28 horas después de la detección de celo en animales Taurindicus (3/4 Holstein y 1/4 Cebú), fue de 0.3 ± 0.1 ng/ml. El nivel máximo de esta hormona durante la fase luteal, fue de 2.5 ± 0.7 ng/ml el día 15 del ciclo estral (Balakrishnan, 1986).

C.- Respuesta Luteolítica

La luteólisis es la destrucción del Cl presente en el ovario, la cual antecede a las manifestaciones de celo y marca el inicio de un nuevo ciclo estral.

Boland *et al.* (1986) encontraron que el uso del fenprostaleno* (análogo de la PGF_{2α}) aplicado por vía subcutánea, produjo luteólisis en novillas Hereford superovuladas. Sin embargo en este estudio, los animales con niveles elevados de P₄, respondieron pobremente a la sincronización de celo, lo cuál también fue observado por Goto *et al.* (1987).

Investigaciones realizadas en el trópico mexicano revelaron, que la utilización de PGF_{2α} aplicada por vía intramuscular provocó luteólisis efectiva en ganado Indobrasil, siendo poco evidentes las manifestaciones de celo en los animales tratados. En este trabajo también se determinó, que los niveles de P₄ descendieron hasta en un 50 por ciento a las 6 horas del tratamiento y a menos de 1 ng/ml, 20

* Sincrocept B de la casa Sintex, fabricada en Méx.

horas después del mismo (Moreno *et al.*, 1986).

En animales *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces, si se aplica la $PGF_{2\alpha}$ a los 7, 10, 14 y 18 días de observado el celo, se obtienen respuestas luteolíticas del 50, 67, 100 y 100 por ciento, respectivamente (Cornwell *et al.*, 1984). Con la doble inyección de prostaglandina aplicada a intervalos de 24 horas, utilizando dosis completas o fraccionadas durante la fase luteal, se sincroniza mejor el estro en grupos bovinos, lo cual hace más eficiente la IA a hora fija (Fields *et al.*, 1987).

Kiracof (1988) menciona que los fracasos observados en la sincronización o respuesta luteolítica se deben a que el cuerpo lúteo no regresa; regresa lentamente y no se presenta el celo dentro de los 5 días posteriores al tratamiento, y finalmente a que el proceso de luteólisis es completo, pero el celo no se presenta. En algunos casos se ha detectado el fenómeno de la luteólisis incompleta, mediante la determinación de los niveles de P_4 (Cornwell *et al.*, 1985; Peters, 1980 y 1984).

No existe hasta el presente, una explicación clara del por qué las fallas luteolíticas. Sin embargo, algunos autores como Peters y Ball (1987) las atribuyen a que el Cl se encuentra en una fase no apropiada del ciclo estral; a que

el tratamiento se realiza al inicio de la fase luteal y finalmente, a que la técnica, incluyendo el sitio de la inyección, es incorrecta, pudiendo depositarse el producto en tejido graso o ligamentoso, lo que dificulta su absorción. Los autores también estiman, que las preparaciones comerciales de $\text{PGF}_{2\alpha}$, tienen una vida media corta.

Kiracofe (1988) considera que no son buenas candidatas para sincronizar, las hembras que tienen menos de 40 días posparto; las que presentan mala condición corporal; los animales que han presentado problemas al parto y los prepúberes; las hembras que poseen ovarios estáticos y tracto reproductivo pequeño y los animales bajo un plan nutricional deficiente.

D.- Sincronización del Estro

La sincronización tiene como propósito agrupar los celos, para concentrar el servicio y la concepción. Son varias las ventajas que pueden mencionarse para justificar la investigación y el uso de la sincronización del estro. Entre ellas podemos citar, la posibilidad de inducir en un grupo de vacas el estro en un período determinado, la IA a hora fija y la planificación de otras técnicas reproductivas como el transplante de embriones, la reducción del período de empadre y preñes temprana durante el período de monta. La técnica en general, hace más accesible la IA, cuando no es posible efectuarla en forma convencional.

Para la sincronización de celo, se pueden utilizar las prostaglandinas y sus análogos para acortar el ciclo estral, los progestágenos que actúan alargándolo, o combinaciones de estrógenos-progestágenos y prostaglandinas. Con las prostaglandinas o sus análogos, el celo se presenta entre las 70 y 120 horas después de aplicadas, y con los progestágenos, cuando se interrumpe la administración de los mismos (Beal et al., 1986).

Kiracof (1988) menciona que para la sincronización del estro en ganado de carne con prostaglandinas, se han utilizado cuatro sistemas:

- 1.- La IA a celo observado por 5 días y al 6^{to}, se aplica $\text{PGF}_{2\alpha}$ a todos los animales no inseminados. Si en estos primeros 5 días se inseminan del 25 al 30 porciento de los animales, la mayoría del hato puede estar ciclando, esperándose una buena respuesta a la sincronización.
- 2.- Una inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ al inicio del periodo de monta, esperando que se presente el estro durante los 5 días subsiguientes al tratamiento en un 75 porciento de los animales.
- 3.- Dos aplicaciones de $\text{PGF}_{2\alpha}$ con un intervalo de 11 días, inseminando durante 5 días después de la segunda inyección, todos los animales que entren en celo.

4.- Aplicar la primera $PGF_{2\alpha}$ e inseminar todos los animales que presenten celo, repitiendo el tratamiento a los 11 días, en las hembras que no fueron inseminadas a la primera aplicación de prostaglandina.

En razas cebuínas, es más conveniente seleccionar animales para la inseminación con base en niveles de P_4 antes de utilizar $PGF_{2\alpha}$, como lo demuestran los trabajos de Pathiraja *et al.* (1986); Ott *et al.* (1986); Vaca *et al.* (1983); Moreno *et al.* (1986) y Oyedipe *et al.* (1986).

La sincronización de celo, puede tener diferentes efectos sobre las hembras Brahman, con respecto a las *Bos taurus*, debido a diferencias reproductivas endocrinas (Randel *et al.*, 1984). En trabajos realizados por Hardin *et al.* (1980) en hembras cruzadas con Brahman, la respuesta a la sincronización del estro fue pobre usando cloprostenol (análogo sintético de la $PGF_{2\alpha}$) en comparación a la obtenida en el grupo de hembras de raza europea.

E.- Manifestaciones de Celo

La vacas pueden mostrar celo, dentro de un rango de tiempo variable después de la aplicación de $PGF_{2\alpha}$. Esto depende de una serie de factores tales como la presencia del toro, si están en corral o en pastoreo, tamaño del rebaño, edad de los animales e integración social del grupo (Galina *et al.*, 1987 y Kiracof, 1988).

Stevenson *et al.* (1984) estiman que el período del ciclo estral, ejerce una mayor influencia en el intervalo y manifestaciones de celo al utilizar $\text{PGF}_{2\alpha}$, que la estación del año, pudiendo alterarse la fertilidad al momento de la IA. Estas diferencias en las características del estro, pueden atribuirse a cambios hormonales en relación con el fotoperíodo y la temperatura ambiente.

Las diferencias encontradas en las manifestaciones de celo en animales tratados y sin tratar con $\text{PGF}_{2\alpha}$, son difíciles de interpretar. El mayor problema, son los celos silentes y los calores falsos (Turner *et al.* 1986; Orihuela *et al.*, 1983 y Lokhadande *et al.*, 1983).

En un trabajo realizado por Rentfrow *et al.* (1986) en el cual se implantaron novillas Brahman con Syncro-Mate-B ($\text{P}_4 + \text{E}_2$), el estro se manifestó en los animales a las 72 horas después de retirado el implante. Esto demuestra que el método es más efectivo para evidenciar las manifestaciones de celo, aunque las tasas de preñez fueron más bajas que al usar la prostaglandina de manera convencional.

Adeyemo (1987) realizó en Africa un trabajo con novillas *Bos indicus* y *Bos taurus* adaptadas al trópico, en el cual se cuantificaron los niveles de P_4 antes y después del tratamiento con prostaglandina. Los resultados indican, que las

condiciones ambientales tropicales no afectan la respuesta ovárica ni la efectividad de la $\text{PGF}_{2\alpha}$, en la sincronización del estro .

F.- Inseminación Artificial y Tasas de Preñez

La IA cada día se incrementa más en ganaderías de carne; sin embargo, los sistemas de manejo semiextensivos y el nivel socioeconómico predominante en los países de la región, limitan la utilización de esta tecnología. La IA tiene como objetivo principal el mejoramiento genético de la población animal, ofreciendo grandes ventajas al ganadero. Pero la dificultad en la detección de celos y la necesidad de contar con personal calificado, son los principales obstáculos para su implementación y continuidad (Peters y Ball, 1987).

Según indica Stevenson *et al.* (1984) para obtener mejores resultados con la IA en animales *Bos taurus*, al utilizar prostaglandinas, se debe tener presente que si el celo se manifiesta antes de las 50 horas posteriores a la inyección, es mejor hacer la IA antes de las 80 horas. Si el celo es observado luego de este tiempo, entonces, los animales pueden inseminarse a las 80 horas. En ausencia de estro, se recomienda inseminar entre las 72 y 82 horas.

Peters (1986) concluye que en razas europeas la tasa de fertilidad con el uso de la IA a celo observado, es 20 por-

ciento más baja en vacas adultas que en novillas. Esto sugiere, que el fenómeno puede deberse a una mayor irregularidad en el ciclo estral en vacas adultas y a un descenso en la fertilidad, cuando se utiliza la IA a hora fija en combinación con las PGF_{2α}.

Rentfrow *et al.* (1986) sugiere que al utilizar el Syncro-Mate-B en novillas Brahman, se debe adelantar la IA ya que el pico de LH se presenta 4.8 horas antes que en las no tratadas, afectándose la función folicular y el momento de la ovulación. Estos autores explican de esta manera los bajos índices de concepción (18.0 por ciento versus 72.7 por ciento) y cuestionan la efectividad del método A.M.-P.M. de IA, cuando se sincroniza el celo con este producto.

En un trabajo realizado por Peters (1984) este autor encontró que el pico preovulatorio de LH, ocurre unas 24 horas antes de la ovulación. Si esta última ocurre entre las 95 y 118 horas, se recomienda la IA a hora fija entre las 72 y 96 horas después de aplicada la PGF_{2α}.

Fogwell *et al.* (1986) compararon las tasas de concepción a nivel de campo, en vacas con celos sincronizados con una o dos inyecciones de prostaglandina. Estos autores encontraron un 62.8 y 39.1 por ciento de preñez, en los animales inseminados 12 horas después del celo observado y a las 80 horas de aplicado el producto, respectivamente.

En el trabajo de Turner *et al.* (1987) en animales Angus tratados con PGF_{2α}, cloprostenol sódico, fenprostaleno y un placebo para el grupo tésigo, se obtuvieron las siguientes tasas de concepción: 51.1, 43.6, 31.4 y 32.3 por ciento respectivamente.

Varios investigadores han encontrado que con el regimen "2 + 2" (doble inyección de PGF_{2α} y doble IA) se alcanza una fertilidad en ganado *Bos taurus* del orden del 50 al 69 por ciento, cuando se insemina a las 72 y 96 horas después de la 2^{da} aplicación de PGF_{2α}. Esta tasa de concepción es cercana a la obtenida con la IA a celo natural (Plunkett *et al.*, 1984; Wilson *et al.*, 1986; Peters, 1986 y Fogwell *et al.*, 1986).

En el trabajo realizado por Higgins *et al.* (1986) se vislumbran posibilidades interesantes para la IA a hora fija, utilizando una dosis de P₄ cinco días antes de la aplicación de PGF_{2α}. En este experimento se encontró uniformidad en sincronización de celo y altas tasas de fertilidad.

Para concluir se puede afirmar, que se ha invertido una cantidad considerable de recursos y esfuerzos para lograr el desarrollo de sistemas efectivos de sincronización de celo. Sin embargo, quedan por resolver muchas interrogantes que permitan, diseñar esquemas prácticos y eficientes de sincro-

nización de celo e IA, que cuales garanticen tasas de concepción elevadas, sobretodo en animales cebuinos y sus cruces con razas europeas.

III.- MATERIALES Y METODOS

A.- Localización

El presente estudio se llevo a cabo en el laboratorio de reproducción y la finca experimental del Area de Ganadería Tropical del CATIE, situados en Turrialba a $9^{\circ}53'$ latitud norte y longitud $80^{\circ}38'$, en zona tropical húmeda y a una altura de 602 m.s.n.m.. La temperatura media mensual es de 21.5°C , con variaciones que van desde 18.0° a 26.4°C . El promedio de precipitación pluvial anual es de 2631.7 mm., los que se distribuyen casi uniformemente durante todo el año. La humedad relativa diaria es de 87.6 por ciento, según datos meteorológicos de la estación del CATIE, durante los últimos 19 años.

Al no contar la finca experimental del CATIE con un hato Brahman, se optó por realizar parte del trabajo en la Finca Experimental del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) localizada en Santa Clara, Cantón de San Carlos, Provincia de Alajuela. Según los datos suministrados por la estación meteorológica del ITCR, Santa Clara, San Carlos, en esta zona la precipitación pluvial anual es de 3342 mm., la temperatura promedio mensual de 27.3°C , la altitud de 172 m.s.n.m., y la humedad relativa diaria de 85.3 por ciento.

B.- Material Biológico

En este estudio se utilizarón 36 animales distribuidos en 3 grupos según raza y localización, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente quedando integrados de la siguiente manera:

Grupo I: ubicado en la Finca Experimental del CATIE y compuesto por 12 animales Romosinuano, entre los cuales habían 2 vacas de 3 años, un parto y con un peso promedio de 352.5 kgs y 10 novillas de 2 años, con un peso promedio de 302.4 kgs.

Grupo 2: localizado también en la finca experimental del CATIE, formado por 12 animales Romosinuano x Brahman, entre los que figuraban 2 vacas de 4 años, 2 partos y peso un promedio de 448.0 kgs, 3 vacas de 3 años, un parto y peso promedio de 411.0 kgs, 7 novillas de 2 años y con peso promedio de 386.7 kgs.

Grupo 3: localizado en la Finca de Ganado de carne del ITCR, constituido por 14 novillas Brahman, con edad y peso promedio de 2 años y 320.0 kgs, respectivamente.

Los Grupos I y II estaban sometidos a las mismas condiciones de manejo, sanidad, suplementación de sales minerales y pastoreo, en praderas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). El general el manejo del Grupo III fue muy similar al de los Grupos I y II, excepto que se encontraba en un medio ambiente un tanto diferente. Un mes antes de ini-

ciar los experimentos, se juntaron los grupos I y II para manejarlos como uno solo. El III se formo ocho meses antes, como parte de un estudio de pubertad, con base a los niveles de P4 y palpación rectal. Al formar todos los Grupos se consideró el tiempo de adaptación e integración social.

C.- Material de Laboratorio

Se utilizaron agujas N° 18 x 4 cms, porta agujas cilindricos, tubos al vacio de 10 ml con ácido étilen diámino tetra acético (EDTA) sal disódica, pipetas pasteur, una centrifuga portátil y un Vortex.

Para el Radioinmunoanálisis (RIA) se utilizó un contador gamma marca Mini-Instruments LTD modelo Mini-Assay type 6-20. Los "kits" de P4 eran de la marca Diagnostic Products Corporation (DPC) y fueron suministrados por la FAO/OIEA, al igual que la hormona marcada radioactivamente con Yodo 125.

D.- Metodologia

La metodologia desarrollada para lograr los objetivos fijados fue la siguiente:

1.- Cuantificación de Progesterona

Para la cuantificación de P4 se procedió secuencialmente, de la siguiente manera:

a.- Toma de muestras: se obtubieron de cada animal 8 ml de

sangre de la vena yugular, en tubos al vacío con EDTA como anticoagulante. Los tubos con sangre fueron identificados y colocados en una nevera con hielo (a 4°C aproximadamente), para su traslado al laboratorio.

La obtención de plasma a partir de las muestras de sangre, se logró mediante centrifugación a 1000 x g durante 15 minutos, transcurriendo menos de 2 horas entre la toma de esta y la separación del plasma. El plasma se separó de paquete globular, mediante una pipeta pasteur, pasándolo posteriormente a recipientes plásticos de 10 ml, con la identificación previa del animal, fecha y número de muestra.

b.- Manejo de las muestras: una vez separadas las muestras de plasma, estas fueron congeladas y mantenidas a -20°C, para la cuantificación posterior de P₄ por medio de RIA.

c.- Radioinmunoanálisis de Progesterona: las muestras se descongelaron a temperatura ambiente (19°C), llevándose a cabo la cuantificación hormonal mediante el método de radioinmunoensayo de fase sólida, descrito por Abrahams (1971) para P₄ plasmática.

2.- Perfiles de Progesterona

De cada uno de los animales que conformaron los grupos I y II se tomaron muestras de sangre entre las 6 y 7 horas,

cada 2 días, consecutivamente hasta completar 25 muestras por animal en cada grupo, con el propósito de caracterizar un ciclo estral completo.

a.- Analisis Estadístico: debido a la variación en la longitud del ciclo estral, en los animales que integraban cada grupo racial, se optó por estandarizar la duración de estos de acuerdo a la frecuencia o distribución modal observada en cada uno. Para esto fue necesario desechar los ciclos estrales que estaban por debajo de la moda y los que la rebasaban, se ajustarán en forma tal que la máxima producción de P_4 se mantuviera en el nivel y día de observación.

Los datos generados se ajustaron mediante una regresión polinomial de 5^{to} grado, para obtener las curvas de P_4 en cada grupo racial, considerando el momento de la detección de celo como día 0. Para comparar las etapas del cuerpo lúteo, se utilizó una regresión Gamma que se dividió en una porción positiva que va desde el día 1 hasta el día del ciclo estral en que se presentó el nivel máximo de P_4 , y otra porción negativa que fue desde el día en el cual se alcanzó el nivel máximo de P_4 , hasta el día del próximo celo. Para utilizar el modelo de regresión Gamma que fue la que logró el mejor ajuste de datos, fue necesario tomar como día 1 el día del celo, ya que el modelo trabaja con logaritmos naturales y el logaritmo de 0 no existe.

En vista de que había variación en cuanto a la edad y peso corporal de los animales en ambos grupos, estos se incluyeron dentro del modelo estadístico, para probar los efectos e interacciones en relación a los niveles de P₄. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \delta_{1i}X^{(1)}_{ij} + \delta_{2i}X^{(2)}_{ij} + E_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = nivel de P₄ observado en el j-ésimo animal de la i-ésima raza.

μ = la media general

T_i = efecto del i-ésimo grupo racial

$X^{(1)}_{ij}$ = covariable asociada a edad

$X^{(2)}_{ij}$ = covariable asociada a peso

E_{ij} = error experimental

Se utilizó una prueba "F" para comparar los niveles de P₄ en ambos grupos raciales (I y II).

3.- Respuesta Luteolítica

La respuesta luteolítica fue evaluada en los 3 grupos experimentales. Previo al tratamiento con PGF_{2α}, las vacas y novillas fueron sometidas a un examen clínico reproductivo para determinar el estado de los órganos genitales internos y la funcionalidad ovárica. Además de la palpación rectal, se

determinó mediante un EIA cualitativo específico para P_4^* , la presencia de tejido luteal funcional antes de la aplicación de la $PGF_{2\alpha}$.

El efecto luteolítico se estudió mediante la inyección de un análogo de la $PGF_{2\alpha}$, cuyo principio activo es el fenprostaleno. La aplicación de este producto se hizo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, administrando en cada animal de los grupos I y II, 2 ml del producto por vía subcutánea en la región costal (1 mg del principio activo), repitiendo la misma dosis 11 días después de la primera. Esto con el propósito de tener una sincronización del 100 por ciento, a la segunda aplicación de prostaglandina. En el Grupo III se utilizó el mismo producto, esquema, igual dosis y vía de administración, excepto que la aplicación fue realizada en la tabla del cuello.

Para evaluar específicamente la respuesta luteolítica en los diferentes grupos raciales incluidos en el estudio, se obtuvieron muestras de plasma sanguíneo de cada animal en el momento de la segunda aplicación de prostaglandina y durante las 12, 24, 48, 72, y 96 horas subsiguientes.

a.- Análisis Estadístico: Se ajustó un modelo de regresión Gamma, para obtener las curvas de P_4 referentes a la res-

* Cambridge Labs., Inglaterra.

puesta luteolítica en los grupos raciales I y II. El grupo III por encontrarse en otro lugar geográfico, se estudio separadamente y en forma similar a los Grupos I y II.

4.- Celo e Inseminación Artificial

Los animales se identificaron con números arábigos grandes colocados en ambos costados. A partir de las 48 horas posteriores a la segunda aplicación de prostaglandina, estos, se observaron continuamente durante 48 horas para determinar el comportamiento, relacionando este con la respuesta luteolítica. De las 96 a las 144 horas, los animales se observaron 3 veces al día (6.0, 12.0 y 17.0 horas) durante 30 minutos, con el fin de detectar aquellos que se retrazaron en las manifestaciones de celo.

A las 72 y 96 horas de aplicada la segunda inyección de PGF_{2α}, se procedió a la IA de los animales con semen congelado, proveniente de sementales Romosinuano. La preñez en los grupos experimentales se determinó durante las etapas iniciales de la gestación, a través de niveles de P₄ cuantificados por RIA en muestras de plasma sanguíneo, obtenidas a los 15, 18, 21, 24, y 27 días después de la primera inseminación. La confirmación de la preñez en los grupos experimentales, se determinó mediante palpación rectal 60 días después de la IA.

Con base a los niveles de P_4 y el resultado de la palpación rectal a los 90 días posteriores a la inseminación, se obtuvo el porcentaje de preñez en los grupos I, II y III.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSION

A.- Perfiles de Progesterona

1.- En el Grupo I.

Los promedios ajustados y no ajustados de los niveles plasmáticos de P₄ durante el ciclo estral en animales Romosinuano, se presentan en el cuadro 1. Los datos fueron ajustados mediante una regresión, que arrojó la siguiente ecuación: $Y = -0.014819 + 0.539063X - 0.227986X^2 + 0.044450X^3 - 0.002814X^4 + 0.000055135X^5$, en donde Y representa el nivel de P₄ en relación al día del ciclo estral (X), el coeficiente de determinación (R²) fue igual a 0.80 y las repeticiones utilizadas (n) fueron 10 con 12 observaciones cada una.

Los niveles de hormonales, presentaron una variación cuantitativa en función de la etapa del ciclo estral. Los valores de P₄ obtenidos por regresión fueron de 0.1 ng/ml para el día del celo, con una producción máxima de 6.4 ng/ml el día 14, y de 0.2 ng/ml al día 22, coincidiendo con el siguiente celo.

Las cantidades P₄ observadas durante el celo y los dos primeros días después de éste, son similares a los encontrados por Kasama y Hansel (1970); Hansel y Snook (1970); Snook *et al.* (1971); Robertson (1972); Echterkamp y Hansel (1973); Adeyemo y Heath (1980) y Adeyemo (1987) en razas europeas.

Valores superiores a 0.5 ng/ml se encontraron en los trabajos de Plotka *et al.* (1967); Henricks *et al.* (1970, 1971); Garverick *et al.* (1971); Snook *et al.* (1971); Jimenez *et al.* (1985); Mascarenhas *et al.* (1986); y Diaz *et al.* (1986).

Cuadro 1. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) Durante el Ciclo Estral en Hembras Romosinuano (Grupo I).

Día del Ciclo	Ajustado	No Ajustado \pm SD	Rango
0 Celo	0.1	0.1 \pm 0.06	0.1 a 0.2
2	0.5	0.2 \pm 0.08	0.1 a 0.3
4	0.7	0.5 \pm 0.30	0.2 a 1.0
6	1.4	1.9 \pm 1.42	0.7 a 4.8
8	2.7	3.0 \pm 1.16	1.9 a 5.1
10	4.4	4.2 \pm 1.32	2.9 a 6.8
12	5.8	5.3 \pm 1.51	4.1 a 8.6
14	6.4	6.3 \pm 1.77	4.3 a 9.1
16	5.7	6.0 \pm 1.82	4.4 a 10.5
18	3.8	4.8 \pm 1.49	2.6 a 7.6
20	1.4	0.3 \pm 0.14	0.2 a 0.6
22 Celo	0.2	0.1 \pm 0.05	0.1 a 0.2

El valor más alto de P₄ (6.4 ng/ml) encontrado el día 14 del ciclo, concuerda con los resultados obtenidos por Christensen *et al.* (1974) en vacas Angus y Robertson (1972) en hembras Holstein. Sin embargo, otros autores han encontrado niveles más altos en Angus, Hereford y sus cruces (Henricks

et al., 1971 y *Wise et al.*, 1982); en hembras Holstein (*Plotka et al.*, 1967 y *Garverick et al.*, 1971); en vacas Brahman (*Rutter y Randel*, 1984); y en la razas Aletejano y Mirandes (*Mascarenhas et al.*, 1986).

Randel (1980) encontró en novillas Hereford, Brahman y sus cruces, que la mayoría de animales presentaban niveles máximos de P_4 que raramente sobrepasaban los 4.0 ng/ml. Sin embargo, otros investigadores han encontrado niveles mayores a los que se obtubieron en este grupo (*Hansel y Snook*, 1970; *Kazama y Hansel*, 1970; *Sprague et al.*, 1971; *Snook et al.*, 1971; *Echternkamp y Hansel*, 1973; *Adeyemo y Heath*, 1980; *Jimenez et al.*, 1985; *Dias et al.*, 1986; *Dieleman et al.*, 1986 y *Adeyemo et al.*, 1987).

En general estos animales mostraron un comportamiento cíclico parecido y con una tendencia a incrementar la producción de P_4 a partir del 4^{to} día del ciclo estral, alcanzando la máxima producción entre los días 14 y 18, para luego declinar a niveles basales y presentar el nuevo celo a los 22 días.

Estas tendencias son iguales a las observadas para razas *Bos taurus* por otros autores (*Snook et al.*, 1971; *Garverick et al.*, 1971; *Henricks et al.*, 1971; *Sprague et al.*, 1971;

Robertson, 1972; Echternkamp y Hansel, 1973; Christensen *et al.*, 1974; Jimenez *et al.*, 1985 y Díaz *et al.*, 1986, difiriendo sin embargo, de los datos publicados por Adeyemo y Heath (1980); Randel (1980) y Adeyemo *et al.* (1987) en ganado de carne, quienes observaron la máxima producción de P₄ entre los días 9 y 12 del ciclo estral, debiéndose esto posiblemente, a que la longitud de los ciclos estrales fue menor a 22 días.

Para estudiar el ascenso de la curva se utilizó un modelo de regresión Gamma, el cual dió el mejor ajuste y generó la siguiente ecuación:

$Y = 2.718281828(-2.553 + 0.211X + 0.578(\ln X))$, en donde Y representa el nivel de P₄ en relación al día del ciclo estral (X), n = 10 y R² = 0.86.

En la Fig. 1 se muestra un incremento diario de P₄ de 0.62 ng/ml desde el día 1 del ciclo estral hasta el día 15. Sin embargo, si analizamos el segmento comprendido entre los días 7 y 15, el incremento resulta de 1.0 ng/ml/día. En razas europeas se han obtenido resultados similares (Echternkamp y Hansel, 1973; Randel, 1980 y Díaz *et al.*, 1986).

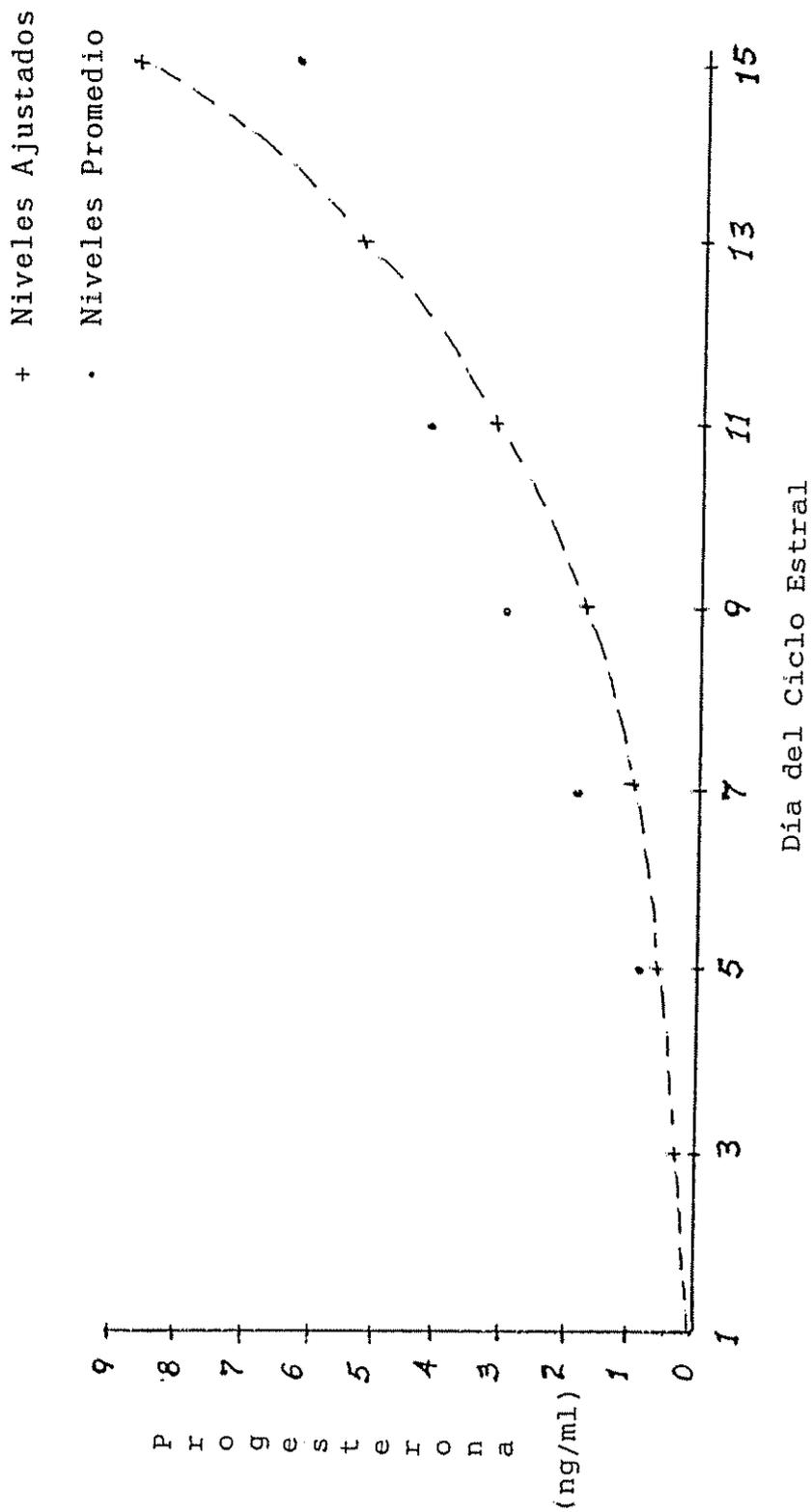


Fig. 1. Niveles Ajustados y Promedios de Progesterona (ng/ml) desde el Celso hasta el día 15 del Ciclo Estral en Hembras Romosinuano.

Utilizando el modelo de regresión Gamma para analizar el descenso observado en la producción de P₄, se obtuvo la siguiente ecuación:

$Y = 2.718281828(-83.848 - 3.136X + 48.028(\ln X))$, $n=10$ y $R^2=0.89$, que permitió generar la Fig. 2, donde se puede apreciar la pérdida de capacidad funcional del Cl, siendo este período relativamente corto si se compara con la etapa de crecimiento del tejido luteal (Fig. 1). La disminución de los niveles de P₄ desde el día 17 hasta el 23 del ciclo, es de 0.80 ng/ml diarios, lo que es similar, a lo encontrado en razas *Bos taurus* (Snook *et al.*, 1971; Echternkamp y Hansel, 1973; Wise *et al.*, 1982 y Díaz *et al.*, 1986).

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), en las concentraciones de progesterona total durante el ciclo estral, entre las hembras que formaban este grupo racial (Grupo I), como se aprecia en el análisis de varianza (Cuadro 9A). Esto indica, que la producción de esta hormona varía individualmente en cada animal, aspecto este también observado por Díaz *et al.* (1986).

La duración promedio del ciclo estral para el grupo I fue de 22.4 ± 1.3 días, con un rango entre 22 y 26 días. Resultados similares han sido publicados por otros autores para razas europeas de carne (Donalson *et al.*, 1970; Henricks *et al.*, 1971 y Cristensen *et al.*, 1976).

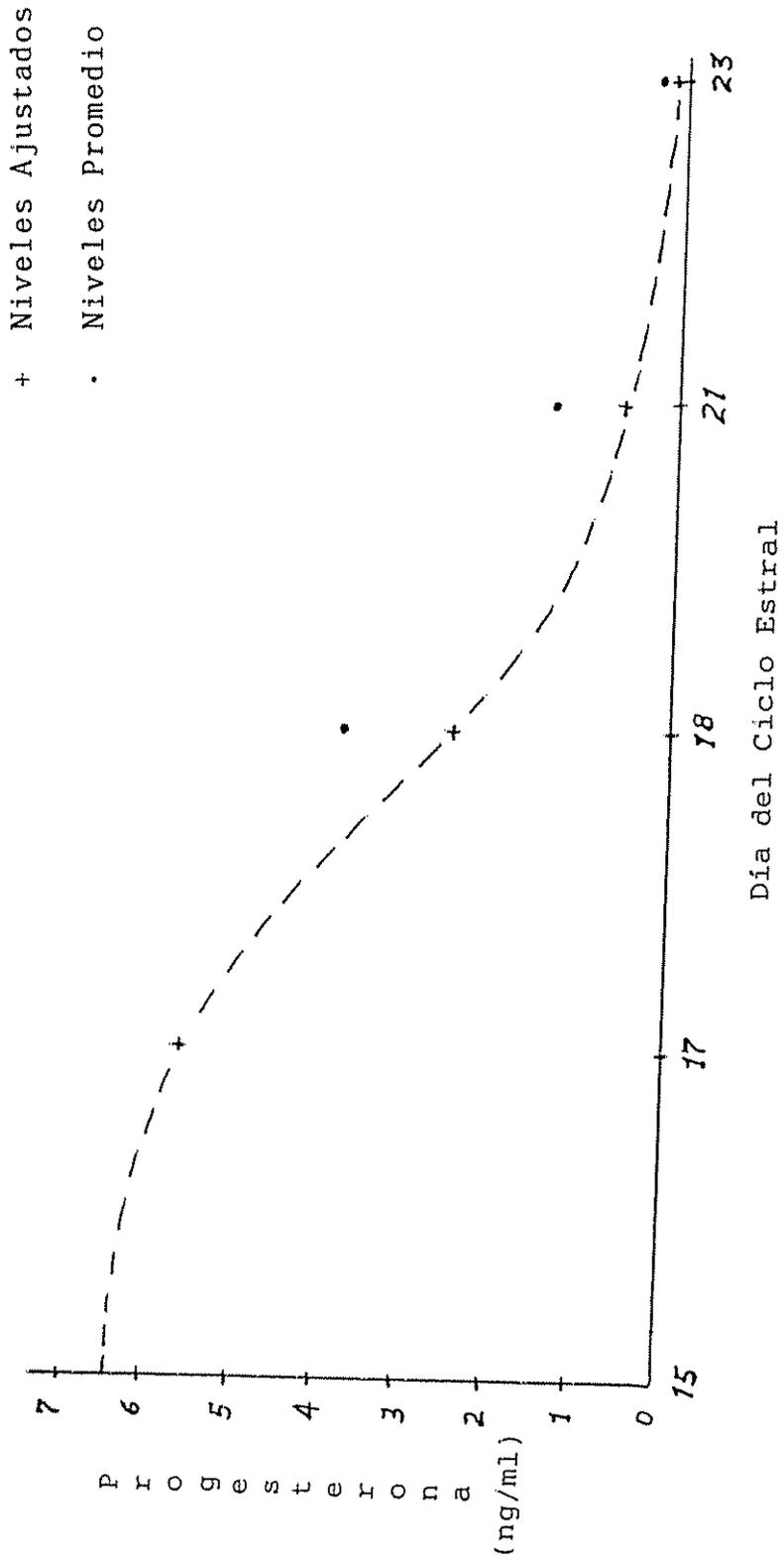


Fig. 2. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde el día 15 del Ciclo Estral hasta el Celio en Hembras Romo-sinuano.

2.- En el Grupo II.

Los datos obtenidos en las hembras Romosinuano x Brahman, fueron ajustados por una regresión, cuya función es:

$$Y = 0.106872 + 0.273381X - 0.127518 X^2 + 0.033700X^3 - 0.002298X^4 + 0.000045632X^5,$$

en donde Y representa el nivel de P₄ y X el día del ciclo estral; se utilizaron 8 repeticiones (n) con 13 observaciones cada una y el coeficiente de determinación (R²) fué de 0.82.

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios y ajustados por la ecuación de regresión. Los niveles de P₄ resultantes de la ecuación de regresión, variaron desde 0.1 ng/ml el día 1 (celo), hasta un máximo de 7.7 ng/ml el día 14 del ciclo estral. Se registró un descenso hasta niveles de 0.1 ng /ml el día 24, momento en que se inició el nuevo ciclo estral.

Los niveles de P₄ el día del celo y hasta el día 2 del ciclo estral, fueron similares a los observados en novillas *Bos taurus* por Kazama y Hansel (1970); Hansel y Snook (1970); Robertson (1972) y Echternkamp y Hansel (1973); pero difieren de los encontrados por Adeyemo y Heath (1980); Randel (1980); Díaz *et al.* (1986); Balakrishnan *et al.* (1986) y Dieleman *et al.* (1986) en razas *Bos taurus*, ya que estos investigadores encontraron niveles de P₄ superiores a 0.5 ng/ml, cuantificando la P₄ mediante la técnica de centelleo líquido

(radiaciones β). Los datos obtenidos estan de acuerdo con los publicados por Vaca *et al.* (1983) y Oyedipe *et al.* (1986) para *Bos indicus*.

Cuadro 2. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) Durante el Ciclo Estral en Hembras Romosinuano x Brahman (Grupo II).

Día del Ciclo	Ajustado	No Ajustado \pm SD	Rango
0 Celos	0.1	0.2 \pm 0.03	0.1 a 0.2
2	0.4	0.2 \pm 0.05	0.2 a 0.3
4	0.8	0.6 \pm 0.36	0.3 a 1.2
6	1.8	1.9 \pm 0.93	0.5 a 3.1
8	3.5	3.9 \pm 1.68	1.2 a 6.3
10	5.4	5.4 \pm 1.38	2.5 a 7.0
12	7.0	6.4 \pm 1.87	3.1 a 8.8
14	7.7	7.3 \pm 1.68	4.9 a 10.4
16	7.1	7.7 \pm 1.51	5.6 a 9.3
18	5.2	5.8 \pm 1.23	4.0 a 7.4
20	2.5	1.9 \pm 2.68	0.4 a 6.4
22	0.2	0.3 \pm 0.07	0.2 a 0.4
24 Celos	0.1	0.2 \pm 0.03	0.1 a 0.2

El nivel máximo de P₄ (7.7 ng/ml) que se presentó el día 14 del ciclo estral, es similar al obtenido en hembras *Bos taurus* por Garverick *et al.* (1971) y Henricks *et al.* (1971). En tanto que otros autores (Plotka *et al.*, 1967 y Wise *et al.*, 1982) han encontrado niveles superiores. En los

trabajos de Randel (1980); Dieleman *et al.* (1986); Adeyemo y Heath (1980) el nivel máximo de P₄ se presentó entre los días 9 y 12 del ciclo estral y no alcanzó los 7.7 ng/ml. Echternkamp y Hansel (1973); Christensen *et al.* (1971); Sprague *et al.* (1971) y Díaz *et al.* (1986), observaron que este efecto generalmente se produce entre los días 12 y 14. Robertson (1972) encontró que los niveles más altos de P₄ se presentaron entre los días 11 y 18 del ciclo estral; Vaca *et al.* (1983) y Oyedipe *et al.* (1986) observaron una tendencia similar en animales *Bos indicus*, pero entre los 9 días y 10 del ciclo estral. Lo anterior es indicativo de las variaciones en los niveles de P₄ publicados en la literatura, sin embargo; es importante enfatizar que a pesar de estas diferencias es posible distinguir de manera clara la ausencia o presencia de tejido luteal funcional.

Los perfiles de P₄ obtenidos en las hembras Romosinuano x Brahman, presentan la ciclicidad característica de las células luteales (Cuadro 2A). Los resultados concuerdan con las investigaciones de Plotka *et al.* (1967); Kazama y Hansel (1970); Hansel y Snook (1970); Henricks *et al.* (1971); Snook *et al.* (1971); Garverick *et al.* (1971); Robertson (1972); Echternkamp y Hansel (1973); Christensen *et al.* (1974); Adeyemo y Heath (1980); Randel (1980); Vaca *et al.* (1983); Balakrishnan *et al.* (1986); Díaz *et al.* (1986); Dieleman *et al.* (1986) y Oyedipe *et al.* (1986) realizadas con animales híbridos.

Al igual que en los animales Romosinuano, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los niveles de P_4 entre las novillas que integraban este grupo racial, lo cual se aprecia en el análisis de varianza.

Para estudiar el ascenso en los niveles de P_4 se ajustó una regresión Gamma, que generó la siguiente función:

$$Y = 2.718281828(-2.128 + 0.140X + 0.770(\ln X)), \quad n=8 \quad \text{y}$$

$R^2=0.88$. Con base en la información obtenida a partir de esta ecuación se presenta la Fig. 3 que indica, que desde el celo hasta el día de máxima producción de P_4 , existe un incremento diario de 0.71 ng/ml. Entre el día 7 y 17 del ciclo estral, se observa un incremento diario de 1.0 ng/ml (Fig. 5). Los resultados obtenidos por Díaz *et al.* (1986) para animales Holstein x Brahman fueron similares; incrementos menores han sido sin embargo, observados por otros investigadores (Randel, 1980 y Vaca *et al.*, 1983) en animales Hereford x Brahman e Indobrasil, respectivamente.

Para analizar la regresión del Cl se ajustó un modelo de regresión Gamma, cuya ecuación es:

$$Y = 2.718281828(16.888 - 0.388X - 2.835(\ln X)), \quad n=8 \quad \text{y}$$

$R^2=0.84$. En la Fig. 4, se muestran los valores predichos por esta función, apreciando que los niveles de P_4 decrecen a razón de 1.18 ng/ml diarios del día 17 al 25 del ciclo estral. Estos hallazgos son parecidos a los publicados por

+ Niveles Ajustados

• Niveles Promedio

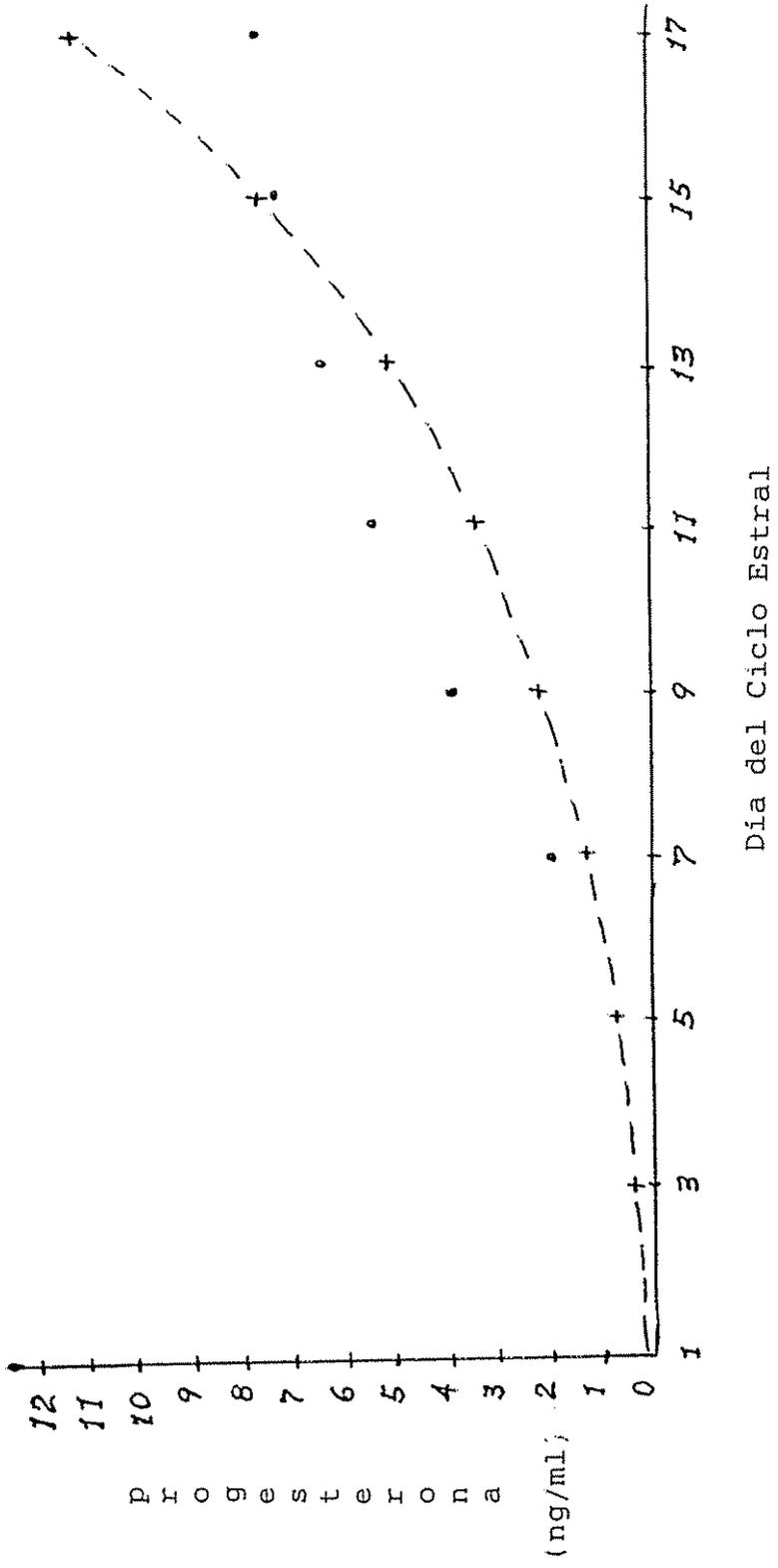


Fig. 3. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde el Celo hasta el dia 17 del Ciclo Estral en Hembras Romosinuano x Brahman.

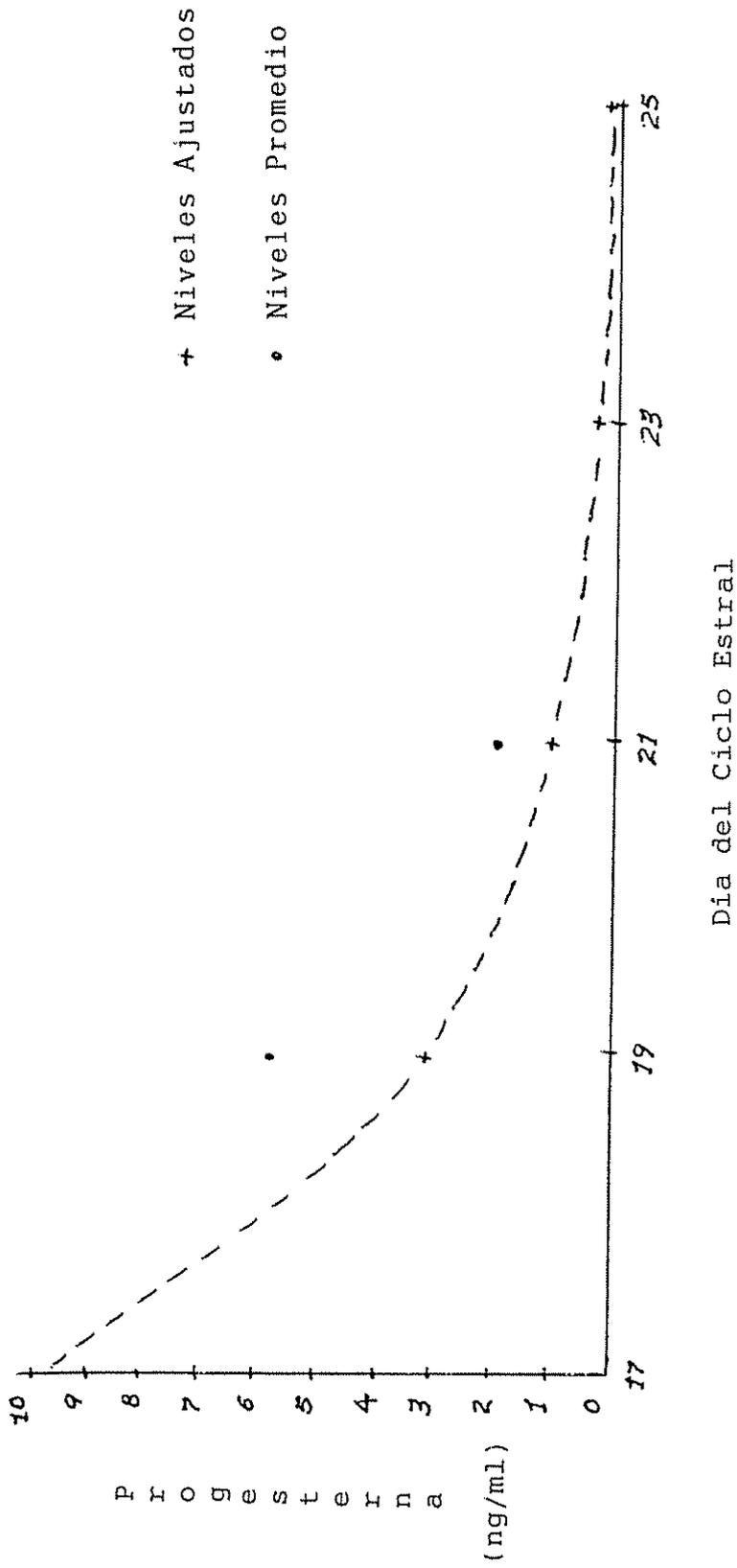


Fig. 4. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde el día 17 del Ciclo Estral hasta el Celó en Hembras Romosinuano x Brahman.

Wise *et al.* (1982), para animales Hereford y Angus, y a los observados por Díaz *et al.* (1986) en hembras Holstein x Brahman. Echterkamp y Hansel (1973) encontraron niveles superiores para animales Holstein.

La duración promedio del ciclo estral para este grupo racial (Grupo II), fue de 24.5 ± 1.41 días, presentado rangos de 24 a 28 días. Estos datos concuerdan con los de Henricks *et al.* (1971); Christensen *et al.* (1974) y Díaz *et al.* (1986) para ganado de carne.

En el Cuadro 3 se presentan las tasas de incremento y descenso diario de P_4 , obtenidas mediante la función Gamma en los dos grupos raciales estudiados. No se encontraron diferencias significativas en los niveles de P_4 durante el ciclo estral, entre los animales Romosinuano puros y Romosinuano x Brahman, como se observa a través del análisis de varianza (Cuadro 9A).

Los perfiles de P_4 se muestran en la Fig. 5, en la que se aprecia el comportamiento hormonal. El incremento en las concentraciones hormonales diarias, desde el día del celo hasta alcanzar el nivel máximo, fue de 0.62 ng/ml para el Grupo I y mayor para el Grupo II, el cual alcanzó 0.71 ng/ml diarios. Durante la etapa inicial de formación del Cl, el

incremento diario de P₄ fue de 0.15 y 0.22 ng/ml para los animales Romosinuano y Romosinuano x Brahman, respectivamente.

Cuadro 3. Tasa de Incremento y Descenso Promedio de Progesterona (ng/ml) Durante el Ciclo Estral en Hembras Romosinuano (Grupo I) y Romosinuano x Brahman (Grupo II).

	Romosinuano	Romosinuano x Brahman
Formación Del Cuerpo Lúteo	Día 1 al 7	Día 1 al 7
	0.15	0.22
Crecimiento Del Cuerpo Lúteo	Día 7 al 15	Día 7 al 17
	0.98	1.00
Regresión Del Cuerpo Lúteo	Día 15 al 23	Día 17 al 25
	0.80	1.19
Formación y Crecimiento Del Cuerpo Lúteo	Día 1 al 15	Día 1 al 17
	0.62	0.71

Durante la fase de desarrollo funcional del Cl, el incremento en los niveles de P₄ fue igual prácticamente en ambos grupos (0.98 ng/ml/día). Durante la regresión del Cl, el descenso diario de P₄ fue de 0.80 ng/ml para las hembras Romosinuano y de 1.19 ng/ml para las Romosinuano x Brahman. Estos resultados parecieran indicar que tanto el desarrollo como la regresión del Cl en los animales híbridos, es más rápida que en las hembras Romosinuano.

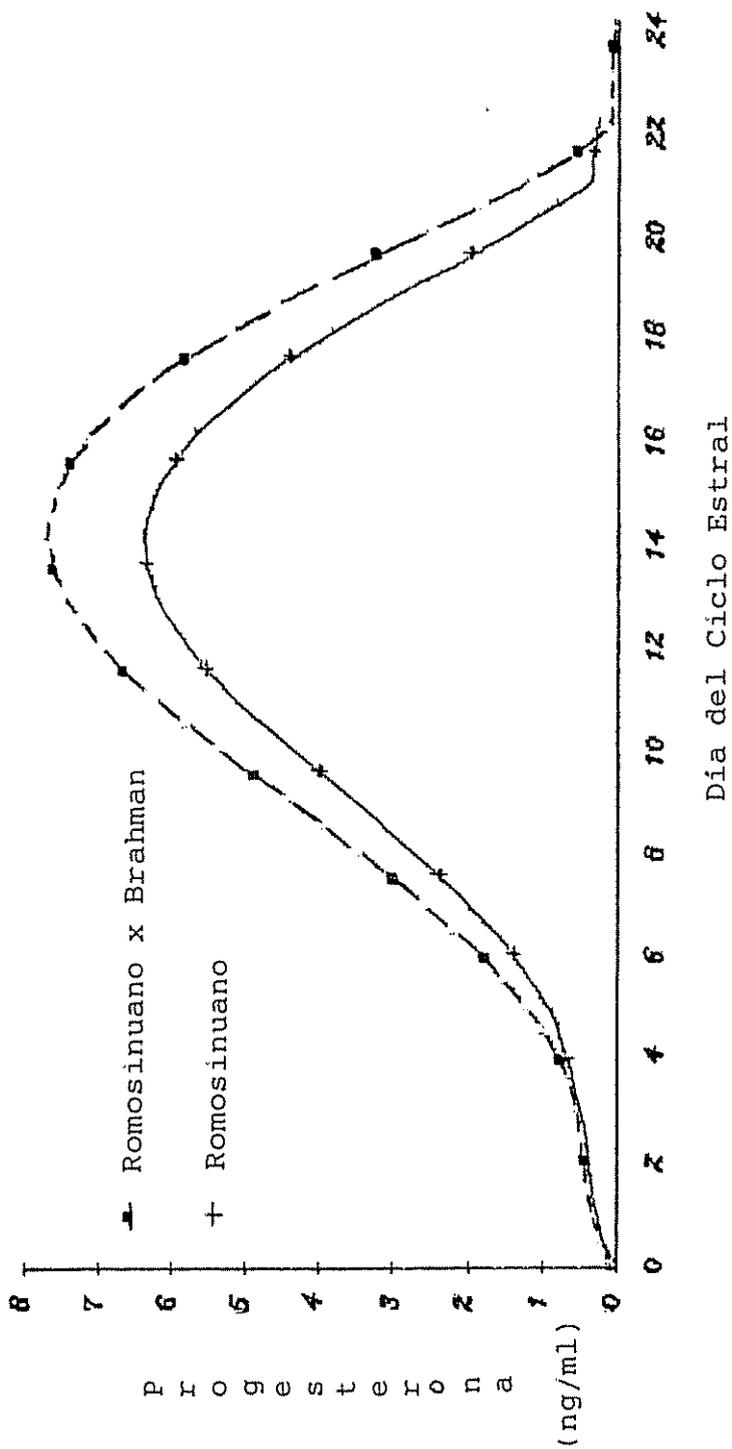


Fig. 5. Perfiles de Progesterona durante el Ciclo Estral en Hembras Romosinuano y Romosinuano x Brahman.

Se encontró una correlación de 0.99 entre las variables edad y número de partos ($P < 0.05$). No se encontró correlación alguna entre peso y edad, por lo cual se incluyeron estos dos factores como covariables en el modelo estadístico, determinándose que los efectos del peso y edad no tuvieron relación con la producción de P_4 durante el ciclo estral.

B.- Respuesta Luteolítica

La respuesta al tratamiento con $PGF_{2\alpha}$ exógenas en este trabajo, se analizó a través de los niveles de P_4 en plasma sanguíneo. Los resultados de la respuesta luteolítica en relación a los niveles de P_4 en los animales Romosinuano (Grupo I), Romosinuano x Brahman (Grupo II) y Brahman (Grupo III), se presentan a continuación:

1.- En el Grupo I.

Mediante la prueba cualitativa inmunoenzimática (Elisa) para P_4 se determinó, que de las 12 hembras que integraban el grupo I, habían 11 con Cl funcional, lo cual se corroboró posteriormente mediante la cuantificación de los niveles de P_4 por RIA. Las manifestaciones de celo fueron del orden del 82.0 por ciento y se presentaron en promedio a las 75.7 ± 33.5 horas, con una duración media de 12.8 ± 5.8 horas. La luteólisis en relación con los niveles de P_4 fue del 91.0 por ciento, lo que indica un 9.0 por ciento de celos silentes. La respuesta luteolítica obtenida en este grupo racial fue

similar a la observada en razas europeas tratadas con PGF_{2α} (Gilson *et al.*, 1981; Galina *et al.*, 1982; Stevenson *et al.*, 1984 y Turner *et al.*, 1987).

Los datos de luteólisis completa en este Grupo se obtuvieron utilizando una regresión Gamma, la cual proporcionó el mejor ajuste. Los niveles de P₄ al momento de la aplicación de la PGF_{2α}, fueronde 5.4 ng/ml y descendieron a 1.1 ng/ml a las 12 horas, lo que representa una disminución del 79.6 por ciento en relación al nivel inicial. A las 48 horas la luteólisis fue completa (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los de Stevenson *et al.* (1984) y Moreno *et al.* (1986) en hembras Holstein y Pardo Suizo, respectivamente.

Cuadro 4. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 Horas en Hembras Romosinuano con Luteolisis Completa (Grupo I).

Tiempo (Hrs)	Ajustado	No Ajustado ± SD	Rango
0.1	5.4	5.8 ± 1.65	2.0 a 7.4
12.0	1.1	2.4 ± 1.23	1.0 a 4.2
24.0	0.7	0.5 ± 0.21	0.3 a 0.9
48.0	0.3	0.2 ± 0.12	0.1 a 0.3
72.0	0.2	0.2 ± 0.05	0.1 a 0.3
96.0	0.1	0.1 ± 0.04	0.1 a 0.2

$Y = 2.718281828(1.083 - 0.023X - 0.287(\ln X))$, $n=10$ y $R^2=0.88$. En donde Y representa el nivel de P₄ con relación al tiempo (horas), luego de aplicada la prostaglandina.

En este grupo, se dió el caso de una novilla que mostró luteólisis incompleta (Cuadro 5). Este animal presentó niveles de P₄ de 4.6 ng/ml el día de la aplicación de PGF_{2α}, a las 12 horas se manifestó un descenso del 45.7 por ciento en relación al nivel inicial, llegando a 1.2 ng/ml a las 48 horas, observándose un aumento en los niveles de P₄. Gilson *et al.* (1981); Cornwell *et al.* (1985) y Fields (1987) encontraron casos similares en hembras Brahman, Brangus y Brahman x Pardo Suizo, sometidas a sincronización de celo con prostaglandinas exógenas.

Cuadro 5. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 Horas en Hembra Romosinuano con Luteolisis Incompleta (Grupo I).

Tiempo (Hrs)	Ajustado	No Ajustado ± SD	Rango
0.1	4.6	4.4 ± 0.0	5.8 a 5.8
12.0	2.1	2.8 ± 0.0	2.8 a 2.8
24.0	1.5	1.1 ± 0.0	1.1 a 1.1
48.0	1.2	1.0 ± 0.0	1.0 a 1.0
72.0	1.3	1.2 ± 0.0	1.2 a 1.2
96.0	1.7	1.9 ± 0.0	1.9 a 1.9

$Y = 4.901 + 0.075X - 1.060(\sqrt{X})$, $n=1$ y $R^2=0.92$, en donde Y representa el nivel de P₄, X es el tiempo (horas), luego de aplicada la prostaglandina.

2.- En el Grupo II.

La respuesta luteolítica y las manifestaciones de celo se observaron en el 27.3 por ciento de los animales tratados. Los signos de estro se presentaron a las 55.0 ± 4.4 horas y la duración del celo fue de 10.0 ± 14.7 horas. Es importante resaltar que de las hembras que manifestaron celo, únicamente en una se produjo un efecto luteolítico completo, de acuerdo a los niveles de P_4 (Cuadro 4A). En las otras dos hembras se observó un fenómeno de solidaridad (66.7 por ciento) en lo que ha las manifestaciones de celo se refiere; en estos animales los niveles de P_4 indicaron un efecto luteolítico incompleto, este comportamiento ha sido observado en animales Brahman y Brahman cruzados con razas europeas (Gilson *et al.*, 1981 y Cornwell *et al.*, 1985).

Los niveles de P_4 en los animales que presentaron efecto luteolítico completo (Grupo II), se presentan en el Cuadro 6, siendo ajustados mediante una regresión Gamma. En el cual se muestra, que en los animales que respondieron a la $PGF_{2\alpha}$, los niveles de P_4 al momento de la aplicación fueron de 5.3 ng/ml y 12 horas después, habían descendido hasta 1.2 ng/ml. Esto representa un descenso del 77.4 por ciento en relación al nivel inicial; a las 48 horas la luteólisis fue completa. Estos resultados son similares a los encontrados por Moreno *et al.* (1986); Cornwell *et al.* (1985) y Stevenson *et al.*

(1984) en animales Brahman, Brahman x razas europeas y Holstein, respectivamente. Concordando además, con el descenso presentado en el caso de los animales Romosinuano.

Cuadro 6. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 Horas en hembras Romosinuano x Brahman con Luteolisis Completa (Grupo II).

Tiempo (Hrs)	Ajustado	No Ajustado \pm SD	Rango
0.1	5.3	5.3 \pm 1.97	3.5 a 7.4
12.0	1.2	2.0 \pm 0.87	1.0 a 2.5
24.0	0.8	0.7 \pm 0.26	0.4 a 0.9
48.0	0.4	0.3 \pm 0.10	0.2 a 0.4
72.0	0.2	0.2 \pm 0.06	0.2 a 0.3
96.0	0.1	0.1 \pm 0.06	0.1 a 0.2

Ecuación $Y = 2.718281828(1.105 - 0.022X - 0.246(\ln X))$, $n=3$ y $R^2=0.91$, en donde Y es el nivel de P_4 y X representa el tiempo (horas) posterior a la aplicación de prostaglandina.

El 54.5 por ciento del grupo II presentó niveles de P_4 indicativos de una luteólisis incompleta y de estas hembras, el 33.3 por ciento manifestaron signos de estro, las concentraciones hormonales se muestran en el Cuadro 7. Al momento de aplicación de la prostaglandina, el nivel de P_4 fue de 4.1 ng/ml, a las 12 horas había descendido un 56.1 por ciento en relación al nivel inicial, permaneciendo por encima de 1.0 ng/ml entre las 24 y 48, para luego incrementarse a partir de las 72 horas. Estas observaciones indican, que la $PGF_{2\alpha}$ no

fue capaz de inducir una luteólisis completa, recuperando el Cl la funcionalidad nuevamente. Se han descrito resultados similares en la literatura, por Cornwell *et al.* (1985) y Fields (1987) en novillas Brahman, atribuyendo esto a insuficiencia de la PGF_{2α} para producir el efecto luteolítico completo.

Cuadro 7. Niveles Ajustados y Promedios de progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 Horas en Hembras Romosinuano x Brahman con Luteólisis Incompleta (Grupo II).

Tiempo (Hrs)	Ajustado	No Ajustado ± SD	Rango
0.1	4.1	4.0 ± 0.33	3.6 a 4.4
12.0	2.3	3.0 ± 0.24	2.8 a 3.4
24.0	1.9	1.4 ± 0.14	1.2 a 1.6
48.0	1.9	1.7 ± 0.22	1.4 a 1.9
72.0	2.2	2.2 ± 0.21	2.0 a 2.5
96.0	2.8	2.8 ± 0.24	2.6 a 3.2

Ecuación $Y = 4.413 + 0.070X - 0.852(\sqrt{X})$, $n=6$ y $R^2=0.78$, representando Y el nivel de P₄ y X las horas posteriores a la aplicación de prostaglandina.

En dos novillas pertenecientes al grupo II se observó que cuando el nivel de P₄ fue igual o inferior a 1.4 ng/ml, la PGF_{2α} no alteró la producción hormonal (Fig. 6), la cual continuó aumentando cada hora a razón de 0.02 ng/ml hasta las 96 horas, momento en que se tomó la última muestra de sangre. Este comportamiento en los niveles de P₄, aunado al hecho de

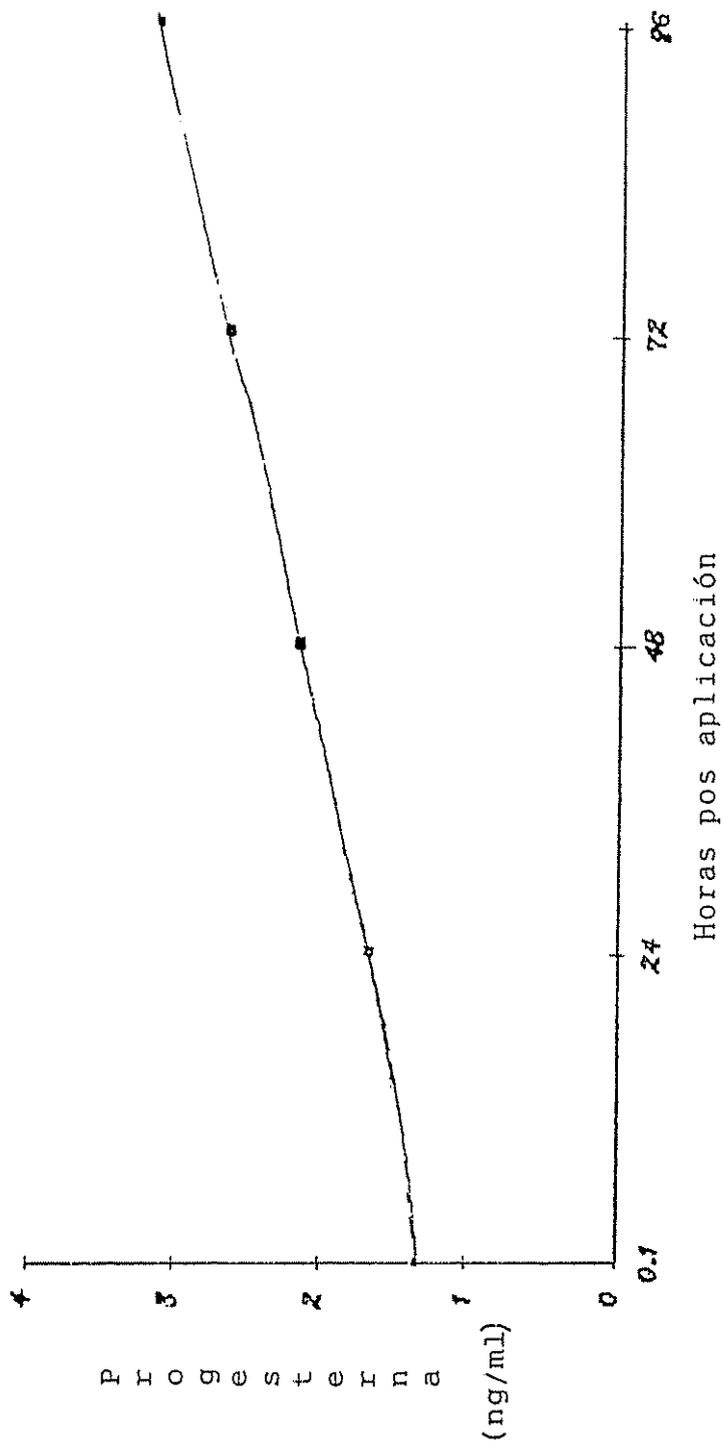


Fig. 6. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 horas en Hembras Romosinuano x Brahman sin Luteólisis.

que estas hembras no mostraron signos de celo, indica que el Cl fue refractario al tratamiento, necesitando tal vez, más tiempo para desarrollarse y responder a la prostaglandina. Observaciones similares fueron obtenidas por Hardin *et al.* (1980b y 1982) en animales Brahman y sus cruces con razas europeas; sin embargo, esto pareciera indicar que el concepto de Cl funcional "es aquel que produce niveles de P₄ por encima de 1.0 ng/ml"; no es del todo aplicable, al menos en estos híbridos criollos.

Como los experimentos de respuesta luteolítica en los Grupos I y II, se desarrollaron simultáneamente en condiciones ambientales y de manejo similares, es pertinente hacer algunas comparaciones. Los niveles iniciales de P₄ fueron de 5.4 y 5.3 ng/ml para los Grupos I y II, a las 12 horas el descenso en los niveles de P₄ fue de 79.6 y 77.4 por ciento y la respuesta luteolítica de un 91.0 y 27.3 por ciento en ambos grupos, respectivamente (Fig. 7).

En las hembras en las cuales la luteólisis fue incompleta, se observó que los niveles de P₄ antes del tratamiento eran de 4.6 y 4.1 ng/ml para los Grupos I y II (Fig. 8). A las 12 horas las concentraciones plasmáticas habían descendido un 54.3 y 43.9 por ciento en relación al nivel inicial, respectivamente. El descenso máximo en estos animales fue del 73.9 y 53.6 por ciento a las 48 y 24 horas respectivamente

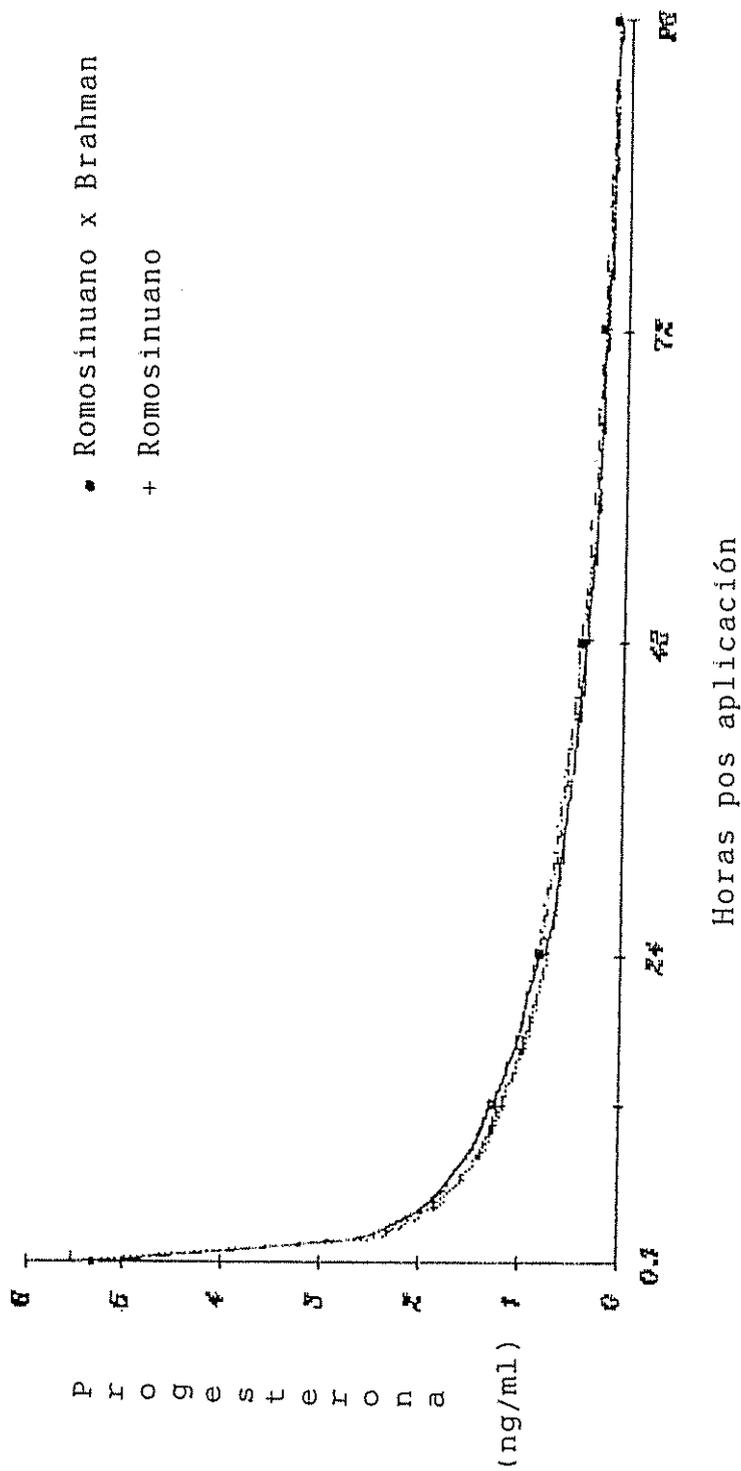


Fig. 7. Niveles de progesterona en ng/ml desde la aplicación de prostaglandina hasta las 96 horas en novillas Romosinuano y Romosinuano x Brahman con luteólisis completa.

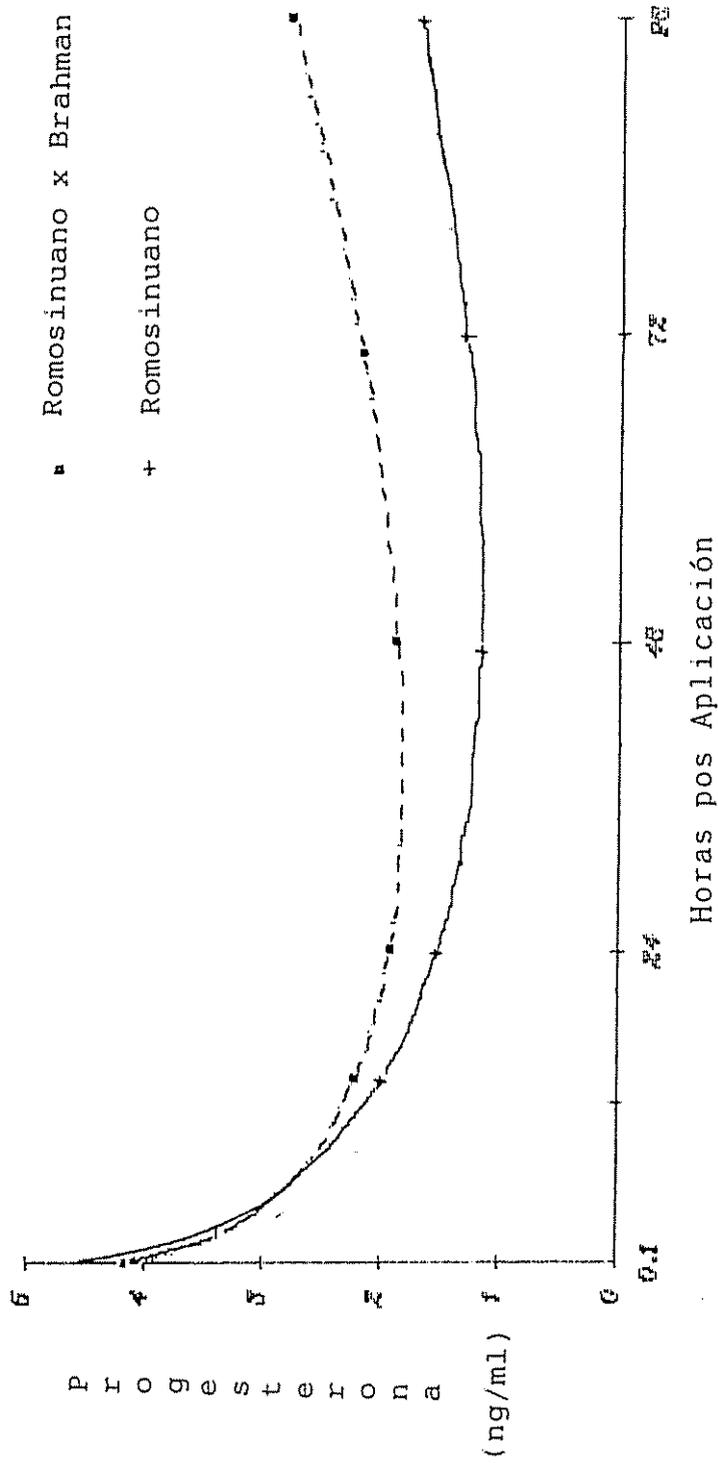


Fig. 8. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 horas en novillas Romosinuano y Romosinuano x Brahman con Luteólisis incompleta.

en los Grupos I y II, incrementándose los niveles de P₄ en un 41.7 y 47.4 por ciento en relación al nivel máximo, en ambos grupos. Definitivamente la PGF_{2α} no fué capaz de producir la lisis total del Cl y para lo cual no hay una explicación satisfactoria.

Es posible que la baja respuesta luteolítica en el Grupo II, se pueda atribuir a que el producto fue secuestrado por el tejido adiposo, más abundante en los cruces (Rodríguez, 1967) y que por lo tanto la cantidad biológicamente activa que escapó a la circulación periférica, no fue suficiente para producir el efecto luteolítico esperado.

3.- En el Grupo III.

La prueba cualitativa de Elisa reveló, que las 12 novillas Brahman que conformaban este grupo presentaban niveles altos de P₄ al momento de la aplicación de PGF_{2α}. La respuesta luteolítica y las manifestaciones de celo observada en este grupo, fueron del 91.7 y 58.3 por ciento respectivamente, lo cual permitió determinar un 33.4 por ciento de celos silentes. Las manifestaciones de estro se iniciaron a las 80.0 ± 23.4 horas de aplicada la prostaglandina, teniendo una duración media de 11.3 ± 8.9 horas como (Cuadro 5A).

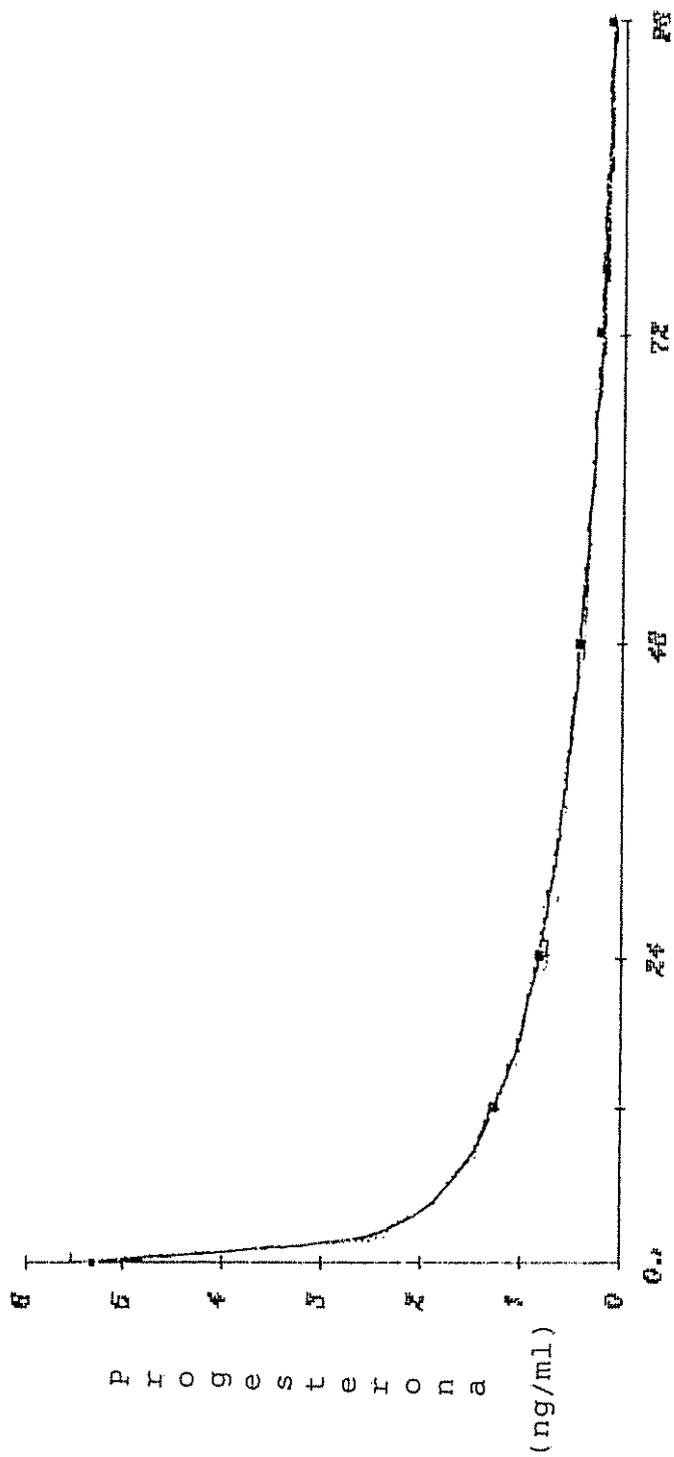
En las hembras que respondieron al tratamiento con PGF_{2α}, los niveles de P₄ promedio fueron de 5.5 ng/ml, descendiendo estos a las 12 horas a 1.1 ng/ml (80.0 por ciento). A las 48 horas la luteólisis era completa, como se muestra en la Fig. 9. Estos resultados son similares a los publicados por Moreno *et al.* (1986) en animales Indobrasil y Hardin y Randel (1982); Cornwell *et al.* (1985) y Fields (1987) en novillas Brahman.

Al momento de la aplicación de la PGF_{2α} en la novilla que presentó luteólisis incompleta, el nivel de P₄ era de 4.1 ng/ml y 12 horas después solo había descendido a 1.9 ng/ml, incrementándose a partir de las 72 horas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 Horas en Novilla Brahman con Luteólisis Incompleta (Grupo III).

Tiempo (Hrs)	Ajustado	No Ajustado ± SD	Rango
0.1	4.1	4.1 ± 0.00	4.1 a 4.1
12.0	1.9	1.8 ± 0.00	1.8 a 1.8
24.0	1.3	1.3 ± 0.00	1.3 a 1.3
48.0	1.0	1.0 ± 0.00	1.0 a 1.0
72.0	1.1	1.2 ± 0.00	1.2 a 1.2
96.0	1.5	1.4 ± 0.00	1.4 a 1.4

Ecuación Y = 4.369 + 0.067X - 0.956(√X), n=1 y R²=0.99, en donde Y representa el nivel de P₄ y X las horas luego de aplicada la prostaglandina.



Horas pos aplicación

Fig. 9. Niveles de Progesterona (ng/ml) desde la Aplicación de Prostaglandina hasta las 96 horas en Novillas Brahman con Luteólisis Completa.

La recuperación en los niveles de P_4 , indica que el Cl se sobrepone al efecto luteolítico de la $PGF_{2\alpha}$ y recobra su funcionalidad, fenómeno observado también por otros autores en novillas Brahman (Cornwell *et al.*, 1985 y Fields, 1987).

C.- Iseminación Artificial y Gestación.

Los resultados de la IA a hora fija en las hembras Romosinuano (Grupo I), Romosinuano x Brahman (Grupo II) y Brahman (Grupo III) se presentan a continuación:

1.- En los Grupos I y II.

En la Fig. 10, podemos apreciar que a los 15 días, los niveles de P_4 eran de 4.9 ng/ml y continuaron aumentando hasta llegar a 8.3 ng/ml a los 27 días lo cual indicó que los animales estaban preñados, confirmándose esto 60 días después por palpación rectal. Hallazgos similares fueron encontrados por Henricks *et al.* (1971) y Shelton y Summers (1983) en razas europeas de carne. La tasa de preñez obtenida en el Grupo I con la IA a hora fija fue del 41.2 por ciento, siendo similar a la encontrada por Lokhande *et al.* (1983) y superior a la obtenida por Gilson *et al.* (1981); Plunkett *et al.* (1984); Fogwell *et al.* (1986) e inferior a la obtenida (61.0 por ciento) por Adeyemo *et al.* (1979). Es importante recordar, que cuando hablamos de IA a celo observado, porcentajes de concepción entre 40 y 60 por ciento son aceptables considerando el tipo y el manejo de las

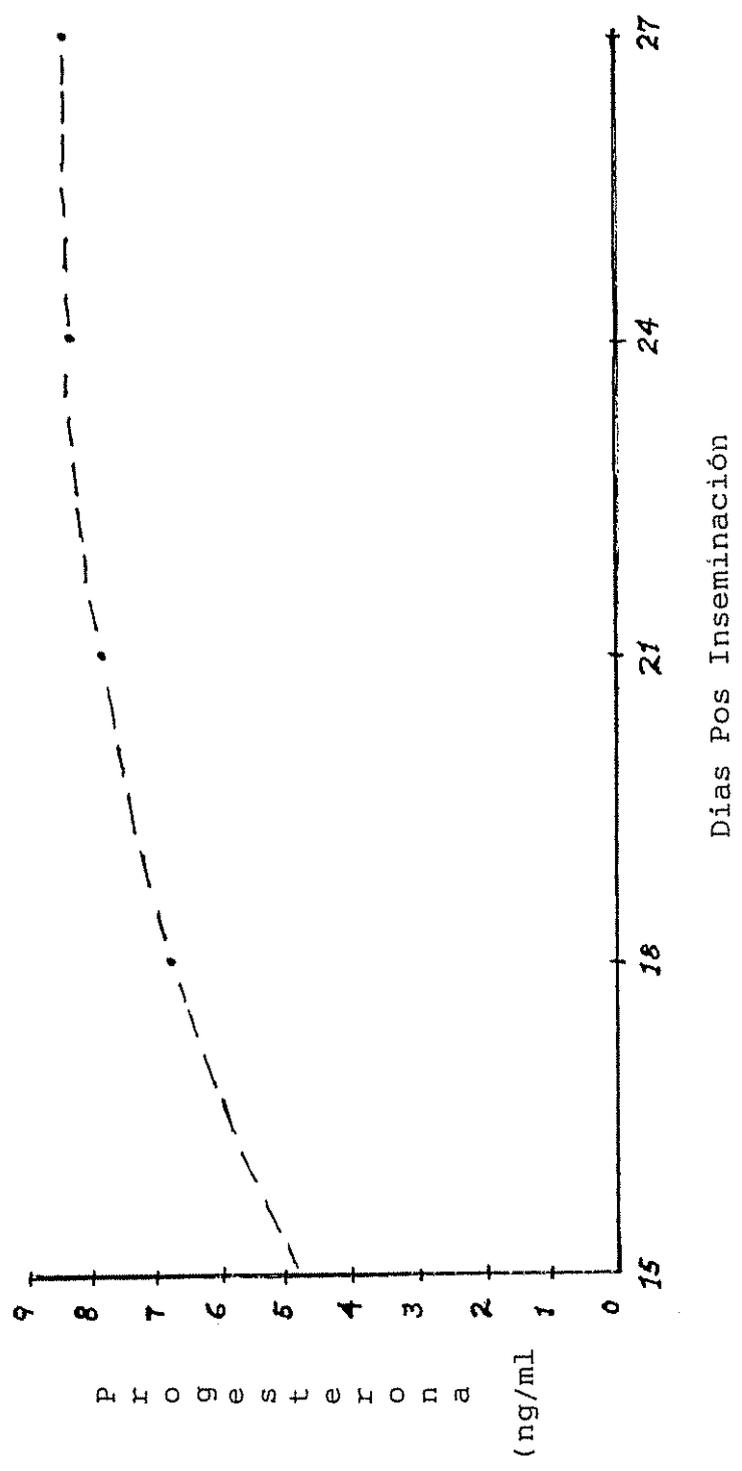


Fig. 10. Niveles de Progesterona desde los 15 hasta los 27 días Posteriores a la Inseminación Artificial en Hembras Romosinuano Gestantes.

explotaciones (Peters y Ball, 1987; Galina *et al.*, 1986; McDonald, 1983). Teniendo presente los problemas que involucrados en la detección de celo y el porcentaje de celos silentes, la tasa de preñez obtenida para el Grupo I considera por lo tanto, dentro de lo esperado.

Las concentraciones de P₄ en el grupo II indican, que se presentó involución del Cl en el 100 por ciento de las hembras y por lo tanto, no había gestación. En el grupo I, se detectó un 58.3 por ciento de animales no preñados con base los niveles hormonales. La Fig. 11 muestra la caída en los niveles de P₄, hasta alcanzar concentraciones basales entre los días 18 y 24, indicando la regresión del Cl con el consecuente inicio de un nuevo ciclo estral, lo cual también se constató mediante palpación rectal a los 60 días de la IA.

La ausencia de hembras gestantes en el grupo de animales híbridas no es sorprendente, si consideramos que la respuesta luteolítica fue solo del 27.3 por ciento. Esto indica que al no haber regresión del Cl, ningún folículo alcanzaría competencia ovulatoria, lo que definitivamente limita las posibilidades de que estas hembras quedaran preñadas.

3.- En el Grupo III.

La tasa de concepción fue del 16.7 por ciento, mostrando la Fig. 12 que las concentraciones de P₄ eran de 4.4 ng/ml a

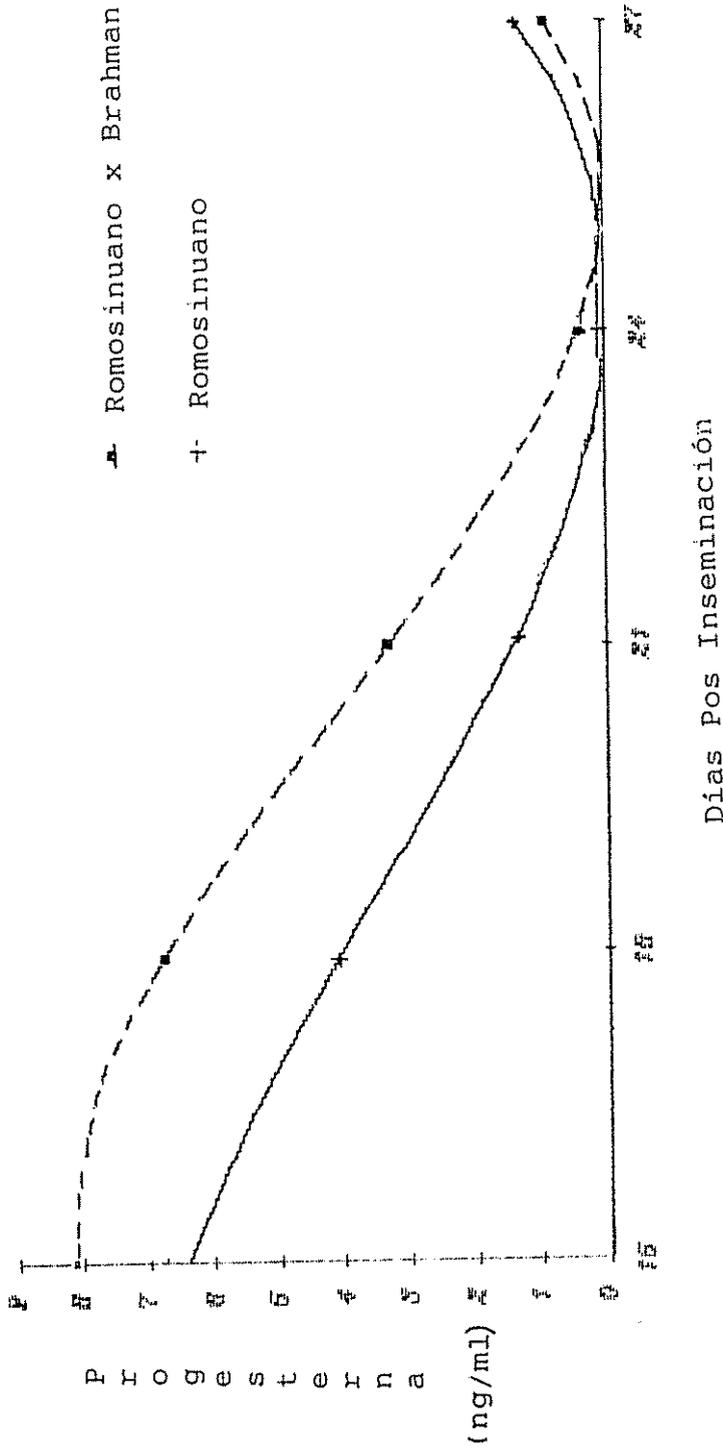


Fig. 11. Niveles de progesterona en ng/ml desde los 15 hasta los 27 días posteriores a la inseminación artificial en hembras Romosinuano y Romosinuano x Brahman no gestantes.

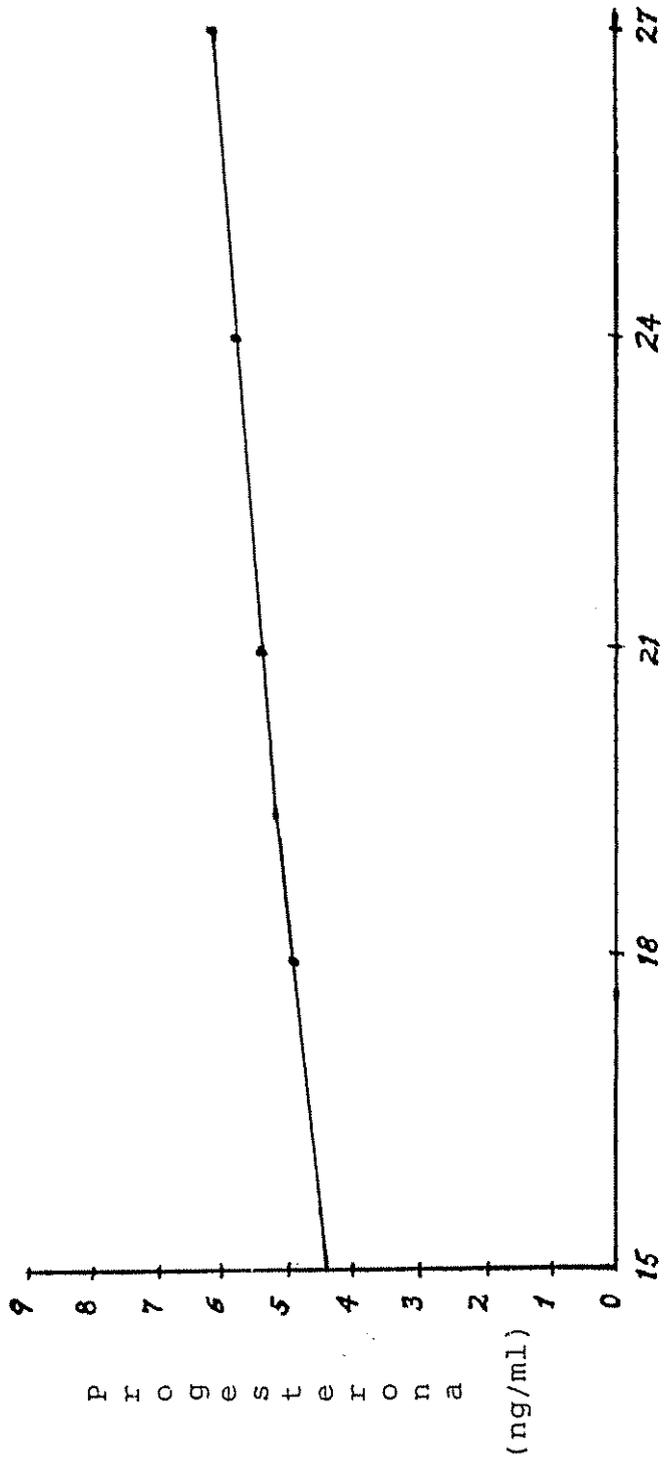


Fig. 12. Niveles de Progesterona desde los 15 hasta los 27 días Posteriores a la Inseminación Artificial en Novillas Brahman.

los 15 días de la IA y que continuaron aumentando hasta 6.2 ng/ml el día 27, momento en que se tomó la última muestra de plasma sanguíneo. Esto indica que el Cl se mantuvo funcional y que las hembras en este momento estaban preñadas, lo cual fué confirmado mediante palpación rectal 60 días después. Resultados similares han sido publicados para IA a hora fija en animales *Bos taurus* x *Bos indicus* (Lokhande *et al.*, 1983) y en ganado lechero (Plunkett *et al.*, 1984), en tanto que Gilson *et al.* (1981) encontró tasas de preñes inferiores en razas cebuínas x europeas.

Los animales cuyas concentraciones de P₄ descendieron a niveles basales entre los 18 y 24 días, nos indican que estas hembras no estaban gestantes y que se estaba dando inicio a un nuevo ciclo estral (Cuadro 9).

Cuadro 9. Niveles Ajustados y Promedio de Progesterona (ng/ml) desde los 15 hasta los 27 días Posteriores a la Inseminación Artificial en Hembras Brahman no Gestantes (Grupo III).

Tiempo	Ajustado	No Ajustado ± SD	Rango
15	6.7	6.5 ± 1.38	5.2 a 9.1
18	5.4	6.4 ± 1.10	5.0 a 8.1
21	1.7	0.3 ± 0.18	0.1 a 0.5
24	0.6	0.2 ± 0.21	0.1 a 1.0
27	2.3	2.1 ± 0.51	1.2 a 2.8

Ecuación Y = -158.118412 + 26.927777X - 1.41891534X² + 0.02376543X³, n=9 y R²=0.84, donde Y representa el nivel de P₄ y X las horas posteriores a la aplicación de prostaglandina.

Con base en la respuesta luteolítica obtenida, es posible que la causa de la baja fertilidad pudo deberse a un desfase ovulatorio en relación a la IA, considerando que el espermatozoide necesita alrededor de 12 horas de capacitación y tiene una viabilidad de 36 horas aproximadamente (Ax *et al.*, 1984). Si la primera IA (72 horas), proporciona espermatozoides capacitados para la fertilización, entre las 84 horas y las 120 horas, la segunda (96 horas) los proporcionaría, a partir de las 108 horas, hasta las 144 horas, lo cual daría un margen de seguridad de 60 horas. La viabilidad promedio del óvulo es de 24 horas, por lo tanto, toda ovulación presentada antes de las 60 horas y después de las 144 horas de aplicada la $\text{PGF}_{2\alpha}$, tendría problemas de fertilización bajo el esquema de IA empleado en este trabajo.

Otro factor que podría haber influenciado las tasas de preñez, es que la doble dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ podría estar provocando un desbalance hormonal que de alguna manera afectaría el crecimiento folicular y la fertilidad (Moreno *et al.*, 1986 y Wild *et al.* 1984). Es probable que el período de 11 días entre la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ fuera muy corto e insuficiente como para la formación de un folículo capaz de ovular entre las 80 y 100 horas posteriores a la aplicación de prostaglandina. Lo cual se presume por el hecho de que las manifestaciones de celo fueron escasas a la segunda aplicación de prostaglandina, y en su mayoría se presentaron después de las 110 horas. Fields (1987) hace observaciones

similares en novillas Brahman y sus cruces con razas europeas.

La tasa de concepción obtenida en este estudio nos indica, que la IA a hora fija en novillas Brahman, no es efectiva y que hay que continuar con trabajos tendientes a determinar el momento más adecuado para efectuarla, relacionando en lo posible la ovulación con el momento de la IA.

D.- Variación Intra e Inter ensayo.

El coeficiente de variación (CV) intra e inter ensayo, se determinó a partir de muestras de plasma con concentraciones conocidas de P_4 , las cuales fueron incluidas en cada uno de los RIA realizados en el presente estudio. El CV inter-ensayo fue de 10.23 y el intra ensayo, de 7.23.

V.- CONCLUSIONES

- 1.- A partir de muestras sanguíneas tomadas a nivel periférico, fue posible caracterizar el perfil de P_4 durante el ciclo estral, en Romosinuano y sus cruces con Brahman.
- 2.- Mediante las concentraciones de P_4 en plasma se logró determinar las etapas evolutivas del Cl (formación, crecimiento y regresión), las cuales revisten gran importancia en el manejo reproductivo.
- 3.- Se determinó que la etapa de crecimiento del Cl es más larga que la de regresión, no existiendo diferencias en los niveles de P_4 , durante estas y a lo largo del ciclo estral entre los grupos Romosinuano y Romosinuano x Brahman.
- 4.- La edad y el peso corporal en los animales Romosinuano y Romosinuano x Brahman, no tienen ningún efecto sobre la producción de P_4 durante el ciclo estral.
- 5.- La respuesta luteolítica al utilizar prostaglandinas exógenas, puede provocar luteólisis completa, incompleta o ausencia de efecto luteolítico.

- 6.- El EIA cualitativo (Elisa) para determinar P_4 es confiable, rápido y práctico, aumentando las posibilidades de éxito en los programas de sincronización de celo.
- 7.- Debe existir un Cl funcional para que la $PGF_{2\alpha}$ cumpla su efecto luteolítico, y los niveles de P_4 iguales e inferiores a 1.4 ng/ml, al momento de aplicar el producto no garantizan respuesta luteolítica en los híbridos criollos.
- 8.- Doce horas después de aplicada la $PGF_{2\alpha}$, se observa un descenso del 80.0 por ciento en los niveles iniciales de P_4 , siendo la luteólisis completa a las 48 horas.
- 9.- Los niveles de P_4 entre los 21 y 24 días posteriores a la IA, nos indican la presencia o ausencia de tejido lútel funcional y son sugestivas de un estado preñez.

VI.- RECOMENDACIONES

- 1.- Cuando se necesite utilizar prostaglandinas, es ideal relacionar el hallazgo de las estructuras ováricas a la palpación rectal con los niveles de P₄, que son los que realmente confirman la funcionalidad del Cl.
- 2.- Al utilizar el fenprostaleno, debe tenerse cuidado de aplicar el producto subcutáneamente y de preferencia en la tabla del cuello, para evitar el tejido adiposo.
- 3.- Es importante realizar trabajos que determinen el momento de la ovulación en animales cebuinos y sus híbridos, sometidos a sincronización con prostaglandinas.
- 4.- Es necesario continuar con las investigaciones que relacionen la ovulación y la endocrinología periestral, tendientes a determinar las fallas en la IA a hora fija, sobretodo en animales cebuinos, que son los que predominan en nuestro medio.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAMS, G.E.; SWERDLOFF, R.; TULCHINSKY, D.; ODELL, W.D. 1971. Radioimmunoassay of plasma progesterone. *Journal Clinical Endocrinology (EE.UU.)* 32:619-627.
- ADEYEMO, O.; HEATH, E. 1980. Plasma progesterone concentration in *Bos taurus* and *Bos indicus* heifers. *Theriogenology (EE.UU.)* 14(6):411-420.
- _____. 1987. Plasma concentration of progesterone during normal estrous cycles and following prostaglandin F_{2α} treatment of *Bos indicus* and tropic-adapted *Bos taurus* heifers. *Theriogenology (EE.UU.)* 27(5):759-769.
- AHMAD IJAZ, M.L.F.; ZEMJANIS, R. 1987. Treatment and control of cystic ovarian disease in dairy cattle: A review. *British Veterinary Journal (G.B.)* 143:226-237.
- AMSTRONG, T.D. 1986. Environmental stress and ovarian function. *Biology of Reproduction (EE.UU.)* 34:29-39.
- ANDERSON, H.; PLUM, M. 1965. Gestation length and birth weight in cattle and buffaloes: A review. *Journal of Dairy Sciences (EE.UU.)* 48: 1224-1235.
- AX, R.L.; HANDROW, R.R.; LEE, C.N.; DICKSON, K.; LENZ, R.W. 1984. New developments in the understanding of fertilization. Columbia Missouri, Association of Animal Breeders. p. 1-6. Reimpreso de: Tenth Technical Conference on Artificial Inseminations and Reproduction and Training Mini-Conference.
- BALAKRISHNAN, M.; CHINNAIYA, G.P.; NAIR, P.G.; JAGANNADHA RAO, A. 1986. Studies on serum progesterone levels in Zebu x Holstein heifers during pre and peripubertal periods. *Animal Reproduction Science (Holanda)* 11:11-15.
- BAZER, F.W.; COLLIER, R.J.; ROBERTS, R.M.; SHARP, D.C.; THATCHER, W.W. 1984. Conceptus signals to the mother in domestic animals. *Florida Agricultural Research (EE.UU.)* 3(1):32-34.
- BEAL, W.E.; GOOD, G.A. 1986. Synchronization of estrus in postpartum beef cows with melengestrol acetate and prostaglandin F_{2α}. *Journal Animal Science (EE.UU.)* 63:343-347.
- BOLAND, M.P.; MACDONELL, H.F.; AHMED, T.S.; REID, J.F.S. 1986. Use of fenprostalene in superovulated beef heifers. *Veterinary Record (G.B.)* 119:241-242.

- CHRISTENSEN, D.S.; HOOPWOOD, M.L.; WILTBANK, J.N. 1974. Levels of hormones in the serum of cycling beef cows. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 38(3):577-583.
- CLARK, B. & BIRSCHWAL, H.F. 1986. The practitioners use rapid progesterone assay in the dairy cow. *The Bovine Practitioner* (EE.UU.) 21:128-131.
- CONN, M.P.; MCARDLE, C.A.; ANDREWS, W.V.; HUNCKLE, W.R. 1987. The molecular basis of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) action in the pituitary gonadotrope. *Biology of Reproduction* (EE.UU.) 36(1):17-35.
- CORNWELL, D.G.; HENTGES, J.F.; FIELDS, M. 1985. Prostaglandin F2 α as a synchronizer of estrus in Brahman heifers. Publicado en: Florida Beef Cattle Research Report (EE.UU.) 1:16-24.
- DE ALBA, J. 1984. El bovino Romosinuano en Turrialba. CATIE (C.R.) Serie Técnica, Boletín Técnico N $^{\circ}$ 13. 16 P.
- DEJONG, F.H.; SHARPE, R.M. 1976. Evidence for inhibin-like activity in bovine follicular fluid. *Nature* (Francia) 236:71-72.
- DIAZ, T.; MANZO, M.; TROCONIZ, J.; BENACCHIO, N.; VERDE, O. 1986. Plasma progesterone levels during the oestrous cycle of Holstein and Brahman cows, Carora type and Cross-bred heifers. *Theriogenology* (EE.UU.) 26(4):419-443.
- DIELEMAN, S.J.; BEVERS, M.M.; VAN TOL, H.T.M.; WILLEMSE, A.H. 1986. Peripheral plasma concentrations of oestradiol, progesterone, cortisol, LH and prolactin during the oestrous cycle in the cow, with emphasis on the peri-oestrous period. *Animal Reproduction Science* (Holanda) 10:275-292.
- DONALSON, L.E.; BASSETT, J.M.; THORBURN, G.D. 1970. Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation, and the effects of undernutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentration. *Journal of Endocrinology* (G.B.) 48(4):599-614.
- DOWNEY, B.R. 1980. Regulation of the estrous cycle in domestic animals. *Canadian Veterinary Journal* (Can.) 21:301-306.
- ECHTERNKAMP, S.E. & HANSEL, W. 1973. Concurrent changes in bovine plasma hormone levels prior to and during the first postpartum estrous cycle. *Journal of Animal Sciences* (EE.UU.) 37(6):1362-1370.

- FRANCO, O.J.; DROST, M.; THATCHER, M.J.; SHILLE, V.M.; THATCHER, W.W. 1987. Fetal survival in the cow after pregnancy diagnosis by palpation per rectum. *Theriogenology* (EE.UU.) 27(4):631-644.
- FIELDS, M. 1984. Relaxin and oxytocin: recently discovered ovarian hormones in the cow. *Florida Agricultural Research* (EE.UU.) 3(1):44-50.
- _____. 1985. The physiology and endocrinology of the bovine estrous cycle. Presentado en: Bovine Embryo Transfer Workshop for Veterinarians. Gainesville Florida, march 7-9.
- _____; SANTOS, E.A.; WARNICK, A.C.; DIXON, P. 1987. Estrous synchronization in beef cattle: A new approach. Presentado en: International Conference on Livestock and Poultry in the Tropics, Gainesville Florida (EE.UU.), may 11-16.
- FOGWELL, R.L.; REID, W.A.; THOMPSON, C.K.; THOME, M.J.; MORROW, D.A. 1986. Synchronization of estrus in dairy heifers: A field demonstration. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 60:1665-1672.
- GALINA, C.; SANTIÉL, A.; VALENCIA, J.; BECERRIL, J.; BUSTAMANTE, G.; CALDERON, A.; DUCHATEAU, A.; FERNADES, S.; OLGUIN, A.; PARAMO, R.; ZARCO, L. 1986. *Reproducción de animales domésticos*. Limusa. México, D.F.; 375 p.
- _____; DUCHATEAU, A.; NAVARRO-FIERRO, R. 1986b. Assessment of the reproductive efficiency of *Bos indicus* cattle in the tropical areas of Mexico. Vienna, International Atomic Energy Agency. p. 215-223. Reimpreso de: *Nuclear and Related Techniques in Animal Production and HEALTH*.
- _____; ORIHUELA, A.; DUCHATEAU, A. 1987. Reproductive physiology in zebu cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* (EE.UU.) 3(3):619-631.
- GARVERICK, H.A.; ERB, R.E.; NISWENDER, G.D.; CALLAHAN, C.J. 1971. Reproductive steroids in the bovine. III. Changes during the estrous cycle. *Journal of Animal Sciences* (EE.UU) 32(5):946-956.

- GILSON, W.D.; HILL, G.M.; LOONEY, C.R.; HARPEL, R.A.; BLANCHARD, J.P.; GODKE, R.A. 1981. Synchronizing estrus and AI in Brahaman-based cattle following prostaglandin F_{2α} (Lutalyse) treatments. Livestock Producers Day - Louisiana Agricultural Experiment Station (EE.UU.). Animal Science Department Livestock Producers Day No 22, p. 47-52.
- GONZALEZ-STAGNARO, C. 1983. Comportamiento reproductivo de las razas locales de rumiantes en el trópico americano. In: Reproduction des ruminants en zone tropicale, Editorial INRA, Guadeloupe (F.W.I). 519 p.
- GOTO, K.; NAKANISHI, Y.; OHKUTSA, S.; OGAWA, K.; TASAKI, M.; OHTA, M.; INAHAE, S.; TATEYAMA, S.; KAWABATA, T. 1987. Plasma progesterone profiles and embryo quality in superovulated Japanese black cattle. Theriogenology (EE.UU.) 27(5):819-826.
- GUSTAFSSON, H.; LARSSON, K.; KINDAHL, H.; MADEJ, A. 1986. Sequential endocrine changes and behavior during oestrus and metaestrus in repeat breeder and virgin heifers. Animal Reproduction Science (Holanda) 10:261-273.
- HAFEZ, E.S.E. 1980. Reproduction in farm animals. Philadelphia, EE.UU, Lea & Fibenger. 480 p.
- HANSEL, W. & SNOOK, R.B. 1970. Pituitary ovarian relationships in the cow. Journal of Dairy Sciences (EE.UU.) 53(7):945-961.
- _____; CONVEY, E.M. 1983. Physiology of the estrous cycle. Journal Animal Science (EE.UU.) 57(suppl. 2):404-426.
- _____; DOWD, J.P. 1986. New conceptus of the control of corpus luteum function. Journal of Reproduction & Fertility (EE.UU.) 78:755-768.
- _____; ALILA, H.W.; DOWD, J.P.; YANG, X. 1987. Control of steroidogenesis in small and large bovine luteal cells. Australian Journal Biology Science (Australia) 40:331-347.
- HARDIN, D.R.; WARNICK, A.C.; WISE, T.H.; SCHULTZ, R.H.; FIELDS, M.J. 1980a. Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol (ICI 80996): I. Fertility. Theriogenology (EE.UU.) 14:249-257.

- _____ ; WARNICK, A.C.; FIELDS, M.J. 1980b. Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol (ICI 80996): II. Estrus. *Theriogenology* (EE.UU.) 14:259-268.
- HENRICKS, D.M.; LAMOND, D.R.; HILL, J.R.; DICKEY, J.F. 1971. Plasma progesterone concentrations before mating and in early pregnancy in the beef heifer. *Journal of Animal Sciences* (EE.UU.) 33(2):450-454.
- IMAKAWA, K.; DAY, M.L.; ZALESKY, D.D.; GARCIA-WINDER, M.; KITTOK, R.J.; KINDER, J.E. 1986. Influence of dietary-induced weight changes on serum luteinizing hormone, estrogen and progesterone in the bovine female. *Biology of Reproduction* (EE.UU.) 35:377-384.
- JACKSON, P.S.; JOHNSON, C.T.; BULMAN, D.C.; HOLDSWORTH, R.J. 1979. A study of cloprostenol-induced oestrus and spontaneous oestrus by means of the milk progesterone assay. *British Veterinary Journal* (G.B.) 135:578-590.
- JASTER, E.H.; BRODIE, B.O.; LODGE, J.R. 1976. Influence of season on timed inseminations of dairy heifers synchronized by prostaglandin F_{2α}. *Journal of Dairy Sciences* (EE.UU.) 65(9):1776-1780.
- JUNKKARINEN, L. 1987. Progesterone testing checks fertility. *Scandinavian Dairy Industry* (Finlandia) 3:151-152.
- KAZAMA, N.; HANSEL, W. 1970. Preovulatory changes in the progesterone levels of bovine peripheral blood plasma. *Endocrinology* (EE.UU.) 86(6):1252-1256.
- KINDER, J.E.; DAY, M.L.; KITTOK, R.J. 1986. Endocrine regulation of puberty in cows and ewes. *Journal of Reproduction & Fertility* (EE.UU) 34:167-186.
- KIRACOFÉ, G. 1988. Estrus synchronization in beef cattle. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* (Can.) 10(1):57-60.
- LOKHADANDE, S.M.; PATIL, V.H.; MAHAJAN, D.C.; PHADNIS, Y.P.; HUMBLLOT, P.; THIBIER, M. 1983. Fertility on synchronized estrus. *Theriogenology* (EE.UU.) 20(4):397-407.
- MCCRACKEN, J.A. 1984. Update on luteolysis - receptor regulation of pulsatile secretion of prostaglandin F_{2α} from the uterus. *Research in Reproduction* (G.B.) 10(2):1-2.
- MCDONALD, L.E. 1983. *Reproducción y endocrinología veterinarias*. México, D.F., Interamericana. 466 p.

- MASCARENHAS, R.D.; RIOS VASQUEZ, M.I.A.M.; HORTA, A.E.M.; ROBALO SILVA, J.; PORTUGAL, A.V. 1986. Seasonal variation in the ovarian activity of beef cows assessed by monitoring progesterone concentrations. *Animal Reproduction of Science (Holanda)* 10:251-259.
- MILVAE, R.A. & HANSEL, W. 1983. Prostacyclin, prostaglandin F_{2α} and progesterone production by bovine luteal cells during the estrous cycle. *Biology of Reproduction (EE.UU.)* 29:1063-1068.
- MORENO, I.Y.D.; GALINA, C.S.; ESCOBAR, F.J.; RAMIREZ, B.; NAVARRO-FIERRO, R. 1986. Evaluation of lytic response of prostaglandin F₂ alpha in Zebu cattle based on serum progesterone. *Theriogenology (EE.UU.)* 23:413-421.
- ORIHUELA, A.; GALINA, C.S.; ESCOBAR, F.J. 1983. Estrous behaviour following prostaglandin F_{2α} injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology (EE.UU.)* 19:795-809.
- ORTA, C.; LINARES, T.; DIAZ, T.; QUINTERO, E.; TROCONIZ, J. 1987. Momento de ovulación determinado por endoscopia en novillas Brahaman. In: Seminario para América latina sobre el mejoramiento de la eficiencia reproductiva y salud del ganado a través de radioinmunoanálisis y técnicas relacionadas. Maracay, Ven., FAO/IAEA. p. 1-3.
- OTT, R.S.; BRETZLAFF, K.N.; HIXON, J.E. 1986. Comparison of palpable corpora lutea with serum progesterone concentrations in cows. *Journal of the American Veterinary Association (EE.UU.)* 188(12):1417-1419.
- OYEDIPE, E.O.; VOH (Junior), A.A.; MARIRE, B.N.; PATHIRAJA, N. 1986. Plasma progesterone concentrations during the oestrous cycle and following fertile and non-fertile inseminations of zebu heifers. *British Veterinary Journal (G.B.)* 142:41-51.
- PATE, J.L. 1987. Regulation of *in vitro* prostaglandin synthesis by progesterone in the bovine corpus luteum. *Biology of Reproduction (EE.UU.)* 36(1):137-140.
- PATHIRAJA, N.; OYEDIPE, E.O.; VOH (Junior), A.A.; DAWUDA, P.M. 1986. Accuracy of rectal palpation in the diagnosis of corpora lutea in zebu cows. *British Veterinary Journal (G.B.)* 142:467-471.
- PENNINGTON, J.A.; SCHULTZ, L.H.; HOFFMAN, W.F. 1985. Comparison of pregnancy diagnosis by milk progesterone on day 21 and 24 postbreeding: Field study in dairy cattle. *Journal Dairy Science (EE.UU.)* 68:2740-2745.

- PETERS, A.R.; RILEY, G.M.; RAHIM, S.E.A.; LOWMAN, B.G. 1980. Milk progesterone profiles and the double injection of cloprostenol in post partum beef cows. *Veterinary Record (G.B.)* 107(8):174-177.
- _____; LAMMING, E. 1983. Hormone patterns and reproduction in cattle. In *Practice (G.B.)* setiembre:153-158.
- _____. 1984a. Luteolysis in cow using the prostaglandin F_{2α} analogue, tiaprost, and the effect of mode of administration. *Veterinary Record (G.B.)* 114:418-421.
- _____. 1984b. Reproductive activity of the cow in the post-partum period. I. Factors affecting the length of the post-partum acyclic period. *British Veterinary Journal (G.B.)* 140:76-84.
- _____. 1986. Hormonal control of the bovine oestrus cycle. II. Pharmacological principles. *British Veterinary Journal (G.B.)* 142(1):20-29.
- _____; BALL, P.J.H. 1987. *Reproduction in cattle*. London, Butterworths. 191 p.
- PINZON, M.E. 1981. Vacuno Romosinuano. *Suplemento de la Revista Ganadero (Colombia)* 2(2):3-60.
- _____. 1985. *Historia de la ganaderia bovina Colombiana*. Edición del Banco Ganadero Colombiano, Bogotá, Colombia. 200 p.
- PLASSE, D.; WARNICK, A.C.; KOGER, M. 1970. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment IV. Length of estrous cycle, duration of estrous, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahaman heifers. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 30(1):63-72.
- PLOTKA, E.D.; ERB, R.E.; CALLAHAN, C.J.; GOMEZ, W.R. 1967. Levels of progesterone in peripheral blood plasma during the estrous cycle of the bovine. *Journal of Dairy Sciences (EE.UU.)* 50(7):1158-1160.
- PLUNKETT, S.S.; STEVENSON, J.S.; CALL, E.P. 1984. Prostaglandin F_{2α} for lactating dairy cows with a palpable corpus luteum but unobserved estrus. *Journal of Dairy Sciences (EE.UU.)* 67(2):380-387.
- RANDEL, R.D. 1980. Serum progesterone levels during the estrous cycle in Brahaman, Brahaman x Hereford and Hereford heifers. *Report Technical of Center Research from Texas A & M University (EE.UU.)* 80(2):8-10.

- _____. 1984. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds). *Theriogenology* (EE.UU.) 21:170-185.
- RENTFROW, L.R.; RANDEL, R.D.; NEUENDORFF, D.A. 1986. Effect of estrus synchronization with Syncro-Mate-B on serum luteinizing hormone, progesterone and conception rate in Brahman heifers. *Theriogenology* (EE.UU.) 28(3):355-362.
- ROBERT, O.; TAYLOR, R.T. 1986. El estado reproductivo en cuatro fincas de ganado Jersey valorado mediante niveles de progesterona en leche. *Turrialba* (C.R.) 36(2):179-186.
- ROBERTSON, H.A. 1972. Sequential changes in plasma progesterone in the cow during the estrous cycle, pregnancy, at parturition, and post-partum. *Canadian Journal of Animal Sciences* (Can.) 52(4):645-658.
- RODRIGUEZ, D. 1967. Marmoleo y extracto etéreo en las canales de las razas Santa Gertrudis, Brahman, Criollo y sus cruizas reciprocas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., IICA. 35 p.
- RUTTER, L.M.; RANDEL, R.D. 1984. Luteal competency during the resumption of ovarian cyclicity in postpartum Brahman cows. *Theriogenology* (EE.UU.) 20(5):713-725.
- SATO, E.; ISHIBASHI, T.; IRITANI, A. 1982. Purification and action sites of a follicle stimulating hormone inhibitor from bovine follicular fluid. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 55(4):873-877.
- SCHALLENBERGER, E.; SCHAMS, D.; BULLERMANN, B.; WALTERS, D.L. 1984. Pulsatile secretion of gonadotrophins, ovarian steroids and ovarian oxytocin during prostaglandin induced regression of the corpus luteum in the cow. *Journal Reproduction & Fertility* (EE.UU.) 71:493-501.
- SCHWALL, R.H.; SAWYER, H.R.; NISWENDER, G.D. 1986. Differential regulation by LH and prostaglandins of steroidogenesis in small and large luteal cells of the ewe. *Journal of Reproduction & Fertility* (G.B.) 76(2):821-829.
- SHEMESH, M.; AYALON, N.; LAVI, S.; MILEGUIR, F.; SHORE, L.S.; TOBY, D. 1983. A new approach to the use of progesterone levels for pregnancy determination. *British Veterinary Journal* (G.B.) 139:41-48.

- SNOOK, R.B.; SAATMAN, R.R.; HANSEL, W. 1971. Serum progesterone and Luteinizing hormone levels during the bovine estrous cycle. *Endocrinology (EE.UU.)* 88(3):678-686.
- SPRAGUE, E.A.; HOPWOOD, M.L.; NISWENDER, G.D.; WILTBANK, J.N. 1971. Progesterone and luteinizing hormone levels in peripheral blood of cycling beef cows. *Journal of Animal Sciences (EE.UU)* 33(1):99-103.
- STEVENSON, J.S.; SCHMITD, M.K.; CALL, E.P. 1984. Stage of estrous cycle, time of insemination, and seasonal effects on estrus and fertility of Holstein heifers after prostaglandin F2 α . *Journal of Dairy Sciences (EE.UU)* 67(8):1798-1805.
- SWENSON, M.J. 1984. *Dukes' physiology of domestic animals*. 10 ed., New York, Vail-Ballou Press. 922 p.
- TURNER, T.B.; PETERSON, G.A.; DAVIS, M.E.; WILSON, G.R.; IRVIN, K.M.; FERRY, J.T.T. 1987. Synchronization of estrus in beef cows and heifers with fenprostalene, cloprostenol sodium, and prostaglandin F2 alpha. *Theriogenology (EE.UU.)* 28(1):15-25.
- VACA, L.A.; GALINA, C.S.; FERNANDEZ, B.S.; ESCOBAR, F.J.; RAMIREZ, B. 1983. Progesterone levels and relationships with diagnosis of a corpus luteum by rectal palpation during the oestrus cycle in zebu cows. *Theriogenology (EE.UU.)* 20(1):67-76.
- VAN DE WIEL, D.F.M.; KOOPS, W. 1986. Development and validation of an enzyme immunoassay for progesterone in bovine milk or blood plasma. *Animal Reproduction Science (Holanda)* 10:201-213.
- VILLACORTA, V.V. 1960. The estrous cycle, duration of heat and time of ovulation in cattle in the tropics. *Animal Breeding Abstracts (EE.UU.)* 29:52-55.
- VOH, A.A.; OYEDIPE, E.O; PATHIRAJA, N; BUVANENDRAN, V; KUMIDIKA, J. 1987. Peripheral plasma levels of progesterone in Nigerian zebu cows following synchronization of oestrus with prostaglandin f2 alpha analogue (Dinoprost Tromethamine). *British Veterinary Journal (G.B.)* 143:254-263.
- WALTERS, D.L.; SCHAMS, D.; SCHALLENBERGER, E. 1984a. Pulsatile Secretion of gonadotrophins, ovarian steroids and ovarian oxytocin during the luteal phase of the oestrous cycle in the cow. *Journal Reproduction & Fertility (G.B.)* 71(2):479-491.

- _____.; SCHALLENBERGER, E. 1984b. Pulsatile secretion of gonadotrophins, ovarian steroids and ovarian oxytocin during the periovulatory phase of the oestrous cycle in the cow. *Journal Reproduction & Fertility (G.B.)* 71(2):503-511.
- WILSON, G.D.A.; PARKER, B.N.T.; FOULKES, J.A.; SAVER, MJ. 1986. Fertility of dairy cows following treatment with progesterone-releasing devices and cloprostenol. *British Veterinary Journal (G.B.)* 142:47-51.
- WIMPY, T.H.; CHANG, C.F.; ESTERGREEN, V.L.; HILLERS, J.K. 1986. Milk progesterone enzyme immunoassay: Modifications and a field trial for pregnancy detection in dairy cows. *Journal Dairy Science (EE.UU.)* 69:1115-1121.
- WISE, T.H.; CATON, D.; THATCHER, W. 1982. Ovarian function during the estrous cycle of the cow: ovarian blood flow and progesterone release rate. *Journal of Animal Science (EE.UU)* 55(3):626-637.

ANEXO

Cuadro 1A. Perfiles de Progesterona Durante el Ciclo Estral en Hembras Romosinuano.

Animal	R38-B	R48-B	R2-C	R4-C	R6-C	R18-C	R24-C	R28-C	R32-C	Media
Edad (meses)	39	39	27	27	27	27	27	27	27	29.4
# Partos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Peso (kgs)	355.0	350.0	325.0	299.0	285.0	326.0	287.0	297.0	315.0	312.4
Progesterona	Ng/ml									
Día 0 = Celos	0.1*	0.1*	0.1**	0.1*	0.1*	0.2*	0.2**	0.2**	0.1*	0.1
Día 2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2
Día 4	0.2	0.2	0.8	0.4	0.4	1.0	0.7	0.8	0.2	0.5
Día 6	0.7	0.8	1.6	1.5	1.1	3.7	2.9	4.8	0.7	1.9
Día 8	2.6	2.5	2.2	2.5	2.6	5.1	3.3	5.1	2.2	3.0
Día 10	4.0	3.6	3.1	3.6	2.9	6.8	5.0	5.9	2.9	4.2
Día 12	5.5	4.1	4.2	3.7	4.8	6.9	6.1	8.6	4.6	5.3
Día 14	7.9	4.6	5.5	4.3	5.2	9.0	6.4	9.1	5.1	6.3
Día 16	5.1	4.8	4.4	4.8	6.3	10.5	5.6	7.4	6.1	6.0
Día 18	5.4	5.3	5.1	5.2	4.1	7.6	2.6	3.6	5.8	4.8
Día 20	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.6	0.4	0.3	0.5	0.3
Día 22 = Celos	0.2*	0.1*	0.1*	0.1*	0.1**	0.2*	0.2**	0.2**	0.2*	0.1

Simbología:

* = Celos observado.

** = Celos calculado con base a los niveles de progesterona.

Cuadro 2A. Perfiles de Progesterona Durante el Ciclo Estrol en Hembras Romosinuano x Brahman.

Animal	0-40	1-10	14-B	54-B	54-C	60-C	76-C	98-C	Media
Edad (Meses)	78	78	39	39	27	27	26	26	42.5
# Partos	4	4	1	1	0	0	0	0	
Peso (kgs)	433.0	463.0	421.0	402.0	357.0	407.0	369.0	414.0	408.2
Progesterona	Ng/ml								
Día 0 = Celos	0.2**	0.2*	0.2**	0.2*	0.2*	0.2*	0.1**	0.2*	0.2
Día 2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
Día 4	0.4	0.4	1.1	1.2	0.8	0.5	0.3	0.3	0.6
Día 6	3.1	1.0	2.3	3.0	1.6	2.3	0.5	1.4	1.9
Día 8	6.3	2.8	3.5	5.0	3.6	5.8	1.2	3.2	3.9
Día 10	7.0	4.8	5.9	5.9	4.8	6.4	2.5	5.8	5.4
Día 12	8.8	4.6	6.8	6.2	8.0	7.8	3.1	6.3	6.4
Día 14	7.9	5.4	6.9	7.5	7.9	10.4	4.9	7.3	7.3
Día 16	9.2	5.6	9.3	8.9	7.5	8.6	5.8	6.8	7.7
Día 18	7.0	6.2	4.9	7.4	4.0	4.4	6.1	6.4	5.8
Día 20	0.5	0.5	0.5	6.4	0.4	0.6	6.2	0.5	1.9
Día 22	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Día 24 = Celos	0.2*	0.2*	0.2**	0.2*	0.2**	0.2*	0.1**	0.2*	0.2

Simbología:

* = Celos observado.

** = Celos calculado con base a los niveles de progesterona.

Cuadro 3A. Respuesta Luteolítica con Base a los Niveles de Progesterona en Hembras Romosinuano.

Animal	R36-B	R48-B	R2-C	R4-C	R6-C	R10-C	R18-C	R20-C	R28-C	R32-C	R86-C
Edad (meses)	39	39	27	27	27	27	27	27	27	27	26
# Partos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso (kgs)	355.0	350.0	325.0	299.0	285.0	332.0	326.0	304.0	297.0	315.0	321.0
Hora al Celoz	66.0	119.0	119.0	42.0	65.0	57.0	119.0	**	46.0	**	48.0
Horas en Celoz	9.0	12.0	12.5	13.0	4.0	19.0	12.5		9.0		24.0
Progesterona	Ng/ml										
0.1 Hora PGF2 α	2.0	6.6	4.2	3.6	6.6	6.0	6.3	7.4	5.3	4.4	5.8
12 Horas	1.0	4.2	1.2	1.8	2.5	1.5	4.2	1.6	2.0	2.8	3.7
24 Horas	0.4	0.9	0.3	0.4	0.3	0.5	0.8	0.5	0.5	1.1	0.7
48 Horas	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.2	0.2	1.0	0.4
72 Horas	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	1.2	0.2
96 Horas	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.9	0.1

Simbología:

* = Tiempo transcurrido desde la aplicación de PGF2 α hasta el inicio del estro.** = Sin Manifestaciones de celo entre las 48 y 144 horas luego de aplicada la PGF2 α .

Cuadro 4A: Respuesta Luteolítica con Base a los Niveles de Progesterona en Hembras Romosinuano x Brahman.

Animal	0-40	1-10	14-8	54-B	110-B	54-C	60-C	76-C	78-C	98-C	112-C
Edad (meses)	78	78	99	39	39	27	27	27	27	27	27
# Partos	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Peso (kgs)	443.0	463.0	421.0	402.0	430.0	357.0	407.0	369.0	313.0	414.0	327.0
Hora al Celox	58.0	57.0	**	**	**	50.0	**	**	**	**	**
Horas en Celox	2.0	1.0				27.0					
Progesterona	Mg/ml										
0.1 Hora PGF2 α	4.3	1.2	7.4	3.7	3.8	5.0	1.4	3.5	3.6	4.1	4.4
12 Horas	3.2	1.4	2.5	3.0	2.8	1.0	1.6	2.5	2.8	2.9	3.4
24 Horas	1.2	1.8	0.9	1.4	1.4	0.4	1.8	0.8	1.3	1.5	1.6
48 Horas	1.4	2.1	0.4	1.7	2.0	0.2	2.0	0.3	1.6	1.8	1.9
72 Horas	2.0	2.6	0.3	2.4	2.5	0.2	2.4	0.2	2.3	2.3	2.0
96 Horas	2.6	3.4	0.2	3.1	3.2	0.1	3.2	0.1	3.0	2.7	2.8

Simbología:

* = Tiempo transcurrido desde la aplicación de PGF2 α hasta el inicio del estro.** = Sin manifestaciones de celo entre las 48 y 144 horas luego de aplicada la PGF2 α .

Cuadro 5A. Respuesta Luteolítica con Base a los Niveles de Progesterona en Novillas Brahman.

Animal	24	26	100	110	114	120	122	132	134	204	222	514
Edad (Meses)	36	36	35	31	35	30	28	28	28	28	36	38
# Partos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hora al Celox	56.0	**	73.0	106.0	96.0	**	48.0	**	**	106.0	**	75.0
Horas en Celox	37.0		11.0	15.0	25.0		3.0			1.0		5.0
Progesterona	Ng/ml	Mg/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml						
0.1 Hora PGF2 α	5.7	5.5	5.9	6.7	5.9	4.1	6.0	6.2	7.9	2.9	2.3	5.8
12 Horas	1.2	3.0	1.1	1.8	2.9	1.8	1.4	1.5	3.2	1.0	1.3	2.8
24 Horas	0.4	0.7	0.5	0.6	0.7	1.3	0.8	0.4	0.7	0.4	0.6	0.6
48 Horas	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	1.0	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2
72 Horas	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
96 Horas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	1.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1

Simbología:

* = Tiempo transcurrido desde la aplicación de PGF2 α hasta el inicio del estro.** = Sin manifestaciones de celo entre las 48 y 144 horas luego de aplicada la PGF2 α .

Cuadro 6A. Diagnóstico de Gestación con Base a los Niveles de Progesterona en Hembras Romosinuano.

Animal	R38-B	R48-B	R2-C	R4-C	R6-C	R10-C	R18-C	R20-C	R28-C	R32-C	R66-C
Edad (Meses)	39	39	27	27	27	27	27	27	27	27	26
# Partos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso (kgs)	355.0	350.0	325.0	299.0	285.0	332.0	326.0	304.0	297.0	315.0	321.0
IA con Toro	R141-C	R141-C	R43-B	R43-B	R127-B	R43-B	R43-B	R73-A	R127-C	R43-B	R43-B
Dx Gestación*	†	-	-	†	†	†	-	-	-	-	†
Progesterona	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml	Ng/ml
15 Días de IA	5.3	7.9	6.4	3.9	5.6	5.6	4.6	4.9	7.7	3.6	3.8
18 Días de IA	7.0	6.1	3.5	7.1	6.9	6.4	6.4	3.6	2.6	4.8	6.6
21 Días de IA	8.4	1.2	0.2	8.1	8.8	7.0	1.7	0.6	0.3	1.3	7.5
24 Días de IA	8.3	0.3	0.6	7.3	8.9	7.9	0.3	0.2	0.2	0.6	8.5
27 Días de IA	8.6	0.2	3.0	7.3	9.0	8.1	0.7	0.8	1.3	0.2	8.9

Simbología:

* = Por palpación rectal a los 60 días posteriores a la IA.

Cuadro 7A. Diagnóstico de Gestación en Hembras Romosinuano x Brahman.

Animal	0-40	1-10	14-B	54-B	110-B	54-C	60-C	76-C	78-C	98-C	112-C
Edad (meses)	78	78	39	39	39	27	27	27	27	27	27
# Partos	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Peso (kgs)	433.0	463.0	421.0	402.0	430.0	357.0	407.0	369.0	313.0	414.0	327.0
IA con Toro	R73-A										
Dx Gestación*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Progesterona	Ng/ml										
15 Días de IA	9.4	6.7	7.7	8.7	4.8	7.3	4.8	9.2	4.4	5.9	4.4
18 Días de IA	7.1	4.9	6.0	5.9	5.9	6.3	5.6	7.6	6.3	7.0	4.3
21 Días de IA	4.4	4.4	3.7	4.1	9.2	3.2	5.7	3.5	6.1	6.5	5.3
24 Días de IA	0.5	0.9	0.2	0.6	3.6	0.3	3.2	0.2	1.4	0.3	0.6
27 Días de IA	0.2	0.2	1.8	1.2	0.3	0.2	0.7	0.6	0.2	0.2	0.9

Simbologías:

* = Por palpación rectal a los 60 días de la IA.

Cuadro 8R. Diagnóstico de Gestación con Base a los Niveles de Progesterona en Novillas Brahman.

Animal	24	26	100	110	114	120	122	132	134	204	222	514
Edad (meses)	36	36	35	31	35	30	28	28	28	28	36	38
# Partos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IA con Toro	R73-A											
Dx Gestación*	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Progesterona	Mg/ml											
15 Días de IA	7.9	6.7	5.0	9.1	5.7	4.3	6.0	5.4	7.5	5.2	4.1	5.2
18 Días de IA	6.0	5.9	5.3	8.0	6.5	4.6	6.8	5.6	8.1	5.0	4.5	5.4
21 Días de IA	0.1	0.6	5.7	0.4	0.5	4.8	0.2	0.3	0.5	0.1	5.3	0.4
24 Días de IA	1.0	0.1	6.1	0.3	0.2	5.8	0.1	0.2	0.6	0.1	5.9	0.1
27 Días de IA	2.8	2.5	6.3	2.3	2.4	6.0	1.8	1.2	2.2	1.5	6.1	2.1

Simbología: x = Por palpación rectal a los 60 días posteriores a la IA

Cuadro 9A. Análisis de Varianza de los Niveles de Progesterona en las Razas Romosinuano y Romosinuano x Brahman.

F.v.	G.l.	S.c.	C.m.	F.c.	Pr > F.
Raza	1	0.067062	0.067062	0.10	0.75
Peso	1	0.010294	0.010294	0.02	0.90
Edad	1	0.002324	0.002324	0.00	0.95
Error	220	141.0353	0.641107		
Total	223	141.6718			

C.v. = 0.4
 $P \leq 0.0001$