

212.

Universidad Nacional Autónoma de México  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



---

**DESARROLLO FOLICULAR EN EL MOMENTO DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F<sub>2</sub> ALFA EN GANADO HOLSTEIN Y SU INFLUENCIA SOBRE EL TIEMPO QUE TRANSCURRE HASTA EL INICIO DEL ESTRO Y LA FERTILIDAD DEL MISMO.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
**P R E S E N T A**

**LUIS ALBERTO ZARCO QUINTERO**  
**ASESORES: MVZ ENRIQUE MORAN DURAN**  
**MVZ CARLOS GALINA HIDALGO**

**MEXICO, D. F.**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

	página
I- RESUMEN.....	1
II- INTRODUCCION.....	3
III- MATERIAL Y METODOS.....	10
IV- RESULTADOS.....	13
V- DISCUSION.....	27
VI- CONCLUSIONES.....	37
VII- BIBLIOGRAFIA.....	39

"DESARROLLO FOLICULAR EN EL MOMENTO DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F<sub>2</sub> ALFA EN GANADO HOLSTEIN Y SU INFLUENCIA SOBRE EL TIEMPO QUE TRANSCURRE HASTA EL INICIO DEL ESTRO Y LA FERTILIDAD DEL MISMO"

Autor: Zarco Quintero Luis Alberto.

Asesores: M.V.Z. Enrique Morán Durán.

M.V.Z. PhD Carlos Galina Hidalgo.

### RESUMEN

Se utilizaron 600 animales divididos en tres grupos de 200 animales cada uno; el grupo I incluyó animales en diestro con folículos de 5 mm. o menores; el grupo II incluyó animales en diestro con un folículo de 10 mm. aproximadamente; el grupo III incluyó animales en diestro con un folículo de 15 a 20 mm.

Cada animal fué tratado con 25 mg. de prostaglandina F<sub>2</sub> - alfa natural; se detectaron celos dos veces al día en períodos de 3 horas y se realizó la inseminación artificial 12 horas después de el inicio del estro.

El número de vacas detectadas en estro en cada grupo fué de 137 (68.5%) en el grupo I ; 134 (67%) en el grupo II; y 141 (70.5%) en el grupo III.

La media del tiempo que tardaron en mostrar estro las vacas de cada grupo fué de 90.04 ± 32.07 hrs. para el grupo I; 87.40 ± 24.90 hrs. para el grupo II, y 80.85 ± 23.25 hrs. para el grupo III; la diferencia entre los tres grupos fué significativa (p < 0.025).

El número de vacas que quedaron gestantes fué de 37 animales en el grupo I, 57 en el grupo II y 55 en el grupo III. La -- diferencia de 20 animales gestantes entre el grupo I y el grupo II es significativa (  $p < 0.025$  ). La diferencia de 18 animales entre - el grupo I y el III también es significativa (  $p < 0.05$  ). La dife- rencia de 2 animales entre el grupo II y el grupo III no es signi- ficativa.

"DESARROLLO FOLICULAR EN EL MOMENTO DEL TRATAMIENTO CON PROSTAGLANDINA F<sub>2</sub> ALFA EN GANADO HOLSTEIN Y SU INFLUENCIA SOBRE EL TIEMPO QUE TRANSCURRE HASTA EL INICIO DEL ESTRO Y LA FERTILIDAD DEL MISMO"

### I N T R O D U C C I O N

a) Relación entre el tamaño del folículo al momento de la administración de prostaglandina F<sub>2</sub> alfa y el tiempo que transcurre hasta el inicio del estro.

La prostaglandina F<sub>2</sub> alfa (PGF<sub>2</sub> alfa) ha demostrado ser capaz de producir la regresión del cuerpo lúteo funcional de la vaca (8,11,14,21,24,27). La administración intramuscular de la PGF<sub>2</sub> alfa durante el diestro de la vaca resulta en luteolisis, crecimiento folicular, ovulación y fertilidad normal después de la inseminación artificial (8).

Por sus características luteolíticas, la PGF<sub>2</sub> alfa ha comenzado a ser ampliamente utilizada para la sincronización de estros en ganado bovino productor de carne (8,9,17). En ganado bovino lechero se puede utilizar la PGF<sub>2</sub> alfa para la inducción del estro con miras a disminuir el número de días abiertos y el intervalo entre partos, mejorándose así la eficiencia reproductiva del hato (1).

A pesar de las grandes ventajas del uso de la PGF<sub>2</sub> alfa, existe aún una limitante que no ha sido solucionada: el intervalo de tiempo entre el tratamiento y el inicio del estro es bastante variable, pudiendo producirse el estro entre las 48 y las 156 horas post-tratamiento. (1,8,9,17,23). Como consecuencia se hace indispensable utilizar la detección de calores post-tratamiento, o bien realizar doble inseminación para lograr una fertilidad normal (23).

La primera opción, detección de estros, resulta costosa y difícil en muchos hatos comerciales, llegando a hacerse imposible en algunos hatos de ganado productor de carne (9); además se ha reportado en México que después del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa en vacas lecheras puede haber de un 31% a un 48% de vacas no detectadas en celo, a pesar de haber ovulado normalmente (1).

La segunda opción implica inseminar dos veces a todas las vacas tratadas, hayan sido o no vistas en celo; en éstos casos las inseminaciones generalmente se realizan a las 72 y 96 horas posteriores al tratamiento, aproximadamente (9,14,15,16,21). Como consecuencia se produce un mayor gasto de semen que si se usara una sola inseminación; además siempre existe un porcentaje considerable de vacas que por iniciar el estro antes de las 60 horas post-tratamiento o después de las 96 horas posteriores al mismo, no reciben el semen en el momento adecuado para quedar gestantes;

esto puede suceder hasta en un 20 o 30 por ciento de las vacas tratadas (1,9).

De todo lo anterior se desprende la importancia de lograr una mayor precisión en la predicción del momento en que una vaca va a presentar el estro después del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa.

Está bien reconocido el hecho de que en cualquier momento del ciclo estral de la vaca existen folículos de Graaf en desarrollo y en regresión (23). Se ha reportado que en los ovarios existen folículos mayores a los 11 mms. de diámetro entre los días 4 y 13 del ciclo, y folículos cercanos a los 20 mms. de diámetro entre los días 18 y 21 (6).

Se ha descrito que en el ciclo de la vaca hay dos períodos de crecimiento folicular que ocurren; el primero entre los días 4 y 12 del ciclo estral, y el segundo entre los días 12 y 19 del mismo (7,21). Se ha propuesto que, en la vaca, el folículo ovulatorio se desarrolla a partir de un racimo de pequeños folículos que comienzan a desarrollarse a mitad del ciclo (7). Todo lo anterior indica que durante el diestro pueden coexistir en la misma vaca uno o más folículos en diverso estado de desarrollo con el cuerpo lúteo funcional propio del diestro y, dependiendo del momento del ciclo de que se trate, los folículos podrán sufrir atresia o continuar uno de ellos su desarrollo hasta llegar a ovular (23).



La progesterona secretada por el cuerpo lúteo inhibe la secreción de gonadotropinas, particularmente hormona luteinizante (LH) (4,10,14,21,24). Por ésta razón un folículo no puede ovular -- mientras exista un cuerpo lúteo funcional. Además la progesterona -- inhibe el comportamiento de estro (11,16) y por eso la vaca no --- muestra celo mientras exista el cuerpo lúteo funcional, aún cuando en sus ovarios existan folículos productores de estrógenos.

Al producirse artificialmente la lisis del cuerpo lúteo -- mediante la administración de  $PGF_2$  alfa, se produce una baja en los niveles de progesterona en sangre, retirándose el efecto inhibito-- rio que ésta hormona ejercía sobre la hipófisis (2,3,4,5,10,13,17, 20,21,26). Esto permite que cualquier folículo de Graaf que éste -- presente en los ovarios en ése momento y no éste en proceso de a-- tresia , sea estimulado por los niveles crecientes de gonadotropi-- nas, pudiendo continuar su desarrollo hasta hacer que el animal -- manifieste conducta de éstro y llegue a una eventual ovulación (4, 17,25).

Teniendo en cuenta que el período que transcurre entre la aplicación de  $PGF_2$  alfa y la lisis del cuerpo lúteo es constante -- (8,12,16,21,23), la variable más importante en cuanto al tiempo que transcurre desde el tratamiento hasta el inicio del estro puede ser el tiempo requerido por el mayor folículo presente en los ovarios -- el momento del tratamiento para completar su crecimiento y madurar hasta el estado preovulatorio (23).

El tiempo que el folículo tarde en alcanzar ese desarrollo dependerá principalmente del tamaño inicial del folículo (23); por lo tanto el factor más importante que afecta el intervalo entre el tratamiento con  $\text{PGF}_2$  alfa y el inicio del estro puede ser el tamaño del más grande folículo presente en los ovarios en el momento del tratamiento (23).

b) Relación entre el tamaño del folículo en el momento del tratamiento con  $\text{PGF}_2$  alfa y la fertilidad del estro subsecuente.

Generalmente se ha reportado fertilidad normal en el primer estro posterior al tratamiento con  $\text{PGF}_2$  alfa, ya sea utilizando detección de estros o doble inseminación (9,14,15).

Sin embargo se sabe que para lograr una fertilización exitosa seguida de una gestación sin contratiempos es necesario que exista un perfecto equilibrio en el organismo materno; esto implica una sucesión de eventos por demás precisa que incluye; ovulación, en el momento adecuado, de un gameto en estado ideal de madurez; un tracto genital bajo los efectos de cantidades adecuadas de estrógenos en el momento de la ovulación, fertilización, y los primeros 2-3 días de vida embrionaria; seguidos por un paso gradual a la influencia predominantemente progesterónica para que, en el momento en que el embrión pase al útero, se encuentre éste órgano preparado para continuar la gestación (4,5,10,11,18,22).

La administración de  $\text{PGF}_2$  alfa exógena con la subsiguiente lisis del cuerpo lúteo en un momento en que las estructuras ováricas no correspondan con las que se encuentran en el momento de la liberación natural de  $\text{PGF}_2$  alfa endógena podría afectar éste equilibrio, influyendo desfavorablemente en la fertilidad. Sabemos que la vaca normalmente tiene por lo menos un folículo mayor de 10 mms. en el momento de la liberación natural de  $\text{PGF}_2$  alfa endógena (4,7,8,23) , de tal forma que para el día que se produce el nuevo celo - el folículo ya mide 15-20 mms. de diámetro, y es apto para responder a la LH y ovular (7,23). Por ésta razón pensamos que es probable que las vacas que tengan folículos de 10mms. o mayores en el momento del tratamiento no se vean afectadas en su fertilidad, ya que la aplicación de la  $\text{PGF}_2$  alfa ocurriría en éste caso en condiciones similares a las naturales. En cambio las vacas que en el momento de la aplicación de  $\text{PGF}_2$  alfa solamente tuvieran folículos de 5 mms. o menores sí sufrirían una baja de fertilidad, ya que éstas vacas necesitan de 47 a 432 horas (según el tamaño inicial del folículo) a partir del tratamiento, para desarrollar un folículo con madurez suficiente para ser capaz de responder a la LH y ovular(23). De acuerdo con lo anterior, pensamos que un número variable de éste último grupo de vacas carecerían de folículo preovulatorio en el momento que se presentara el estro, por lo que en ellas se presentaría un fenómeno de ovulación retardada con respecto al estro, lo que repercutiría desfavorablemente en la fertilidad obtenida al inseminar tomando como base los signos de estro.

c) Objetivos.

Los objetivos de éste trabajo són por lo tanto:

- 1) Establecer si existe o no relación entre el tamaño del folículo presente en los ovarios al momento de la administración de  $\text{PGF}_2$  alfa y el intervalo que transcurre desde el tratamiento hasta el inicio del estro.
- 2) Intentar establecer un criterio que permita una mayor precisión en la predicción del momento en que la vaca tratada va a entrar en celo.
- 3) Establecer si existe o no relación entre el tamaño del mayor folículo presente en los ovarios al momento de la administración de  $\text{PGF}_2$  alfa y la fertilidad del estro inducido por el tratamiento.
- 4) Intentar establecer un criterio que indique si una vaca -- debe ser tratada con  $\text{PGF}_2$  alfa sea cual sea el desarrollo de folículos en sus ovarios, o si en ciertos casos algunas vacas requieren un manejo especial .

## MATERIAL Y METODOS

El experimento se realizó en tres hatos comerciales de ganado lechero (raza Holstein) de la zona de Cuautitlán, Estado de México.

Cada semana se fueron integrando al experimento los animales que durante la revisión semanal rutinaria eran encontrados en diestro (determinado por medio de la palpación de un cuerpo lúteo funcional en alguno de los ovarios) y con genitales clínicamente sanos. Esta integración de animales se continuó realizando hasta incluir 600 animales (200 en cada grupo).

Cada animal detectado en diestro fué cuidadosamente explorado por medio de la palpación rectal, clasificándose en tres grupos de acuerdo al desarrollo folicular encontrado:

Grupo I - Animales con cuerpo lúteo funcional y con folículos de Graaf de 5 mms. o menores.

Grupo II- Animales con cuerpo lúteo funcional y con un folículo de Graaf mediano (10 mms. de diámetro aproximadamente).

Grupo III - Animales con cuerpo lúteo funcional y con un folículo de Graaf grande ( 15-20 mms. de diámetro ).

Durante todo el experimento la exploración rectal y la estimación del tamaño de los folículos fué realizada por la misma persona con el fin de evitar la posible variación individual.

Inmediatamente despues de anotados los hallazgos ováricos se aplicaron a cada animal 25 mg de  $\text{PGF}_2$  alfa natural por vía intramuscular (1,9) , anotándose la fecha y hora de la inyección.

Una vez aplicada la  $\text{PGF}_2$  alfa los animales se reintegraban a sus respectivos hatos, los cuales estuvieron sujetos a detección de estros por medio de la observación visual de signos psicossomáticos de celo en períodos de 3 horas, dos veces al día.

Al comenzar el estro de cada animal se anotó la fecha y hora en que ocurrió; la inseminación se realizó 12 horas despues del inicio del celo. El diagnóstico de gestación se realizó en cada caso 40-47 días despues del servicio de inseminación.

En la evaluación de los resultados de cada uno de los tres grupos se consideraron los siguientes aspectos: Número de horas que transcurrieron desde la aplicación de  $\text{PGF}_2$  alfa hasta el inicio del estro, número de vacas detectadas en celo antes de las 60 horas posteriores a la inyección de  $\text{PGF}_2$  alfa, número de vacas detectadas en celo entre las 60 y 96 horas post-tratamiento, número de vacas detectadas en celo despues de las 96 horas post-trate-

miento , y número de vacas que quedarón gestantes en cada grupo al ser inseminadas durante el estro posterior al tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa.

La división en cuanto a vacas que iniciaron el celo antes de 60 horas, entre 60 y 96 horas y despues de 96 horas se estableció -- porque unicamente las vacas que inician el celo entre las 60 y 96 horas post-tratamiento son suceptibles de ser fertilizadas cuando se utilizan los sistemas convencionales de inseminación a tiempo-predeterminado X inseminación a las 72 y 96 horas post-tratamiento (9,14,15,16,20). Por ésta razón es conveniente determinar el porcentaje de vacas de cada grupo que serían potencialmente fertilizables en caso de utilizarse un programa convencional de inseminación artificial.

Los resultados fueron analizados por medio se pruebas de análisis de varianza, chi-cuadrada, y chi-cuadrada con corrección de Yates.

## RESULTADOS

El número de vacas que fueron detectadas en estro en cada grupo fué de 137 (68.5 %) en el grupo I ; 134 (67 %) en el grupo II, y 141 (70.5 %) en el grupo III. La diferencia entre los grupos no fué significativa (cuadro 1).

El tiempo que tardaron las vacas del grupo I en mostrar estro tuvo una media de  $90.04 \pm 32.07$  hrs. Las vacas del grupo II tardaron  $87.40 \pm 24.90$  hrs. en mostrar estro, y las vacas del grupo III tardaron  $80.85 \pm 23.25$  hrs. en presentar el estro. La diferencia entre los tres grupos es significativa ( $p < 0.025$ ) (cuadro 2).

La frecuencia de vacas que iniciaron el estro en cada periodo de 12 horas se expone en el cuadro 3. La distribución en el tiempo de vacas mostrando celos es distinta para cada grupo (figs. 1-4).

En el cuadro 4 se exponen las frecuencias relativas de vacas que mostraron estro en cada periodo de tiempo; éstos valores se expresan graficamente en la figura 5.

El número de vacas que iniciaron el estro antes de transcurrir 60 horas a partir del momento del tratamiento con la PGF<sub>2</sub> alfa fué de 9 animales en el grupo I; 6 animales en el grupo II ; y 14 animales en el grupo III (cuadro 5); la diferencia en--



tre grupos no fué significativa.

El número de vacas que iniciaron el estro entre las 60 y las 96 horas post-tratamiento fué de 88, 100, y 111 animales - en los grupos I, II y III respectivamente (cuadro 5); la dife---rencia entre grupos sí fué significativa ( $p < 0.025$ ).

El número de animales que iniciaron el estro despues - de transcurridas 96 horas desde el tratamiento fué de 40 en el - grupo I; 28 en el grupo II; y 16 en el grupo III (cuadro 5). La - diferencia entre grupos fué altamente significativa ( $p < 0.005$ ).

El número de vacas que quedaron gestantes fué de 31 -- animales en el grupo I, 57 animales en el grupo II y 55 anima---les en el grupo III (cuadro 6). La diferencia de 20 animales en---tre el grupo I y el grupo II es significativa ( $p < 0.025$ ). La di---ferencia entre el grupo I y el grupo III fué de 18 animales y -- también es significativa ( $p < 0.05$ ). La diferencia entre los gru---pos II y III fué de solo 2 animales y no es significativa ( $p > 0.05$ ).

Los resultados del experimento se encuentran resumidos en el cuadro 7.

C U A D R O 1

Número y porcentaje de vacas detectadas en estro.

GRUPO N°	n	VACAS DETECTADAS EN ESTRO	
		Número	Porcentaje de n
I (fg $\leq$ 5 mms.)	200	137	68.5 %
II (fg $\approx$ 10 mms.)	200	134	67.0 %
III (fg $\geq$ 15 mms.)	200	141	70.5 %
$\bar{x}$	200	137	68.5 %

n= total de vacas tratadas con PGF<sub>2</sub> alfa en cada grupo.  
no hay diferencia significativa entre los grupos (p > 0.05)

C U A D R O 2

Horas entre el tratamiento y el inicio del estro.

GRUPO Nº	n	HORAS AL CELO MEDIA ± D.E.	COEFICIENTE DE VARIACION
I (fg ≅ 5 mms,)	137	* 90.04 ± 32.07	35.62 %
II (fg=10 mms.)	134	* 87.40 ± 24.90	28.59 %
III (fg ≅ 15 mms)	141	* 80.85 ± 28.76	28.76 %
T O T A L	412	86.04 ± 27.30	31.72 %

n= número de vacas detectadas en estro en cada grupo.

\*valores estadísticamente diferentes  $p < 0.025$

C U A D R O 3

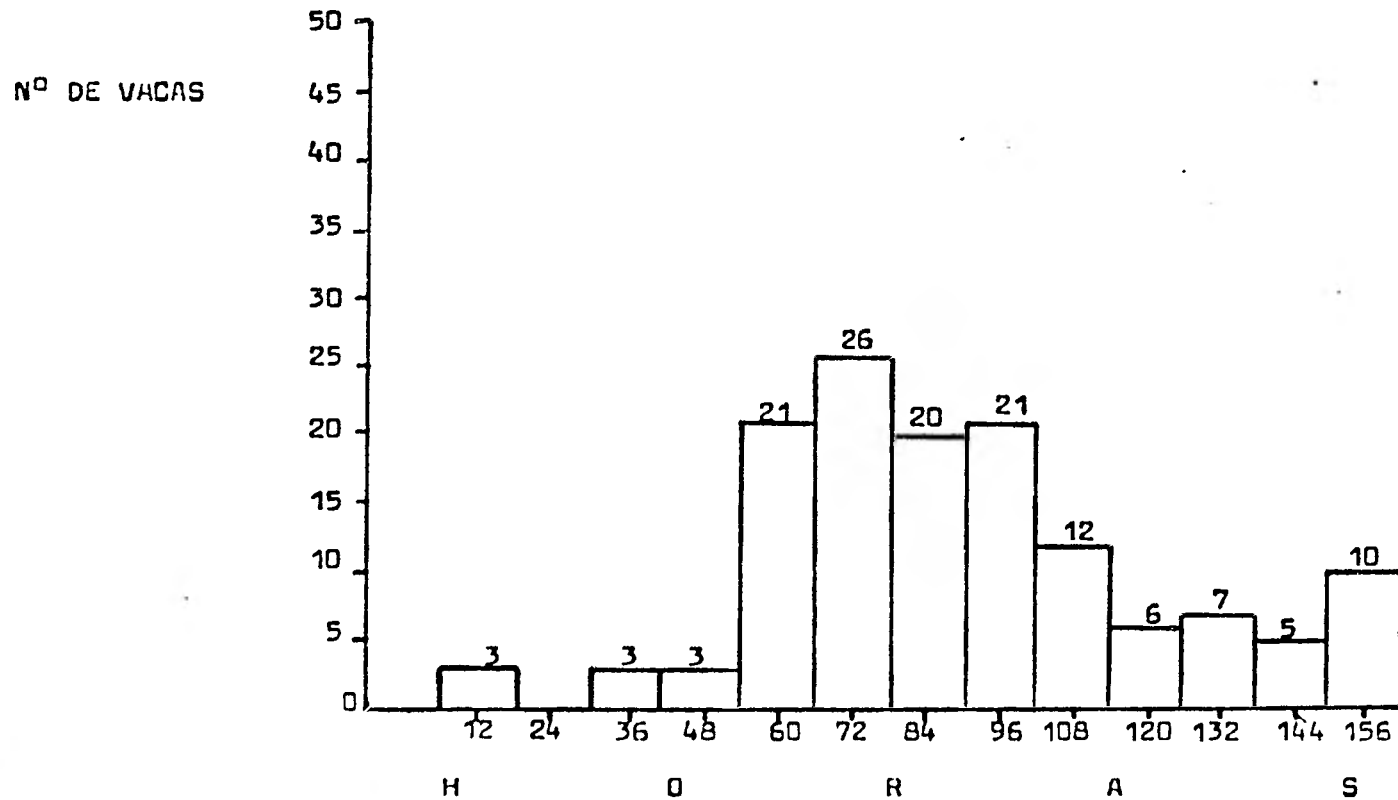
Número de vacas que iniciaron el estro en cada período de tiempo.

GRUPO Nº	n	H O R A S A L I N I C I O D E L E S T R O												
		12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156
I (fg <sub>≅</sub> 5 mm)	137	3	0	3	3	21	26	20	21	12	6	7	5	10
II (fg=10 mm)	134	0	1	1	4	19	29	20	32	12	6	2	4	4
III (fg <sub>≅</sub> 15 mm)	141	1	1	4	8	15	42	20	34	7	5	0	1	3
T O T A L	412	4	2	8	15	55	97	60	87	31	17	9	10	17

FIGURA 1

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS - GRUPO I

Horas al inicio del estro despues de PGF<sub>2</sub> alfa.

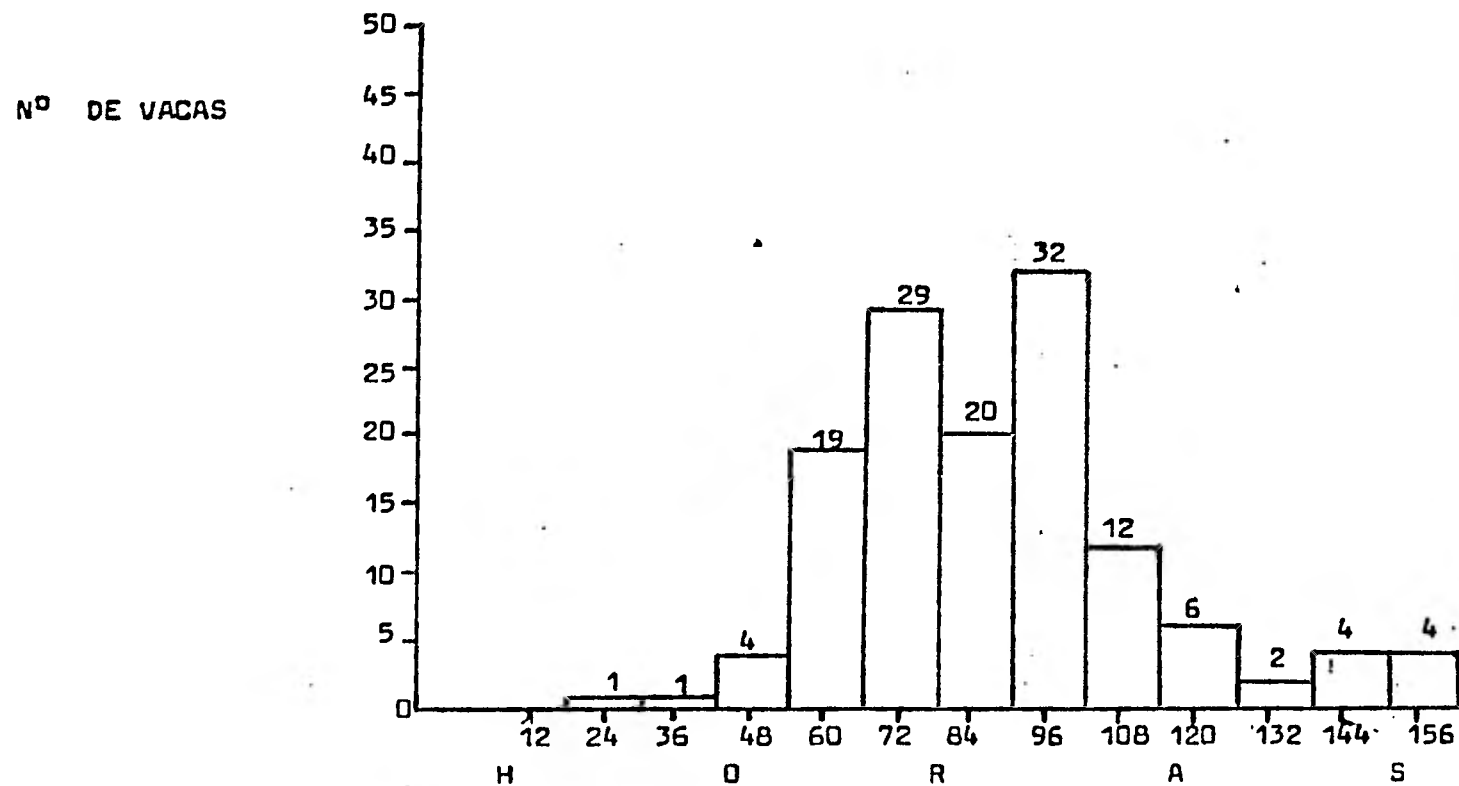


Número de observaciones = 137  
Media = 90.04 Hrs.  
Desviación estandar = 32.07 Hrs.  
Coeficiente de variación = 35.62 %

FIGURA 2

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS - GRUPO II

Horas al inicio del estro despues de PGF<sub>2</sub> alfa

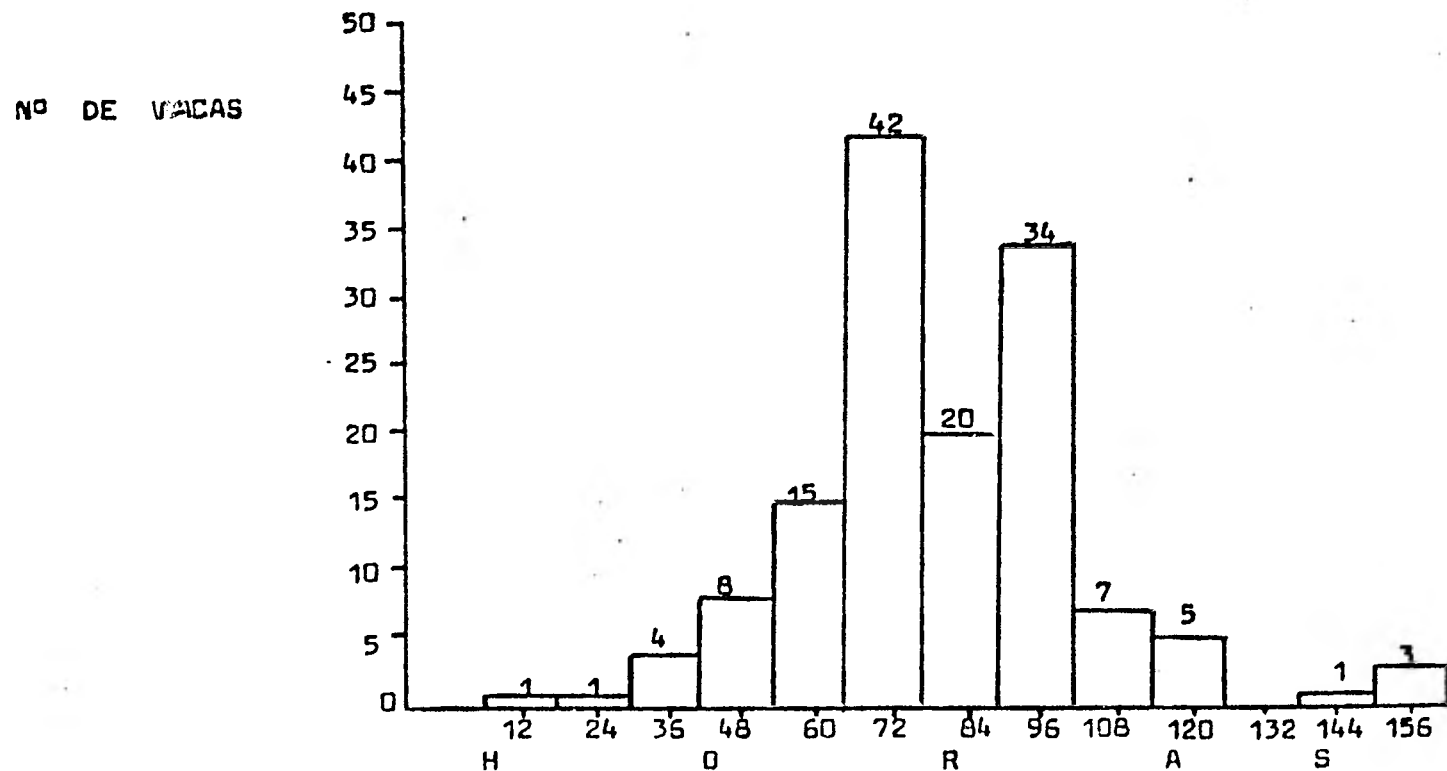


Número de observaciones = 134  
Media = 87.40 Hrs.  
Desviación estandar = 24.99 Hrs.  
Coeficiente de variabilidad = 28.59 %

FIGURA 3

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS - GRUPO III

Horas al inicio del estro despues de PGF<sub>2</sub> alfa



Número de observaciones = 141

Media = 80.85 Hrs.

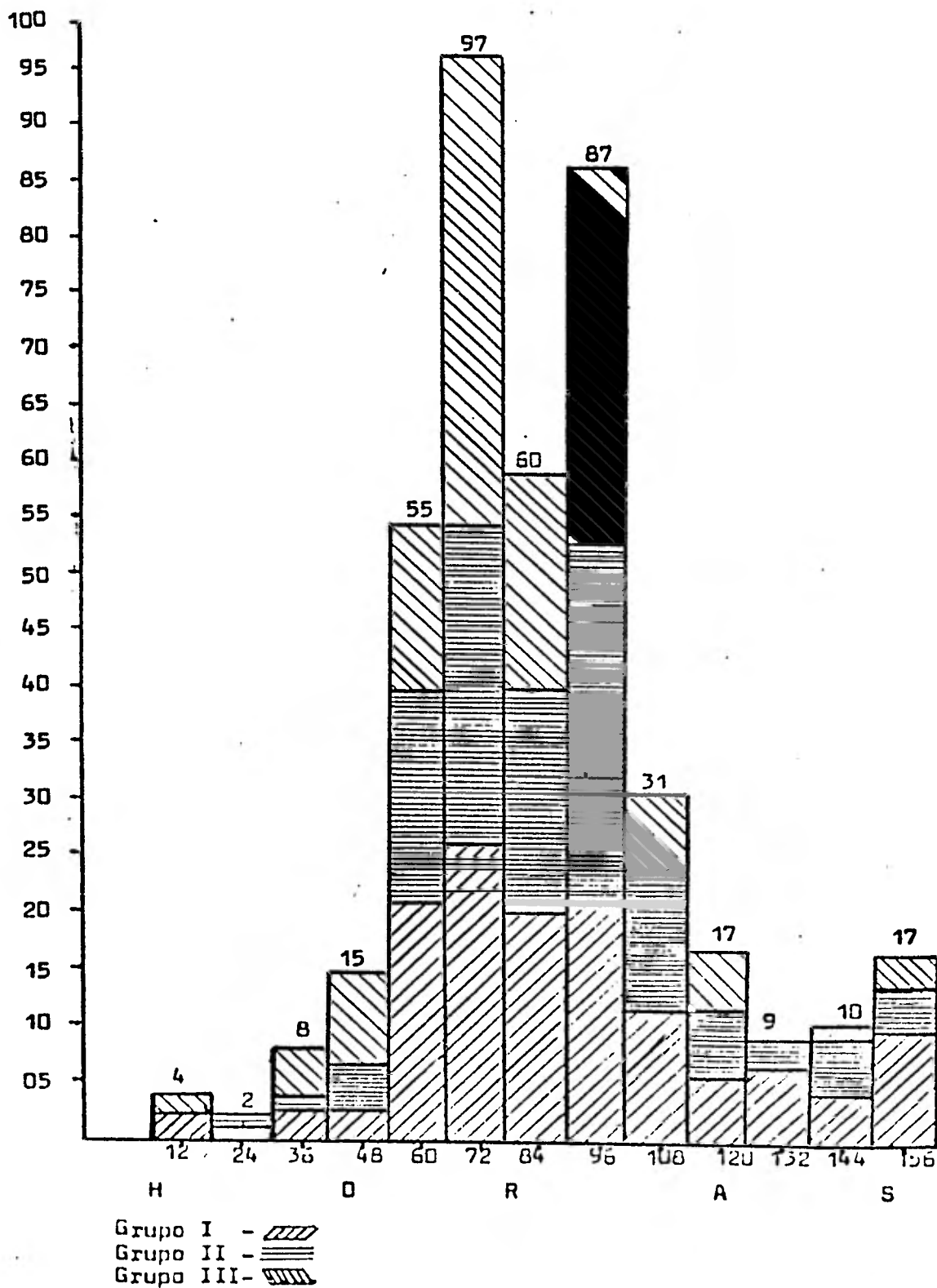
Desviación estandar = 24.99 Hrs.

Coefficiente de variabilidad = 28.59 %

Figura 4

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS - TOTAL DE LOS TRES GRUPOS  
Horas al inicio del estro despues de PGF<sub>2</sub> alfa

Nº  
D  
E  
V  
A  
C  
A  
S



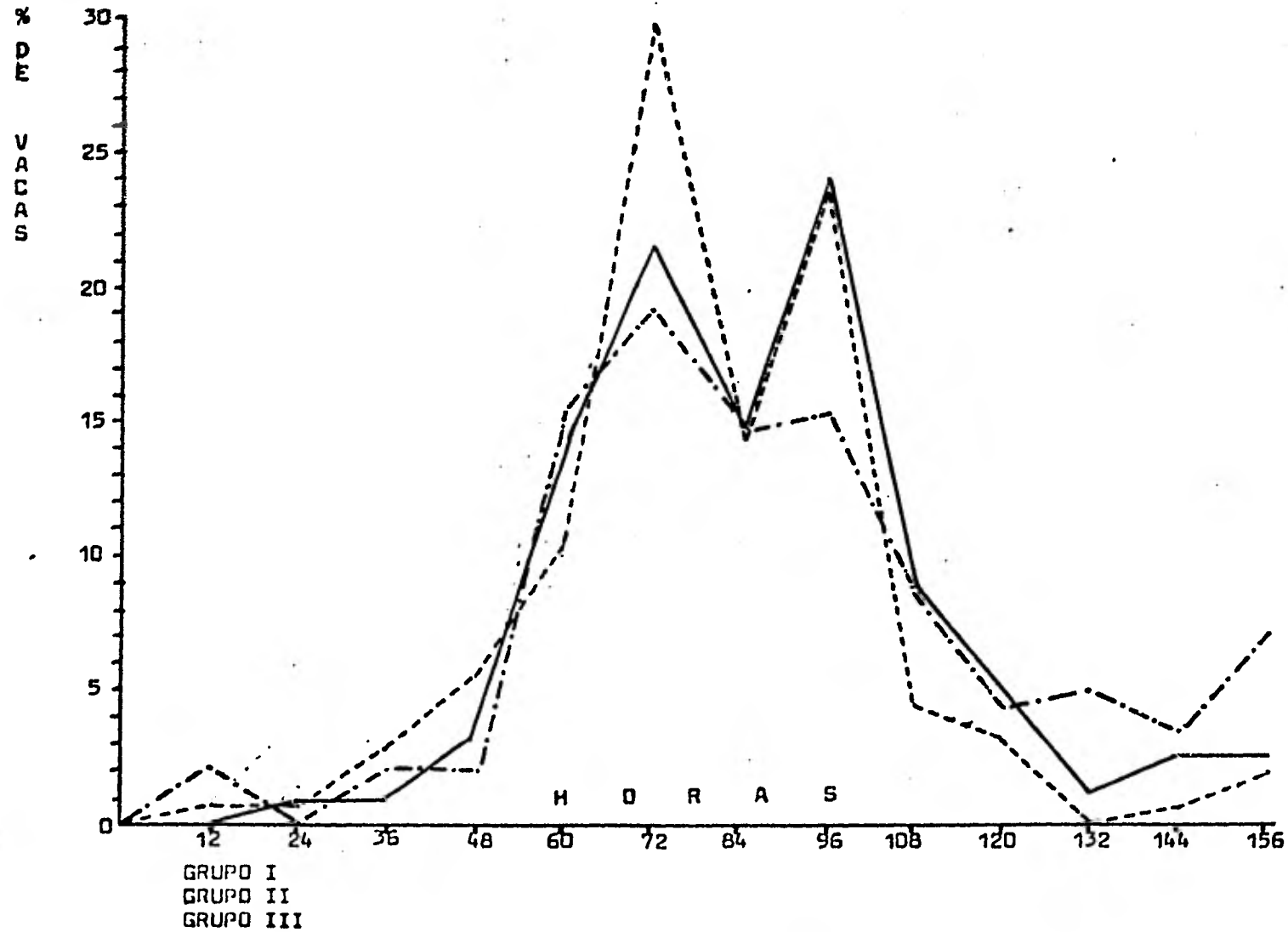


C U A D R O 4

Porcentaje de vacas que iniciaron el estro en cada periodo de tiempo ( frecuencias relativas)

GRUPO	n	H O R A S A L I N I C I O D E L E S T R O												
		12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156
I (fg ≅ 5mm)	137	2.1%	0.0%	2.1%	2.2%	15.3%	19.0%	14.6%	15.3%	8.8%	4.4%	5.1%	3.7%	7.3%
II (fg = 10 mm)	134	0.0%	0.8%	0.8%	3.0%	14.2%	21.7%	14.9%	23.9%	9.0%	4.5%	1.5%	3.0%	3.0%
III (fg ≅ 15mm)	141	0.7%	0.7%	2.8%	5.7%	10.7%	29.8%	14.2%	24.1%	5.0%	3.6%	0.0%	2.1%	2.1%

FIGURA 5  
DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS RELATIVAS - HORAS AL INICIO DEL ESTRO



C U A D R O 5

Número y porcentaje de vacas detectadas en celo antes de 60 horas, entre 60 y 96 horas, y después de 96 horas.

GRUPO Nº	n	VACAS DETECTADAS EN ESTRO.					
		ANTES DE 60 HORAS		ENTRE 60 Y 96 HORAS		DESPUES DE 96 Hrs.	
		Número	porcentaje	Número	porcentaje	Número	porcentaje
I (fg $\geq$ 5 mms)	137	9*	6.57%	88**	64.23%	40***	29.20%
II (fg = 10 mms.)	134	6*	4.48%	100**	74.63%	28***	20.90%
III (fg $\leq$ 15 mms)	141	14*	9.30%	111**	78.72%	16***	11.35%
T O T A L	412	29	7.38%	299	72.57%	84	30.15%

n = Total de vacas que mostraron celo posterior a la aplicación de PGF<sub>2</sub> alfa

Valores con \* no son estadísticamente diferentes entre sí.

Valores con \*\* son estadísticamente diferentes entre sí (p < 0.025)

Valores con \*\*\* tienen diferencia altamente significativa entre sí (p < 0.005)

C U A D R O 6

Número de gestaciones, porcentaje de vacas tratadas que quedaron gestantes y porcentaje de vacas inseminadas que quedaron gestantes.

GRUPO No	n	n.i.	V A C A S G E S T A N T E S		
			Número	% de n	% de n.i.
I (fg ≥ 5 mms)	200	137	37(a)	18.5%	27.0%
II (fg = 10 mms)	200	134	57(b)	28.5%	42.5%
III (fg ≤ 15 mms)	200	141	55(c)	27.5%	39.0%
T O T A L	600	412	149	24.8%	36.16%

n= Total de vacas tratadas con PGF<sub>2</sub> alfa  
n.i.= Número de vacas detectadas en celo e inseminadas.  
diferencia entre (a) y (b) significativa (p < 0.025).  
diferencia entre (a) y (c) significativa (p < 0.05).  
diferencia entre (b) y (c) no significativa (p > 0.05).

CUADRO 7

GRUPO Nº	n	VACAS DETECTADAS EN ESTRO				X HORAS	GESTANTES
		TOTAL	antes de 60 horas	entre 60 y 90 hrs	despues de 96 horas		
I (fg ≈ 5 mms.)	200	137	9	88	40	90.04 ± 32.07	37
II (fg=10 mms.)	200	134	6	100	28	87.40 ± 24.90	57
III (fg ≈ 15 mms)	200	141	14	111	16	80.85 ± 23.25	55
T O T A L	600	412	29	299	84		149
X̄	200	137.3	9.66	99.66	28	86.04 ± 27.30	49.66

D I S C U S I O N

El 68.5 % de las vacas tratadas con PGF<sub>2</sub> alfa fueron detectadas en celo durante los 7 días siguientes al tratamiento; este resultado es similar al 69.1 % reportado por Arriola y Morán en un rancho de la zona de Cuautitlan, México (1); También es similar al 70% reportado por Hafs en los Estados Unidos (9) y al 64% reportado por Lauderdale en el mismo país (16). No se encontró diferencia significativa entre los grupos; esto se debe a que el porcentaje de vacas que se detectan en calor depende principalmente de la eficiencia de la persona que detecta calores (1,28), siendo ésta una variable que no se ve afectada por el tamaño folicular al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa.

El tiempo que transcurrió desde el tratamiento hasta el inicio del estro tuvo una media general de 86.04 ± 27.30 horas; este intervalo es mayor a los encontrados por Hafs (9) y por Louis (17), los cuales reportaron medias de 71±4 hrs. y 64±9.6 hrs. respectivamente; sin embargo es menor al tiempo reportado por Arriola (1), el cual encontró una media de 97.92 ± 44.4 hrs.

Existe diferencia significativa en el tiempo que tardó en presentarse el estro en cada grupo; el tiempo menor se encontró

en el grupo de vacas con folículo de cuando menos 15 mms. de diámetro (GRUPO III) y fué de  $80.85 \pm 23.25$  horas. El tiempo mayor fué el de las vacas con folículos de 5 mms. o menos (GRUPO I), las cuales registraron un tiempo medio de  $90.04 \pm 32.07$  horas. Este resultado confirma la hipótesis vertida por Scaramuzzi en 1980 (23) y adoptada en el presente trabajo, dicha hipótesis propone que el tamaño del mayor folículo presente en el ovario al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa puede ser el factor más importante que afecta el intervalo entre el tratamiento y el inicio del estro.

Encontramos además que el número de vacas que mostraron celo en cada periodo de 12 horas es distinto para cada grupo, de tal forma que la presentación de celos en el grupo de vacas con folículo grande (GRUPO III) tiende a concentrarse entre las 60 y 96 horas post-tratamiento; por el contrario, la distribución de celos tiende a ser más dispersa en el grupo de vacas con folículo chico (GRUPO I). La distribución de los celos en el grupo de vacas con folículo mediano (GRUPO II) tiene una dispersión intermedia. La figura 5 muestra la distribución de celos en cada grupo.

Como consecuencia de la diferencia en la distribución de celos tenemos que el 78.72 % de las vacas del grupo III que mostraron celo lo hicieron durante los días 3 y 4 post-tratamiento (60-96 horas), mientras que éste porcentaje fué de 74.36 % en el grupo II, y de solo 64.23 % en el grupo I. La diferencia entre los

grupos es significativa ( $p < 0.025$ ) y sugiere que entre mayor es el tamaño del folículo al hacer el tratamiento con  $\text{PGF}_2$  alfa, es posible predecir más acertadamente el momento en que la vaca iniciará el estro, ya que éste tamaño folicular está inversamente relacionado con la variación en el tiempo que tarda en presentarse el estro ( el coeficiente de variación fué de 28.76 % para el grupo - III, y de 35.62 % para el grupo I).

El hecho de que las vacas que al momento del tratamiento tenían folículos de 5 mms o menores tardaron más en iniciar el estro y lo hicieron en una forma más dispersa, provocó que el 29.20 % de las vacas que mostraron celo en éste grupo lo hicieran después de transcurridas 108 horas o más a partir del tratamiento; ésto -- contrasta con el 20.90 % en las vacas con folículo mediano y con -- el 11.35 % en las vacas con folículo grande. Esta diferencia es -- altamente significativa ( $p < 0.005$ ) (cuadro 5).

El elevado porcentaje de vacas que por tener folículos muy pequeños al momento de la inyección con  $\text{PGF}_2$  alfa tardan más de cuatro días en iniciar el estro, obliga a cuestionar la efectividad que el sistema de inseminación a tiempo predeterminado -- (72 y 96 horas post-tratamiento) tendría en éste tipo de vacas.

En efecto, si tomamos en cuenta que los espermatozoides retiene el poder de fertilizar y producir embriones viables du---



rante 24 horas a partir de su colocación en el tracto genital femenino, requiriendo 6-8 horas de capacitación antes de ser aptos para fertilizar al óvulo (18,22), y tomando en cuenta también que la ovulación se produce alrededor de 24 horas después del inicio del celo(14,17) y que el óvulo retiene la capacidad de producir embriones viables durante 4-6 horas después de ser liberado (18,21), notaremos que las vacas potencialmente fertilizables cuando se insemina a las 72 y 96 horas post-tratamiento son aquellas que inician el estro entre las 60 y las 96 horas posteriores al tratamiento. Según los resultados del presente trabajo, esas vacas son el 78.72 % de las que tenían folículo grande al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa (grupo III), 74.63% de las que tenían folículo mediano (grupo II), y el 64.23% de las que no tenían folículo mayor de 5 mms. (grupo I).

El 10-14 % de diferencia de las vacas del grupo I con respecto a las vacas de los otros grupos, permite pensar en la posible conveniencia de utilizar una triple inseminación a las 72, 96 y 120 horas post-tratamiento exclusivamente en vacas que al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa no tengan folículos palpables en los ovarios, o sus folículos sean menores a los 5 mms de diámetro. El número de vacas potencialmente fertilizables realizando esta triple inseminación en vacas del grupo I se eleva hasta alcanzar el 77.36% ( en éste caso las vacas potencialment fertilizables son las que inician el estro entre las 60 y 120 horas),

ésto situa a las vacas de éste grupo al mismo nivel que las vacas de los otros grupos en cuanto a posibilidad de ser fecundadas usando inseminación a tiempo predeterminado, aunque con un gasto extra de una dosis por animal. Esta posibilidad requiere futuros estudios experimentales y económicos para determinar si es o no costeable.

b) Fertilidad.

El 36.16% del total de vacas inseminadas quedaron gestantes; éste porcentaje de fertilidad es considerablemente menor que el 56% reportado por Hafs (9) y el 57% reportado por Lauderdale (15).

La reducida fertilidad encontrada en éste trabajo es explicable si se toma en cuenta que la fertilidad en vacas lecheras se reduce considerablemente cuando són inseminadas antes de los 60 días posteriores al parto (9,22) y que el programa reproductivo que se lleva a cabo en los hatos investigados contempla la inseminación prematura con el objeto de cerrar los días abiertos y el intervalo entre partos, aún a costa de aumentar el índice de inseminación (19); por ésta razón la fertilidad encontrada en éstos hatos durante el período en que se realizó el presente trabajo, en celos no inducidos fué de 38.46% (19), fertilidad muy similar a la encontrada en el grupo experimental. Es importante tomar en consideración que el 36% de las vacas utilizadas en el

presente trabajo tenían 40-47 días de haber parido cuando se les administró la PGF<sub>2</sub> alfa, por lo que mostraron estro y fueron inseminadas por primera vez entre los 43 y los 53 días post-parto.

Comparando la fertilidad entre los grupos, se advierte que en el grupo I se obtuvo la menor fertilidad, ya que en éste grupo quedaron gestantes 37 animales, mientras que en el grupo II quedaron gestantes 57 animales y en el grupo III quedaron gestantes 55 animales. La fertilidad de las vacas del grupo I fué un 15.5 % menor que la de las vacas del grupo II y un 12 % menor que la de las vacas del grupo III. La diferencia en fertilidad entre las vacas de los grupos I y III fué significativa ( $p < 0.025$ ); la diferencia de fertilidad de las vacas del grupo I comparadas con las del grupo III también fué significativa ( $p < 0.05$ ). La diferencia de fertilidad entre las vacas de los grupos II y III no fué significativa.

Una posible explicación de la diferente fertilidad encontrada en cada grupo es la siguiente:

La acción combinada de los estrógenos y la progesterona inducen el estado excitatorio inespecífico requerido para la manifestación psicósomática del estro, los estrógenos actúan sobre las células receptoras de la base del hipotálamo, reduciendo el umbral de excitación del sistema reticular activador y haciendo -

que se manifieste el celo; aproximadamente al mismo tiempo, los estrógenos reducen el umbral de excitación del sistema límbico - hipotalámico, induciendo la liberación de los factores liberadores de gonadotropinas (10). Una vez que la vaca comienza a -- mostrar celo, se producen cambios internos que vuelven a elevar el umbral de excitación del sistema reticular, haciendo que el - sistema nervioso central se haga temporalmente refractario a -- los estrógenos, por lo que el celo cesa 12-24 horas después de haberse iniciado, aún cuando en ese momento los niveles de es-- trogenos todavía están elevados, ya que el animal aún no ha ovulado (10,11).

En condiciones naturales las vacas tienen por lo me-- nos un folículo de 10 mms o mayor en los ovarios al momento de la liberación natural de  $PGF_2$  alfa endógena (4,7,8,23); ése folículo está produciendo cantidades considerables de estrógenos-- que sin embargo no son suficientes aún para provocar manifesta-- ciones de celo ya que la progesterona que se está produciendo - en el cuerpo lúteo ejerce un efecto inhibitorio sobre la pre--- sentación del celo (11,18,22) y sobre la descarga preovulato-- ria de LH (4,10,14,21,24). Sin embargo los niveles de progesterona descienden bruscamente después de la liberación de  $PGF_2$  -- alfa, alcanzando su nivel basal 24-48 horas después (17,25), desapareciendo el efecto inhibitorio de la progesterona. Cuando-- ésto sucede, el folículo ya habrá alcanzado un tamaño de 15 o - más mms. de diámetro (7), y estará produciendo estrógenos (17)-

en cantidad suficiente para superar tanto el umbral de excitación del sistema reticular como el del sistema límbico hipotalámico, por lo que el inicio del estro y la descarga preovulatoria de LH se presentarán 24-48 horas después del cese de la inhibición --- progesterónica, siendo ambos sucesos casi simultáneos (4,14,17,-21,25). Por lo tanto en las vacas se produce una sincronía natural entre el inicio del estro y el pico de LH, que conduce a la ovulación alrededor de 24 horas después de haberse iniciado el estro (14,17,21,). Todo el mecanismo que hemos referido para las vacas con liberación natural de  $PGF_2$  alfa endógena es muy probablemente válido también para las vacas a las que se les aplica la  $PGF_2$  alfa artificialmente pero en un momento "natural", es -- decir, cuando tienen algún folículo de 10 o más mms. en sus ovarios; ésta será la razón por la que las vacas de los grupos II y III no se vieron afectadas en su fertilidad.

El caso de las vacas a las que se les aplica  $PGF_2$  alfa cuando no tienen folículos ováricos o éstos son muy pequeños es diferente: Al igual que en las otras vacas, el cuerpo lúteo es lisisado y los niveles de progesterona bajan hasta su nivel basal en aproximadamente 48 horas, cesando el efecto inhibitorio en ese momento, sin embargo los niveles de estrógenos estarán aún -- reducidos ya que el folículo presente en los ovarios todavía no tendrá el tamaño necesario para producir niveles superiores de--

estrógenos; por ésta razón los estrógenos tendrán que actuar durante más tiempo para sensibilizar al sistema nervioso central y provocar el estro. Ésta es la causa de que el estro en éste grupo se haya presentado con un retraso de alrededor de 10 horas en relación con las vacas que si tenían folículos desarrollados al momento del tratamiento.

Ahora bien, para que un folículo ovárico sea capaz de responder a la LH y ovular debe medir por lo menos 8 mms de diámetro (23) y, según los datos sobre velocidad de crecimiento folicular reportados por Scaramuzzi (23), las vacas que al momento de la aplicación de  $\text{PGF}_2$  alfa no tuvieran folículos mayores de 3 mms de diámetro, seguirían desarrollando sus folículos después del tratamiento, de tal forma que al desaparecer el efecto inhibitor de la progesterona, podrían tener un folículo de tamaño suficiente para producir niveles de estrógenos capaces de provocar el estro y la descarga de LH. Sin embargo el folículo no habría alcanzado aún el tamaño requerido para responder a la LH y ovular (23), por lo que se produciría un estro anovulatorio o, más probablemente, la ovulación se retardaría hasta que el folículo alcanzara el tamaño requerido, produciéndose la ovulación más tarde de lo normal en relación al inicio del estro.

Todo lo anterior sugiere que la disminución de la fer-

tilidad que se presentó en las vacas que tenían folículos de 5 o menos mms. de diámetro al momento de la aplicación de  $PGF_2$  alfa, puede deberse a que un cierto número de éstas vacas presentan ovulación retardada en relación al estro, por lo que éstas vacas se estarían inseminando fuera de tiempo al utilizar el patrón tradicional de inseminación 12 horas después del inicio del estro.

La comprobación o rechazo de la hipótesis anterior requiere experimentos posteriores en las cuales se cumplan los siguientes requisitos: medición exacta del tamaño del folículo, ya sea por medio de endoscopia, laparotomía o algún otro método igualmente preciso; realización de mediciones de progesterona, estrógenos y LH ; detección de celos continua (24 horas al día); y determinación del momento exacto de la ovulación .

CONCLUSIONES

- 1- Se encontró diferencia significativa en el tiempo que tardó en presentarse el estro en vacas con diferente grado de desarrollo folicular al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa.
- 2- El intervalo entre el tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa y el inicio del estro es menor entre mayor es el tamaño del folículo al momento del tratamiento.
- 3- La presentación de estros fué más dispersa en las vacas con folículo de 5 o menos mms.
- 4- La diferencia en cuanto al número de animales que iniciaron el estro después del cuarto día post-tratamiento fué altamente significativa, siendo mayor éste número en las vacas que tenían folículo de 5 o menos mms. al momento del tratamiento. Por ésta razón se plantea la posible conveniencia de hacer triple inseminación a las 72,96 y 120 horas en vacas a las que se les aplique PGF<sub>2</sub> alfa en un momento en el que no tengan folículos mayores de 5 mms. en los ovarios.
- 5- La diferencia en cuanto al número de animales que iniciaron el estro durante el tercer o cuarto día post-tratamiento en



cada grupo fué significativa, siendo mayor éste número en vacas con folículo de 15 o más mms.

6-La fertilidad de las vacas que tenían folículos de 5 o menos -- mms. al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa fué significati-- vamente menor que la fertilidad de las otras vacas.

7- Es necesario realizar más investigación sobre la importancia - del tamaño folicular al momento del tratamiento con PGF<sub>2</sub> alfa.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Arriola, J. y Morán, D.E.: Tratamiento del anestro en el ganado bovino lechero y fertilidad subsecuente a la administración de prostaglandina F<sub>2</sub> alfa. Vet. Mex., 10: 1-12 (1979).
- 2.- Akbar, A.M., Reichert, L.E., Dunn, T.G., Kaltenbach, C.C., and Niswender, G.D.: Serum levels of follicle stimulating hormone during de bovine estrous cycle. J. Anim. Sci., 39:360-365 (1974).
- 3.- Beck, T.W., Nett, T.N. and Reeves, J.J.: Serum FSH and LH in anestrus ewes treated with 17- $\beta$  estradiol. J. Anim. Sci., 37: 300 (abstr. 284). (1973).
- 4.- Christensen, D.S., Hopwood, M.L. and Wiltbank, J.N.: Levels of hormones in the serum of cycling beef cows. J. Anim. Sci., 38: 557-583 (1974).
- 5.- Dobson, H.: Plasma gonadotrophins and oestradiol during oestrus in the cow. J. Reprod. Fert., 52: 51-53 (1978).
- 6.- Donaldson, L.E., and Hansel, W.: Cystic corpora lutea and normal and cystic graafian follicles in the cow. Aust. Vet. J., 44: 304-308 (1968).

- 7.- Dufour, J., Whitmore, H.L., Ginther, O.J. and Casida, L.E.: Identification of the ovulating follicle by its size on different days of the estrous cycle in heifers. J. Anim. Sci. 34: 85-87.
- 8.- Edquist, L.E., Settergreen, I., and Astrom, G.: Peripheral-Plasma levels of progesterone and fertility after prostaglandin F<sub>2</sub> alfa induced oestrus in heifers. Cornell. Vet., 65: 120-131.
- 9.- Hafs, H.D., and Manns, J.G.: Onset of oestrus and fertility of dairy heifers and suckled beef cows treated with prostaglandin F<sub>2</sub> alfa. Anim. Prod., 21: 13-20 (1975) .
- 10.- Hansel, W., and Snook, R.B.: Pituitary ovarian relationships in the cow. J. Dairy Sci., 53: 945-961
- 11.- Henricks, D.M., and Mayer, D.T.: Gonadal hormones and uterine factors. Reproduction in Domestic Animals. Edited by : Cole, H.H., and Cupps, P.T., 79-117, Academic Press. New York, 1977.
- 12.- Hill, J.R., Dickey, J.F., and Henricks, D.M.: Estrus and ovulation in PGF<sub>2</sub> alfa treated heifers. J. Anim. Sci., 37: 315 (abst 339) (1973).
- 13.- Hodges, J.K., and Hearn, J.P.: A positive feedback effect of oestradiol on LH release in the male marmoset monkey, Callithrix jacchus. J. Reprod. Fert., 52: 83-86 (1978).

- 14.- Inskeep, E.K.: Potencial uses of prostaglandins in control of reproductive cycles of domestic animals. J. Anim. Sci., 36: 1149-1157 (1973).
- 15.- Lauderdale, J.W., Chenault, J.R., Sequin, B.E., and Tatcher, W.W. : Fertility of cattle after PGF<sub>2</sub> alfa treatment. J. --- Anim. Sci., 37: 319 (Abst 356) (1973).
- 16.- Lauderdale, J.W., Sequin, B.E., Stellflug, J.N., Chenault, J. R., Tatcher, W.W., Vincent, C.K., and Loyancano, A.F.: Fertility of cattle following PGF<sub>2</sub> alfa injection. J. Anim. Sci., 38: 964-967 (1974).
- 17.- Louis, T.M., Hafs, H.D., and Morrow, D.A.: Intrauterine administration of prostaglandin F<sub>2</sub> alfa in cows; progesterone, estrogen, LH, estrus and ovulation. J. Anim. Sci., 38: 347-352 (1974).
- 18.- McDonald, L.E.: Reproducción y Endocrinología Veterinarias.- 2a. ed. Editorial Interamericana, México, 1978.
- 19.- Morán, D.E., Comunicación personal.
- 20.- Nett, T.M., Akbar, A.M., and Niswender, G.D.: Gn-Rh in anestrus ewes treated with estradiol. J. Anim. Sci., 37: 322-323 (abst 372) (1973).
- 21.- Oxender, W.D., Noden, D.A., Louis, T.M., and Hafs, H.D.: A review of prostaglandin F<sub>2</sub> alfa for ovulation control i cows and mares. An. J. Vct. Res., 35: 997-1000 (1974).

- 22.- Roberts, S.J.: Veterinary Obstetrics and Genital Diseases. 2nd ed. Published by the Author, Ithaca, New York, 1971.
- 23.- Scaramuzzi, R.J., Turnbull, K.E., and Nancarrow, C.D.: Growth of graafian follicles on cows following luteolysis induced by the prostaglandin F<sub>2</sub> alfa analogue, cloprostenol. Aust. J. Biol. Sci., 39:63-69 (1980).
- 24.- Sequin, B.E., Morrow, D.A., and Louis, T.M.: Luteolysis, luteostasis, and the effect of prostaglandin F<sub>2</sub> alfa in cows -- after endometrial irritation. An. J. Vet. Res., 35: 57-61 (1974).
- 25.- Stellflug, J.N., Louis, T.M., Sequin, B.E. and Hafs, H.D.: Luteolysis after 30 or 60 mg. PGF<sub>2</sub> alfa in heifers. J. Anim. Sci., 37: 330 (abst 402) (1973).
- 26.- Stevenson, J.S., and Britt, J.H.: Models for prediction of -- days to first ovulation based on changes in endocrine and non-endocrine traits during the first two weeks postpartum in --- Holstein cows. J. Anim. Sci., 50:103-111 (1980).
- 27.- Wilson, L., Cenedella, R.J., Butcher, R.L., and Inskeep, E.K.: Levels of prostaglandins in the uterine endometrium during the ovine estrous cycle., J. Anim. Sci., 34:93-99 (1972).
- 28.- Zemjanis, R., Fahning, M.L., and Schultz, R.H.: Anestrus: the practitioners dilemma. Vet. Scope., 14: 15-21 (1969).