

01673
28
25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"INDICE DE CONCEPCION EN VACAS TRATADAS
CON PROSTAGLANDINA F2 ALFA E INSEMINADAS
A ESTRO OBSERVADO, ESTRO DETECTADO POR
PALPACION RECTAL O A TIEMPO FIJO (72 Y 96 HS
POSTRATAMIENTO)."

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL
P R E S E N T A :
M.V. ALVARO MARTIN MACIAS GUTIERREZ

ASESORES: MVZ PhD. LUIS ZARCO QUINTERO
MVZ OSCAR ORTIZ GONZALEZ

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE 1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN

MACIAS GUTIERREZ ALVARO MARTIN. Indice de concepción en vacas Holstein tratadas con Prostaglandina F2alfa e inseminadas a estro observado, estro detectado por palpación rectal o a tiempo fijo (72 y 96 hs. postratamiento). Bajo la dirección de PhD. Luis Zarco Q. y MVZ. Oscar Ortiz G.

Se seleccionaron 266 vacas Holstein clínicamente sanas, sin registro de estro previo desde el último parto, y que presentaron cuerpo lúteo a la palpación rectal. Se colectó una muestra de sangre de 159 animales, inmediatamente antes del tratamiento con PGF2 α para determinar la concentración plasmática de progesterona y confirmar o descartar la presencia del cuerpo lúteo funcional. Todos los animales recibieron una aplicación de 25 mg de PGF2 α (Lutalyse, Upjohn, México) por vía intramuscular. Se realizó la detección de estros en forma continua las 24 horas del día mediante observación del comportamiento homosexual. Los animales que presentaron estro durante las primeras 72 h postinyección fueron inseminados artificialmente 12 h después de iniciado el estro. Los animales que no fueron detectados en estro durante este periodo fueron divididos al azar en dos grupos. Un grupo fué inseminado ese día y reinseminado 24 h después, el otro grupo fué palpado rectalmente para evaluar signos concomitantes de estro (tono uterino y moco cervical). En los casos en que uno o ambos signos estuvieron presentes la vaca fué inseminada; si no presentaron ninguno de estos signos no fueron inseminadas.

De las 266 vacas, 93 (35 %) presentaron estro manifiesto y al ser inseminadas tuvieron índice de concepción de 51.61 %. De las 173 vacas que no fueron detectadas en estro, 105 fueron asignadas al grupo de palpación rectal y 68 fueron inseminadas a tiempo fijo. El 72,4 % (n=76) de las vacas asignadas al grupo de palpación rectal presentaron signos de estro; el 19,73 % (n=15) de las vacas con signos de estro a la palpación rectal presentaron únicamente tono uterino, mientras que el 80,26 % (n=61) presentó tono y descarga de moco cervical. El porcentaje de concepción de este grupo fué de 32.9 %, quedando gestante el 23,8 % de los animales asignados al grupo. Todos los animales asignados al grupo de inseminación a tiempo fijo fueron inseminados, obteniéndose un índice de concepción del 28 %. Finalmente, 29 vacas (11 %) no fueron inseminadas por no manifestar estro conductual ni encontrárseles signos de estro a la palpación rectal. El porcentaje de eficiencia en el diagnóstico del cuerpo lúteo funcional por palpación rectal basado en progesterona plasmática fué de 88 %.

Se concluye que la inseminación a tiempo fijo después de la sincronización de estros con $PGF2\alpha$ en ganado lechero no puede ser recomendada de manera generalizada debido al bajo índice de concepción obtenido.

LISTA DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 Características bioquímicas de las prostaglandinas	6
2.2 Liberación de prostaglandina F2 α por el útero	8
2.3 Transporte de la PGF2 α del útero al ovario	11
2.4 Mecanismo de acción de la prostaglandina F2 α	12
2.5 Uso de la PGF2 α para la sincronización del estro en bovinos	16
2.6 Usos de la PGF2 α en vacas lecheras	21
2.7 Inseminación al estro comparada con tiempo fijo en vacas sincronizadas con PGF2 α	26
III. MATERIAL Y METODOS	31
3.1 Animales y localización	31
3.2 Diseño experimental	32
3.3 Métodos y técnicas	32
3.4 Parámetros evaluados	33
IV. RESULTADOS	35
4.1 Precisión en el diagnóstico del cuerpo lúteo funcional	35

	Página
4.2 Conformación de los grupos	35
4.3 Indices de concepción	36
4.4 Vacas no inseminadas	37
4.5 Dias posparto	37
4.6 Progesterona plasmática al momento del tratamiento	38
V. DISCUSION	39
VI. CONCLUSIONES	46
LITERATURA CITADA	58

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de las vacas en los diferentes grupos experimentales.	51
Figura 2. Presentación de signos genitales de estro en vacas que no manifestaron estro conductual durante las 72 h posteriores a la inyección de PGF2 α .	52
Figura 3. Hallazgos en vacas con signos de estro a la palpación rectal.	53
Figura 4. Índice de concepción en vacas que presentaron estro conductual, estro genital o inseminadas a tiempo fijo después de la aplicación de prostaglandina F2 α .	54
Figura 5. Porcentaje de vacas que quedaron gestantes en relación al total de animales en cada grupo.	55
Figura 6. Concentración de progesterona plasmática al momento de la inyección de PGF2 α en vacas que presentaron o no estro conductual y quedaron o no gestantes.	56

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Porcentaje de concepción en novillas tratadas con PGF2 α e inseminadas a tiempo fijo, comparadas contra grupo testigo (inseminación al estro)	29
Cuadro 2. Porcentaje de concepción en vacas tratadas con PGF2 α e inseminadas a tiempo fijo, comparadas contra grupo testigo (I.A. al estro)	29
Cuadro 3. Intervalo posparto (días) en el que se aplicó la inyección de PGF2 α en vacas que presentaron o no estro conductual y quedaron o no gestantes	57
Cuadro 4. Niveles plasmáticos de progesterona (ng/ml) al momento de la inyección con PGF2 α en vacas que presentaron o no estro y quedaron o no gestantes	57

I. INTRODUCCION

Durante muchos años, algunos investigadores en el campo de la reproducción centraron su atención en el estudio de ciertas propiedades del útero tales como el transporte espermático, implantación embrionaria, proceso del parto y cambios histológicos durante el ciclo estral. Sin embargo, el útero desempeña también una función endocrina que por mucho tiempo permaneció ignorada.

Con la evidencia de que existía una hormona luteolítica uterina, según los hallazgos de Loeb en 1923, muchos investigadores se dedicaron a aislar e identificar el principio activo, hasta que en 1969 se descubrió que dicha hormona era la prostaglandina F2alfa y que su síntesis se llevaba a cabo por las células del endometrio (Beckner y Manns, 1986; Guilbault et al., 1985; Horton y Poyser, 1976; Wolfenson et al., 1985).

Partiendo de este conocimiento, se han desarrollado diversos análogos sintéticos de la PGF2 α , con el propósito de utilizarlos como un método efectivo para el control del ciclo estral en algunas especies domésticas (Betteridge et al., 1977; Kiracofe et al., 1988; Tervit et al., 1973), además de ser el tratamiento de elección en condiciones patológicas del aparato reproductivo tales como piómetra (Mortimer et al., 1984; Vighio et al., 1991; Whittier et al., 1989) y quistes luteinizados del ovario (Day, 1991; Whittier et al., 1989).

También se han llevado a cabo estudios para determinar el papel de la PGF2 α en la involución uterina posparto, como un posible medio para promover el reinicio temprano de la actividad ovárica y de esta manera disminuir el periodo abierto en vacas lecheras (Bretzlaff,1987; Hu et al.,1990).

Teniendo en cuenta que una de las principales causas de baja productividad en los hatos lecheros se debe a la baja eficiencia reproductiva de las hembras posparto, y que esta condición está asociada a desórdenes uterinos (involución retardada) (Bretzlaff,1987), ováricos (condiciones quísticas) (Day,1991) y deficiencia en la detección de estros (Hu et al.,1990; Macmillan y Day.,1982; Plunkett et al.,1984; Slenning,1992; Zarco,1990), es evidente la importancia de la PGF2 α como herramienta de gran utilidad en cualquier programa reproductivo, ya que ayuda a corregir de manera efectiva estos problemas.

Tradicionalmente el uso de la PGF2 α para la sincronización del estro en vacas lecheras ha sido asociado con la inseminación de estas a la manifestación del calor, el cual se observa aproximadamente en el 50 a 60 % de las vacas tratadas (Ortiz et al.,1986; Plunkett et al.,1984; Whittier et al.,1989). Diversos investigadores han observado porcentajes de concepción entre 50 y 60 % en vacas lecheras tratadas con PGF2 α e inseminadas al momento del estro, los cuales son similares a los encontrados en vacas inseminadas durante un estro espontáneo (Figueroa et al.,1988; Hu et al.,1990; Plunkett et al.,1984). Sin embargo, se ha encontrado que un porcentaje importante de las vacas no son

detectadas en estro aunque la PGF2 α haya inducido luteólisis completa (Ortiz et al., 1986; Plunkett et al., 1984), lo que probablemente se deba a una deficiente detección de estros. Por esta razón, si solamente se inseminan las vacas detectadas en estro, se pueden dejar de inseminar a un cierto número de vacas que están en la etapa fértil del ciclo, lo que resulta en porcentajes de gestación reducidos a pesar de tener índices de concepción adecuados.

Con el objeto de evitar la necesidad de detectar estros, y los errores asociados a su detección, algunos investigadores han realizado estudios para determinar el porcentaje de concepción cuando las vacas tratadas con PGF2 α son inseminadas a las 72 y 96 horas postratamiento, independientemente de que manifiesten estro o no. Plunkett et al. (1984) obtuvieron resultados similares cuando compararon un grupo de vacas tratadas con PGF2 α e inseminadas al estro contra un grupo de vacas tratadas con la misma hormona pero inseminadas a tiempo fijo (72 y 96 horas postratamiento). El grupo inseminado a estro detectado presentó un porcentaje de concepción a primer servicio de 45 % contra 40 % en el grupo inseminado a tiempo fijo. Sin embargo, el porcentaje de gestación del grupo de vacas inseminadas a tiempo fijo (40 %) fué superior al del grupo de vacas inseminadas al estro (26 %). Este aumento en el porcentaje de gestación se debe a la oportuna inseminación de vacas que están en estro a pesar de no haber sido detectadas.

Por otro lado, entre un 15 y 20 % de las vacas inyectadas con PGF2 α realmente no presentan estro como resultado del tratamiento, debido a que en el momento de la aplicación de la hormona no tienen un cuerpo lúteo susceptible de ser lisado por dicha hormona, a pesar de haber sido seleccionadas por la presencia aparente de un cuerpo lúteo, determinado a través de palpación rectal (Ortiz et al., 1986; Plunkett et al., 1984; Whittier et al., 1989). Por esta razón, si se inseminan todas las vacas a un tiempo fijo después de la inyección, se desperdiciará el semen en aquellos animales que realmente no se encuentran en estro. Ortiz et al. (1986) sugirieron que por medio de la palpación rectal 72 a 80 horas después de la inyección de PGF2 α es posible determinar si un animal se encuentra en estro y es susceptible de ser inseminado, lo que resultaría en un ahorro de dosis de semen al dejar de inseminar a las vacas que realmente no están en estro. Sin embargo, no existen estudios que comparen los índices de concepción y gestación de vacas inseminadas a tiempo fijo en forma indiscriminada con las vacas inseminadas a tiempo fijo pero previa selección por palpación rectal.

Por lo tanto, es importante evaluar programas reproductivos apoyados en el uso de la PGF2 α que incluyan la detección de estros, así como la palpación rectal del aparato reproductivo de los animales que no hayan sido detectados; disminuyendo la repercusión negativa de la deficiente detección de estros sobre la eficiencia reproductiva del hato, y evitando al mismo tiempo la inseminación de animales que no estén en estro.

El objetivo del presente trabajo es comparar los índices de concepción y porcentajes de gestación de animales no detectados en estro después del tratamiento con prostaglandina F₂alfa, y que son inseminados a tiempo fijo o después de haber sido determinados en estro mediante palpación rectal.

II. REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Características bioquímicas de las Prostaglandinas

Las prostaglandinas fueron descubiertas inicialmente en el plasma seminal, pero actualmente se sabe que son producidas virtualmente en todos los tejidos de los mamíferos, desempeñando importantes funciones fisiológicas (Downie y Larsson, 1981; Vadlamudi y McNeill, 1981). Estos principios químicos se sintetizan a partir de la ciclización del centro de la cadena de los ácidos grasos polinsaturados de 20 carbonos (eicosanoicos), para formar un anillo ciclopentánico. Existen tres series de prostaglandinas (1, 2 y 3) dependiendo de la presencia de 1, 2 o 3 enlaces dobles en las cadenas laterales. Además, varios substituyentes oxigenados determinan el tipo de prostaglandina, dependiendo principalmente de la estructura del anillo; de esta manera existen los tipos A, B, C, hasta I. (Datar et al., 1987; Granström, 1981; Martin, 1986).

Tres ácidos grasos eicosanoicos dan origen a las tres series de prostaglandinas. El ácido linoleico da origen a las prostaglandinas de la serie 1. El ácido araquidónico a las prostaglandinas de la serie 2, las cuales son las más importantes biológicamente, y el ácido pentaenoico da origen a los compuestos de la serie 3. Estos compuestos son denominados con un subíndice que indica el número de enlaces dobles, y la letra alfa o beta que indica la posición del grupo hidroxilo. Las prostaglandinas de origen natural tienen un enlace doble entre los carbonos 13 y 14, y un grupo alfa hidroxilo en el carbono 11. Las prostaglandinas

de la serie E tienen un grupo ceto en el carbono 9 y las de la serie F tienen un grupo hidroxilo en esta posición, por lo tanto, la PGF₂α tiene dos grupos hidroxilo en posición alfa, ubicados en los carbonos 9 y 11 (Granström,1981; Martin,1986).

La biosíntesis de las prostaglandinas comienza mediante el consumo de ácido linoleico en la dieta, el cual es transformado por el organismo en ácidos grasos insaturados, como el ácido araquidónico. Estos ácidos se almacenan en la mayoría de los tejidos formando parte de la membrana celular, y antes de comenzar la biosíntesis de prostaglandinas son liberados por acción de la fosfolipasa A para posteriormente, mediante la acción de enzimas como la ciclooxigenasa y peroxidasa dar lugar a la formación de las prostaglandinas (Martin,1986). Varios estímulos activan a la fosfolipasa A para iniciar la síntesis de prostaglandinas; entre ellos se encuentran el estímulo hormonal, nervioso, mecánico, y algunas sustancias químicas (Granström,1981). Dos endoperóxidos (PGH y PGG) son producidos por la vía de la ciclooxigenasa, la cual es inhibida por sustancias antiinflamatorias no esteroideas como la aspirina, indometacina, naproxeno y meglumina de flunixin (Martin,1986). El PGH es el precursor de las prostaglandinas de las series D, E y F, así como de los tromboxanos (Martin,1986).

Estos compuestos no se almacenan en los tejidos, y especialmente las prostaglandinas de las series E y F son removidas rápidamente del torrente sanguíneo por degradación

metabólica debido principalmente a la presencia de la enzima 15-hidroxi-prostaglandin-deshidrogenasa. Esta enzima provoca deshidrogenación en el carbono 15, reducción en el carbono 13 y en el doble enlace del 14, una beta oxidación de la cadena superior y oxidación del grupo metilo a carboxilo en el carbono 20. La deshidrogenación del carbono 15 y las reducciones en los carbonos 13 y 14 son muy rápidas y ocurren principalmente en el tejido pulmonar (Strandberg,1981); mientras que los dos últimos pasos de degradación ocurren en el hígado y dan lugar a metabolitos sin actividad biológica, los cuales finalmente son excretados por el riñón (Boudreau y Mandin,1981). Teniendo en cuenta lo anterior, la actividad de las prostaglandinas se lleva a cabo únicamente en los tejidos a los cuales llega directamente desde el sitio de producción sin alcanzar la circulación general, lo que hace que sean clasificadas como parahormonas u hormonas de acción local (Horton y Poyser,1976; Strandberg,1981).

2.2. Liberación de Prostaglandina F2alfa por el útero

Dentro del grupo de las prostaglandinas existe una especialmente involucrada en el proceso fisiológico de la reproducción, la PGF₂ α . Esta hormona es producida por las células del endometrio en la mayoría de las especies mamíferas (McCracken et al.,1981; Poyser,1984), y se encuentra vinculada a varios eventos fisiológicos como son el transporte de los gametos en el tracto reproductivo de la hembra, las contracciones uterinas durante el parto, la involución uterina posparto, y tal vez su efecto más conocido comprende la regresión del cuerpo lúteo al

final del ciclo estral (Bygdeman, 1981; Guilbault et al., 1985). Con el propósito de entender el mecanismo de control de la liberación de PGF 2α por el útero, diversos investigadores han estudiado el papel del 17 β -estradiol, la progesterona y la oxitocina en la regulación de la síntesis de esta hormona por el útero. McCracken y Schramm (1983) observaron que en la oveja, hacia el día 14 del ciclo estral la PGF 2α comenzaba a liberarse en forma de pulsos, y que estos pulsos estaban asociados a pulsos de 17 β -estradiol. Igualmente observaron que al aplicar 17 β -estradiol exógeno antes del día 14 del ciclo no se producía ningún efecto sobre la liberación de PGF 2α ; pero después del día 14 la administración de estradiol sí inducía liberación de PGF 2α . Además, compararon el efecto de la aplicación de 17 β -estradiol directamente en la arteria que alimentaba al útero autotransplantado, con el efecto de la aplicación intramuscular, encontrando que el estradiol actúa directamente en el útero y no por vía indirecta, como podría ser por ejemplo a través de la pituitaria.

Zarco et al. (1988a), observaron que en ovejas la PGF 2α es liberada en forma de pulsos con intervalos de 15.9 horas antes del inicio de la luteólisis funcional, hasta llegar a pulsos cada 7.7 horas durante la luteólisis.

Basados en las diferentes investigaciones, McCracken y Schramm (1984) propusieron la siguiente hipótesis para explicar los episodios intermitentes de liberación de PGF 2α por el útero

durante la luteólisis en la oveja:

1. Durante la primera parte del ciclo estral, la progesterona proveniente del cuerpo lúteo evita que en el útero aparezcan receptores para estrógenos.

2. Después de 10 días de exposición del útero a la progesterona, esta hormona provoca la destrucción de sus propios receptores en el útero.

3. Debido a la disminución del efecto de la progesterona sobre el útero hacia el final de la fase lútea, aparecen receptores para 17β -estradiol, el cual puede actuar y comienza a estimular la síntesis de receptores para oxitocina en el endometrio.

4. Los niveles endógenos de oxitocina tanto de origen lúteo como pituitario, interactúan con sus receptores recientemente sintetizados.

5. Como consecuencia del acople de la oxitocina con sus receptores se desencadena la síntesis de $PGF2\alpha$ por el útero.

6. La secreción de progesterona por el cuerpo lúteo comienza a declinar, como consecuencia de la acción de la $PGF2\alpha$ transferida localmente al ovario.

7. La $PGF2\alpha$ estimula la liberación de más oxitocina por el cuerpo lúteo y dicha oxitocina puede reforzar la secreción de la $PGF2\alpha$ por el útero, estableciéndose un ciclo de retroalimentación positiva.

8. Los receptores para oxitocina son autodestruidos por efecto de la oxitocina de origen lúteo (conocido en inglés como Down regulation). La recuperación de estos receptores tarda alrededor de 6 h, lo cual hace que la $PGF2\alpha$ se libere en forma de pulsos con esta misma frecuencia (Webb et al., 1981; Zarco et al., 1988a).

Durante la regresión natural del cuerpo lúteo es importante que se establezca una secreción pulsátil de prostaglandina F2alfa con intervalos de 6 a 8 horas entre pulso y pulso (Zarco et al.,1988a), lo cual se demuestra por el hecho de que la secreción de pulsos de PGF2 α más espaciados no resulta en la regresión del cuerpo lúteo (Zarco et al.,1984; Zarco et al.,1988a), y la secreción de grandes cantidades de PGF2 α en forma continua en lugar de pulsátil en ovejas gestantes, tampoco resulta en la regresión del cuerpo lúteo (Zarco et al.,1988b).

2.3. Transporte de la PGF2 α del útero al ovario

Teniendo en cuenta el rápido metabolismo que sufre la PGF2 α en el torrente circulatorio, especialmente a nivel del pulmón (Martin,1986; Wolfenson et al.,1985), se han realizado diversas investigaciones para determinar la forma como esta hormona alcanza el ovario sin sufrir la degradación al viajar por la circulación general.

Ginther (1968), utilizando histerectomías parciales observó que el cuerno uterino induce luteólisis únicamente en el ovario ipsilateral, lo cual indica que el cuerno uterino en la vaca está estrechamente relacionado con el ovario ipsilateral, y el mecanismo luteolítico uterino depende de esta interrelación para que se pueda llevar a cabo.

Mediante el estudio anatómico del sistema circulatorio a nivel local en útero y ovario, se encontró que tanto en la oveja como en la vaca la arteria ovárica está enrollada estrechamente y corre sobre la superficie de la vena utero-ovárica antes de penetrar al ovario (Horton y Poyser, 1976). Teniendo en cuenta la naturaleza tanto hidrofóbica como hidrofílica de las prostaglandinas, se deduce la facilidad que ellas tienen para atravesar el endotelio vascular y difundirse desde la vena hasta la arteria, ayudadas por un mecanismo de contracorriente. McCracken et al (1971) demostraron que la $PGF_{2\alpha}$ podía ser transferida directamente de la vena uterina a la arteria ovárica en la oveja. Se desconoce aún si este mecanismo es activo o pasivo, sin embargo no existen anastomosis directas entre la vena y la arteria (Einer-Jensen y McCracken, 1981; Ginther, 1968; Horton y Poyser, 1976; McCracken y Schramm, 1983). La eficiencia de este transporte es aparentemente muy baja y se estima del 1 % aproximadamente (Wolfenson et al., 1985), lo cual es suficiente para actuar efectivamente en el ovario.

2.4. Mecanismo de acción de la Prostaglandina $F_{2\alpha}$

Una dificultad inicial para el estudio de la acción luteolítica de las prostaglandinas fué la aparente contradicción al observar que inhibía la producción de progesterona por el cuerpo lúteo in vivo, mientras que in vitro la estimulaba cuando se mantenía en incubación por un periodo de 3 horas (Beckner y Manns, 1986; Horton y Poyser, 1976).

Las prostaglandinas de la serie E, las cuales poseen poca o ninguna actividad luteolítica in vivo, también estimulan la producción de progesterona por el ovario in vitro y son más potentes en este aspecto que la PGF2 α ; ambas actúan incrementando los niveles de AMPc (Martin,1986; Sangiah et al.,1989). El efecto estimulante de la PGF2 α in vitro probablemente es ejercido por un mecanismo similar al de la PGE, sin embargo, se ha observado que un periodo prolongado de incubación in vitro en presencia de PGF2 α inhibe la secreción de progesterona. Este incremento inicial de progesterona seguido por una disminución fué observado también in vivo cuando se aplicó PGF2 α en el ovario de ovejas. A dosis bajas de PGF2 α se observó un pico inicial de progesterona en plasma, seguido por una caída. A dosis altas, el efecto estimulante inicial no se observó (Horton y Poyser,1976; Wilson et al.,1972).

Los efectos opuestos de la PGF2 α en diferentes situaciones experimentales posiblemente se deben a que el cuerpo lúteo está formado por dos tipos de células principales, las células grandes y las células chicas, las cuales tienen diferentes características y responden a la PGF2 α en forma distinta. Las células grandes se originan a partir de las células de la granulosa, y las chicas se originan a partir de la teca folicular. Las células grandes desarrollan una gran capacidad para la síntesis de progesterona en forma autónoma, independientemente de la LH, y además producen oxitocina. Las células chicas poseen receptores para LH, a la cual responden

aumentando la producción de progesterona, y no secretan oxitocina (Wiltbank y Niswender, 1992). Al inicio del ciclo estral, el cuerpo lúteo está formado principalmente por células chicas, y gradualmente va aumentando la proporción de células grandes, por lo que se ha pensado que algunas de las células chicas se transforman en grandes con el paso del tiempo y por efectos de la LH (Farin et al., 1988).

En el ovino y bovino se han encontrado sitios de unión específicos para la $PGF2\alpha$ en las células lúteas. El número y la afinidad de estos sitios de unión (receptores) varía según la etapa del ciclo estral en la cual se encuentre el animal, y esto determina diferencias en la sensibilidad a la $PGF2\alpha$ (Bartol et al., 1981; Beal et al., 1980; King et al., 1982; Refsal y Seguin, 1980; Stevenson et al., 1984; Wakeling y Green, 1981; Watts y Fuquay, 1985). La concentración de receptores para $PGF2\alpha$ en la célula lútea aumenta progresivamente desde el día 3 del ciclo hasta el día 20, cuando alcanza su nivel máximo (Wakeling y Green, 1981). La mayor parte de estas diferencias se explican por la diversa proporción de células grandes y chicas en las distintas etapas, ya que los receptores para $PGF2\alpha$ tienen diferentes características en cada tipo de célula.

Al unirse la $PGF2\alpha$ a sus receptores en las células lúteas chicas induce un efecto luteotrópico en estas células, incrementando la producción de progesterona. Esto puede explicar el efecto estimulante de la producción de progesterona que se observa inicialmente al administrar $PGF2\alpha$ in vitro o in vivo.

Sin embargo, como consecuencia de la unión de la $\text{PGF2}\alpha$ a sus receptores se produce la activación de la protein kinasa C, la cual a su vez estimula la síntesis de ácido araquidónico y sus metabolitos ($\text{PGF2}\alpha$, PGE2 y PGI2). La $\text{PGF2}\alpha$ se une a sus receptores en la células grandes y promueve la acumulación de altos niveles de Ca^{++} en el interior de estas células, lo cual causa el deterioro de las células grandes, y estas a su vez producen factores citotóxicos para las células chicas, lo que finalmente resulta en la destrucción tanto de las células grandes como de las chicas (Hansel *et al.*, 1991).

La luteólisis ocurre cuando se desencadenan cambios bioquímicos en el cuerpo lúteo, los cuales están separados de los cambios estructurales. Estos cambios se denominan luteólisis funcional y luteólisis estructural respectivamente.

En la oveja y la cerda por ejemplo, la $\text{PGF2}\alpha$ desencadena ambos cambios, teniendo lugar primero la luteólisis funcional y posteriormente la estructural (Horton y Poyser, 1976). Diversos experimentos han demostrado que la $\text{PGF2}\alpha$ induce luteólisis funcional sin que tenga que ocurrir la estructural, pero de la forma inversa no ocurre (McCracken y Schramm 1983).

Originalmente fué propuesto que el efecto luteolítico de la $\text{PGF2}\alpha$ se debía a una acción vasoconstrictora sobre la arteria ovárica, ya que se había determinado su poder vasoactivo. Sin embargo, esta hipótesis fué descartada cuando se observó que al

aplicar PGF2 α directamente en el ovario de la oveja, el nivel plasmático de progesterona disminuía rápidamente sin que se afectara la perfusión sanguínea al ovario. No obstante, sí se observó una reducción selectiva de aporte sanguíneo al cuerpo lúteo sin afectar el aporte total de sangre al ovario. El efecto luteolítico de la PGF2 α puede ser entonces secundario a una reducción en el aporte sanguíneo, aunque existen opiniones contrarias, ya que por un lado la reducción en el flujo sanguíneo al cuerpo lúteo puede ser el resultado y no la causa de la regresión de este, y por otro lado el efecto vasoconstrictor no se observó en los ensayos in vitro (Wilson et al., 1972).

Finalmente, algunas investigaciones demuestran que la PGF2 α causa alteraciones físicas en la estructura de la membrana de la célula lútea, lo cual se ha observado por estudios de difracción de rayos X. Estas alteraciones comprenden el cambio del componente lipídico de un estado cristalino líquido a un estado de gel, lo cual puede ser la manifestación física de un mecanismo de desacople en el sistema LH-Adenilciclase (McCracken y Schramm, 1983).

2.5. Uso de la PGF2 α para la sincronización del estro en bovinos

En la década de los 70, estudios preliminares de diversos laboratorios de productos farmacéuticos veterinarios sugirieron el posible uso de la PGF2 α para el control de la ovulación en animales domésticos como la oveja y la vaca (Inskeep, 1973). Bajo este concepto, se desarrollaron diferentes experimentos para

comprobar la efectividad de la PGF2 α exógena sobre el control del ciclo estral (Betteridge et al., 1977; Hafs y Manns, 1975; Henricks et al., 1974; Rowson et al., 1972).

Rowson et al. (1972) fueron los primeros investigadores en informar que la infusión uterina de 0.5 mg de PGF2 α durante dos días consecutivos del ciclo estral entre los días 5 a 16, producía la regresión del cuerpo lúteo en la gran mayoría de los casos; encontrando así mismo que el tratamiento era inefectivo entre los días 1 a 4 del ciclo.

Una vez comprobado el efecto luteolítico de la PGF2 α en el bovino, se realizaron diversos experimentos para determinar la dosis y la vía de aplicación más adecuada para sincronizar el estro. Adeyemo et al. (1979), sincronizaron un grupo de 19 novillas nulíparas mediante la aplicación de dos inyecciones de 25 mg de PGF2 α por vía intramuscular, con 12 días de intervalo entre las dos aplicaciones. Posteriormente todas las novillas fueron inseminadas 80 horas después de la segunda inyección. En dicho experimento el 42 % de las novillas fueron observadas en estro después de la primera inyección de PGF2 α y el 100 % de las novillas fueron observadas en calor después de la segunda inyección, obteniendo un porcentaje de concepción del 61 %.

Más adelante, varios experimentos demostraron que el efecto luteolítico de la PGF2 α solamente se lograba cuando esta era aplicada entre los días 6 y 16 del ciclo estral, y no ejercía

ninguna acción sincronizadora durante los primeros días del ciclo (Beal et al., 1980; Fariás y Menendez, 1985; Refsal y Seguin, 1980; Stevenson et al., 1984; Watts y Fuquay, 1985), probablemente por la inmadurez del cuerpo lúteo o por falta de receptores para PGF2 α en esta estructura en formación. Por esta razón, es recomendable realizar una palpación rectal a los animales que van a ser sincronizados con PGF2 α , para poder determinar la presencia de un cuerpo lúteo susceptible de ser lisado por dicha hormona (Archbald et al., 1992; Orihuela et al., 1985., Orihuela et al., 1988; Plunkett et al., 1984; Roche y Prendiville, 1979; Slanning, 1992).

Por otro lado, también se ha observado que la eficacia y el grado de sincronización obtenido al utilizar PGF2 α son afectados por la etapa del diestro en la cual se encuentra el animal al momento del tratamiento (King et al., 1982; Refsal y Seguin, 1980; Stevenson et al., 1984, Watts y Fuquay, 1985). King et al. (1982), evaluaron el tiempo transcurrido entre la aplicación de un tratamiento con PGF2 α y la manifestación del estro en novillas cuando la hormona era aplicada en etapa temprana del ciclo estral (día 5 a 9) o tardía (día 10 a 15). Las novillas inyectadas en la etapa temprana del ciclo tuvieron un intervalo al estro más corto (47.6 ± 1.4 horas) ($P < .01$) que aquellas inyectadas en la etapa tardía del diestro (59.7 ± 1.4 horas) ($P < .01$). Igualmente, la tasa de concepción se vió afectada por la etapa del diestro en la cual los animales recibían el tratamiento. El porcentaje de concepción fué menor ($P < .05$) en las novillas sincronizadas en el diestro temprano (28.6 %) que en aquellas tratadas en el diestro

tardío (62.5 %). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores como Refsal y Seguin (1980), Stevenson et al. (1984) y Watts y Fuquay (1985).

Estas diferencias se encuentran directamente relacionadas con el grado de desarrollo folicular en las diferentes etapas del diestro (Macmillan y Day, 1982; Refsal y Seguin, 1980). Algunos investigadores, como Zarco et al. (1985) encontraron que el grado de desarrollo folicular que presentan los animales al momento de recibir el tratamiento con PGF2 α influye sobre la respuesta, tanto en el tiempo transcurrido desde la aplicación de la hormona hasta la presentación del estro, como en el porcentaje de concepción. Los animales que tenían folículos grandes (>15 mm) al momento del tratamiento presentaron un intervalo al estro más corto que los animales con folículos medianos (aproximadamente 10 mm) y que aquellos con folículos pequeños (<5 mm). Así mismo, las hembras que presentaban folículos pequeños tuvieron un porcentaje de concepción significativamente menor que las demás. Ellos concluyen que cuanto más avanzado sea el desarrollo folicular al momento del tratamiento con PGF2 α menor será el tiempo transcurrido para el inicio del estro, y los estros se concentrarán más entre las 60 y 96 horas postratamiento. Igualmente, Fortune et al. (1991) observaron que la presencia y el tamaño de un folículo dominante al momento de la aplicación de PGF2 α influye sobre la respuesta del animal al tratamiento.

Teniendo en cuenta la variabilidad de la respuesta a la aplicación de la PGF2 α de acuerdo a la etapa del diestro en que los animales reciben el tratamiento, se han realizado algunos experimentos asociando el tratamiento de PGF2 α con otras hormonas involucradas en su mecanismo de acción, como son la oxitocina y los estrógenos, con el propósito de obtener resultados más consistentes independientemente de la etapa del diestro en la que se aplique el agente luteolítico (Farias y Menendez, 1985; Gengebach et al., 1977), sin embargo los resultados obtenidos han sido bastante erráticos.

Otros experimentos han estado encaminados a evaluar el efecto luteolítico de dosis reducidas de PGF2 α y vías alternas (diferentes a la intramuscular) para su aplicación (Córdova y Fraga, 1987; García y Gallegos, 1991; Rayos et al., 1990); sin embargo se ha encontrado que las dosis reducidas fallan en un porcentaje importante de los animales, por lo que los mejores resultados se obtienen aplicando la dosis convencional de 25 mg de prostaglandina natural por vía intramuscular, entre los días 6 y 16 del ciclo estrol (García y Gallegos, 1991; Guzmán, 1989; Halbert et al., 1989; Salazar, 1990).

2.6. Usos de la PGF2 α en vacas lecheras

La PGF2 α y sus análogos han sido utilizadas desde hace casi dos décadas como una herramienta de gran ayuda para mejorar la eficiencia reproductiva en vacas lecheras. Además de su utilización tradicional para la sincronización del estro, las prostaglandinas son el tratamiento de elección en algunas alteraciones del aparato reproductivo tales como piómetra y quistes lúteos, y en algunas anomalías de la gestación tales como hidroamnios e hidroalantoides en las que se usa como agente abortivo, al igual que en la momificación fetal (Day, 1991; Elmore, 1992; Mortimer *et al.*, 1984, Vighio *et al.*, 1991; Whittier *et al.*, 1989). Whittier *et al.* (1989) encontraron que el 70 % de los tratamientos con PGF2 α en vacas lecheras era administrado para vacas con estros no observados, 12 % para tratar quistes ováricos, 15 % para casos de piómetra y 3 % para inducir aborto terapéutico.

Además del efecto que ejerce esta hormona sobre la vida del cuerpo lúteo, se han encontrado otros eventos fisiológicos en los cuales interviene directamente, tales como el transporte de los gametos en el tracto reproductivo de la hembra, contracciones uterinas durante el parto y probablemente en la involución uterina puerperal (Bonnet *et al.*, 1988; Guilbault *et al.*, 1985; Tollen-son y Randel, 1988).

Teniendo en cuenta su intervención durante el parto y

probablemente también en la involución uterina subsecuente, se han realizado diversos experimentos con el propósito de evaluar el posible efecto de esta hormona para acelerar la involución uterina posparto en vacas lecheras, y de esta manera disminuir la incidencia de alteraciones reproductivas que tienden a prolongar el periodo interpartos. Hu et al. (1990) evaluaron el efecto de la aplicación de 25 mg de PGF2 α vía intramuscular a vacas lecheras en el día 20 posparto, analizando la respuesta en involución uterina, reinicio de la actividad ovárica, porcentaje de concepción e intervalo entre partos, sin encontrar diferencia estadística en estos aspectos entre las vacas tratadas y el grupo testigo, concluyendo finalmente que el tratamiento profiláctico de vacas posparto con PGF2 α no altera el reinicio de la actividad ovárica. Estos resultados coinciden con los presentados por otros autores como Mortimer et al. (1984) y Revah et al. (1989). Sin embargo, los primeros autores encontraron que las vacas con problemas de involución uterina y cuadros de piómetra que recibían tratamiento con PGF2 α tenían una sensible disminución en días abiertos comparadas con el grupo testigo, lo cual no se aplicaba para las vacas posparto tratadas rutinariamente con esta hormona.

Teniendo en cuenta que uno de los aspectos más importantes que afectan la productividad de las explotaciones lecheras es la eficiencia reproductiva de los animales, y que esta depende principalmente de un periodo interpartos no superior a 12 o 13 meses, se han logrado establecer varios aspectos que influyen directamente sobre el desempeño reproductivo del ganado. Uno de

estos y tal vez el más importante se refiere a la detección de estros (Belschner,1989; Zarco,1990). Diversos estudios han encontrado una eficiencia en la detección de estros en hatos comerciales de aproximadamente 50 a 60 % (Slennning,1992; Whittier et al.,1989; Zarco,1990); igualmente, se ha observado mediante medición de progesterona en leche, que el 15 a 30 % de las vacas inseminadas no estan realmente en etapa de estro (Belschner, 1986). Basados en lo anterior, muchos investigadores han dirigido su atención hacia la búsqueda de mecanismos que mejoren la eficiencia en la detección de estros, lo cual se verá reflejado en un mejora sustancial de los parámetros reproductivos del hato.

Otro aspecto de gran interés en el uso de esta hormona en ganado lechero se refiere a su aplicación en vacas con cuerpo lúteo palpable pero sin estros observados; es decir, vacas que aparentemente no estan ciclando según el reporte del vaquero o del ganadero. Plunkett et al. (1984) evaluaron la efectividad del tratamiento con PGF2 α para inducir luteólisis y reducir el periodo parto-concepción en vacas lecheras ciclando, pero sin estros observados antes de la primera inseminación. Las vacas fueron inseminadas al estro o a las 72 y 96 horas postratamiento cuando el estro no fué observado. El tratamiento con PGF2 α fué efectivo en inducir luteólisis en el 91 % de los animales tratados. Los intervalos del tratamiento al estro, al primer servicio y a la concepción fueron más largos para el grupo testigo que para las vacas tratadas. La concepción a primer servicio fué similar en el grupo testigo (39 %) y en el grupo

tratado (43 %). Este autor concluye que en vacas ciclando tratadas con PGF2 α para estros no observados, se reducen los días transcurridos del tratamiento a la primera concepción; ya sea que sean inseminadas al estro o por ausencia de este a tiempo fijo (72 y 96 horas postratamiento). Estos resultados son similares a los obtenidos por Whittier et al. (1989) en un estudio similar.

Belschner (1986) realizó un experimento que involucró 6 hatos, en los cuales implementó un programa reproductivo que comprendía visitas quincenales del médico veterinario para realizar examen ginecológico de las vacas, y la aplicación de un tratamiento con PGF2 α a aquellas que estuvieran abiertas (> 45 d. posparto) y que presentaran cuerpo lúteo a la palpación rectal. El periodo de observación de estros en este grupo de animales abiertos se concentró a 8 días al mes; es decir 4 días después de cada tratamiento quincenal con PGF2 α . Las vacas fueron inseminadas artificialmente al manifestar el calor, incluso en las que fué necesario realizar un segundo tratamiento. Aquellas que no fueron observadas en calor después de dos tratamientos con PGF2 α y requirieron una tercera inyección fueron inseminadas a tiempo fijo (72 y 96 horas postratamiento). Los resultados del programa al ser comparados con los registros de los 12 meses anteriores de cada hato manifestaron un progreso con respecto a días abiertos (107.9 contra 91.1) durante el experimento. Así mismo, el porcentaje de desecho en estos hatos disminuyó en un 50 %. El número de servicios por concepción disminuyó de 2.0 a 1.4 y la tasa de concepción a primer servicio se incrementó de 52.4 a 64.4 %.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los obtenidos por Slenning (1992) al comparar dos sistemas de manejo reproductivo dentro de un mismo hato. Un sistema se basó en la aplicación de PGF2 α a vacas con cuerpo lúteo palpable al examen rectal; estas vacas eran observadas para calor durante una semana después del tratamiento; las que manifestaran estro eran inseminadas 12 h después del inicio de este, y las que no hubieran sido detectadas en estro se inseminaban a las 72 y 96 horas. El otro sistema consistía en la detección de estros tradicional, sin terapia con PGF2 α e inseminación 12 h después del inicio del estro. Este autor no encontró diferencias significativas entre los dos programas en cuanto a promedio de días abiertos, servicios por concepción y porcentaje de vacas repetidoras.

Los estudios anteriormente descritos han contemplado solamente dos grupos de animales en respuesta al tratamiento: las vacas observadas en estro durante las primeras 96 horas postratamiento, y aquellas que no son observadas en estro y se inseminan a tiempo fijo. Sin embargo, es probable que un número importante de las vacas inyectadas no tengan un cuerpo lúteo funcional al momento del tratamiento, a pesar de haberse determinado por palpación rectal la presencia de esta estructura (Ortiz et al., 1986; Plunkett et al., 1984; Slenning, 1992). Este tipo de vacas no responde a la PGF2 α y por lo tanto no pueden beneficiarse de una inseminación a tiempo fijo; por esta razón, puede resultar conveniente hacer una selección por palpación

rectal previa a la inseminación a tiempo fijo (Ortiz et al., 1986).

Algunos autores, como Bon Durant (1986); Smith (1986), y Studer (1975a, 1975b) manifiestan la importancia de la palpación rectal del aparato reproductivo de la vaca como una ayuda para detectar signos de estro, sin depender únicamente de la observación de las manifestaciones externas de este. Aspectos como el hallazgo de tono uterino, presencia de un folículo prominente, o la expulsión de moco cervical mediante un masaje suave sobre el útero, pueden indicar que el animal se encuentra en estro o cerca de este. La palpación rectal antes de la inseminación a tiempo fijo puede evitar que se inseminen las vacas que no están en estro debido a haber sido inyectadas erróneamente cuando no existía un cuerpo lúteo funcional en los ovarios (Ortiz et al., 1986). Landsverk y Karlberg (1988) encontraron que la eficiencia en el diagnóstico de animales en estro por palpación rectal era del 60%, lo cual se puede incrementar considerablemente si se asocian estos signos con las características conductuales que presentan las vacas en calor.

2.7. Inseminación al estro comparada con tiempo fijo en vacas sincronizadas con PGF2 α

Como ya se mencionó anteriormente, uno de los principales problemas que afectan los resultados obtenidos en cualquier programa de sincronización con PGF2 α concierne a la detección de estros. Es por esto que muchos médicos veterinarios han adoptado

la inseminación a tiempo fijo como un posible método para incrementar la tasa de concepción en las vacas sincronizadas, obviando de esta manera la detección de estros.

Louis et al. (1974) observaron que después de la aplicación de PGF2 α , el estro se presentaba a las 72 \pm 5 horas, y la ovulación se presentaba a las 95 \pm 5 horas. Plunkett et al. (1984) observaron que el estro se presentaba a las 65.7 \pm 2.1 horas después del tratamiento con PGF2 α .

Varios estudios se han realizado con el propósito de evaluar el momento apropiado para inseminar las vacas después de la aplicación de la prostaglandina. Macmillan y Day (1982) encontraron que las mejores tasas de concepción en vacas sincronizadas con PGF2 α se obtenían en aquellas que manifestaban calor entre las 72 y 96 horas postratamiento y eran inseminadas alrededor de las 96 horas postratamiento. Seguin et al. (1983) observaron que del 49 a 79 % de las vacas sincronizadas con PGF2 α manifestaban estro hacia el final del tercer día postratamiento; Elmarimi et al. (1983) observó dicho comportamiento en el 50 % de las vacas que recibían este tratamiento. Seguin et al. (1978) obtuvieron una tasa de concepción del 59 % con inseminación a tiempo fijo, comparada con el 44 % de concepción en el grupo control inseminadas a estro observado. Por otro lado, King et al. (1982) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de concepción de vacas y novillas tratadas con PGF2 α e inseminadas al estro, comparada con animales inseminados 80 horas después del

tratamiento. Sin embargo, estos resultados no coinciden con los presentados por otros autores como Stevenson et al. (1987), los cuales compararon la tasa de concepción de vacas sincronizadas con una doble aplicación de PGF2 α con 11 días de intervalo, e inseminadas a las 80, o 72 y 96 horas postratamiento, contra un grupo testigo en el cual las vacas fueron inseminadas al manifestar estro espontáneo siguiendo la regla AM-PM. La tasa de concepción de las vacas inseminadas a las 80 horas postratamiento (23%), y de las inseminadas 72 y 96 horas postratamiento (30%), fué mas baja ($P < 0.05$) que la del grupo control (54%).

En los cuadros 1 y 2 se presentan los porcentajes de concepción obtenidos por diversos autores, comparando la inseminación al estro con la inseminación a tiempo fijo en vacas y novillas sincronizadas con PGF2 α . Se puede observar que en casi todos los estudios la fertilidad fué mayor al inseminar a estro detectado.

CUADRO 1. Porcentaje de concepción en novillas tratadas con PGF2 α e inseminadas a tiempo fijo, comparadas contra grupo testigo (inseminación al estro).

I.A tiempo fijo		I.A estro detectado	Autor
horas pos-tratamiento	% concepción.	% concepción	
80	46.7	70.5	King <i>et al.</i> 1982
72 y 96	49	62	Roche <i>et al.</i> 1979
80	61	45	Adeyemo <i>et al.</i> 1979
80	53.4	73.7	Stevenson <i>et al.</i> 1984

CUADRO 2. Porcentaje de concepción en vacas tratadas con PGF2 α e inseminadas a tiempo fijo, comparadas contra grupo testigo (I.A. al estro).

I.A tiempo fijo		I.A estro detectado	Autor
horas pos-tratamiento	% concepción	% concepción	
80	46.2 (65/140)	50.2 (25/48)	King <i>et al.</i> 1982
72 y 96	46 (46/100)	55 (39/71)	Roche <i>et al.</i> 1979
80	23 (28/119)	54 (32/59)	Stevenson <i>et al.</i> 1987
72 y 96	30 (17/57)	54 (32/59)	Stevenson <i>et al.</i> 1987
72 y 80	17 (31/182)	28 (376/1344)	Archbald <i>et al.</i> 1992
72 y 96	33 (118/359)	67 (182/343)	Macmillan y Day, 1982
80	20.7 (12/58)	53.4 (47/88)	Whittier <i>et al.</i> 1989
72 y 96	40 (23/58)	45 (34/75)	Plunkett <i>et al.</i> 1984

Varias son las razones propuestas para explicar los bajos porcentajes de concepción obtenidos al comparar el uso de la PGF2 α para la sincronización del estro contra el estro espontáneo, al igual que la inseminación a tiempo fijo contra la inseminación al estro en vacas sincronizadas con PGF2 α . Stevenson et al. (1987) observaron que el 13 % de las vacas tratadas con PGF2 α no sufrieron luteólisis, lo cual indica que la hormona falla en la inducción de luteólisis en una cierta proporción de los animales tratados, por razones aún desconocidas. Esta observación coincide con los resultados obtenidos por Halbert et al. (1989); Ortiz et al. (1986) y Stevenson et al. (1987).

Otra razón por la cual el uso de la PGF2 α puede proveer resultados inferiores a los esperados concierne a la eficiencia en el diagnóstico de cuerpo lúteo por palpación rectal. Plunkett et al. (1984) observaron una eficiencia en el diagnóstico de cuerpo lúteo por palpación rectal del 95.5 %. Sin embargo, este resultado es bastante superior al obtenido por Landsverk et al., 1988 (90 %); Slenning, 1992 (55-71 %); Ortiz et al., 1986 (75-80 %), y Watson y Munro, 1980 (84 %). Lo anterior indica que aproximadamente del 15 a 20 % de las vacas tratadas con PGF2 α no tienen un cuerpo lúteo funcional y por lo tanto no responden al tratamiento, lo que imposibilita que queden gestantes al inseminarse a tiempo fijo.

Finalmente, otro aspecto a tener en cuenta es el posible efecto detrimental de la PGF2 α exógena sobre la cantidad y

calidad de los espermatozoides presentes en el cérvix y útero después de la monta (Hawk *et al.*, 1983). Hawk *et al.* (1982) observaron que el número y la calidad de los espermatozoides encontrados en la mitad y tercio anterior del cérvix, así como en el útero después de la monta natural, era significativamente menor en ovejas sincronizadas con PGF2 α que en aquellas con estro espontáneo. Al inseminar artificialmente las ovejas depositando el semen directamente en la luz uterina, el efecto detrimental sobre la concentración de espermatozoides no se observó, pero sí sobre la motilidad y la morfología acrosomal. Este efecto detrimental puede hacer imperiosa la necesidad de inseminar en el momento adecuado para obtener una buena fertilidad.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los porcentajes de concepción que los diversos autores han obtenido al inseminar a estro detectado, son en relación al número de hembras detectadas en estro y no en relación al total de animales en el grupo, por lo que los porcentajes de gestación total pueden ser considerablemente menores dependiendo del porcentaje de vacas que sean detectadas en estro. Por esta razón, la inseminación a tiempo fijo puede ser una alternativa viable, ya que aunque resulte en menores índices de concepción puede resultar en porcentajes de gestación totales similares a los de las vacas inseminadas a estro detectado.

III. MATERIAL Y METODOS

3.1. Animales y localización

Para este estudio se utilizó un total de 266 vacas Holstein Freisian en producción, de diferentes edades. Se seleccionaron estos animales durante exámenes ginecológicos de rutina quincenales, cumpliendo con los siguientes requisitos: periodo posparto superior a 45 días, sin registro de estro previo, clínicamente sanas y con la presencia de cuerpo lúteo a la palpación rectal.

Estos animales pertenecen al rancho "La Palma", situado en el municipio de Coacalco, Edo. de México. Las vacas se manejan en un sistema de estabulación permanente, bajo el régimen de alimentación, sanidad y manejo rutinario para este tipo de explotación. La dieta ofrecida a estos animales estuvo compuesta principalmente por alfalfa fresca (50 %), silo de maiz (30 %) y concentrado (20 %).

3.2. Diseño experimental

Las vacas seleccionadas fueron inyectadas con 25 mg de PGF_{2a} natural (Lutalyse, Upjohn, México) por vía intramuscular, y fueron asignadas a tres grupos diferentes, dependiendo de la respuesta que tuvieron al tratamiento.

Las vacas que manifestaron estro mediante conducta homosexual durante las 72 horas posteriores al tratamiento, (Grupo 1, n=93), fueron inseminadas artificialmente 12 h después de detectado el estro por primera vez. Las vacas que no fueron detectadas en estro durante las 72 horas posteriores al tratamiento fueron asignadas al azar a dos grupos diferentes. En uno de estos grupos (Grupo 2, n=68), las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo a las 72 y 96 h de la aplicación de la PGF2 α . Las vacas del grupo 3 (n=105) fueron examinadas por palpación rectal, y aquellas que presentaron tono uterino y/o descarga de moco cervical de color cristalino fueron inseminadas artificialmente; las vacas de este grupo que no presentaron ninguno de estos dos signos no fueron inseminadas. Se asignaron más vacas al grupo de palpación que al grupo de inseminación a tiempo fijo debido a que se esperaba que no todas las vacas palpadas serían encontradas en estro e inseminadas, mientras que en el otro grupo todas serían inseminadas.

3.3. Métodos y técnicas

El examen ginecológico para seleccionar las vacas con cuerpo lúteo fué realizado por un médico veterinario con amplia experiencia en este campo. A 159 de los animales seleccionados se les extrajeron 10 ml de sangre por punción de la vena mamaria antes de la aplicación de la PGF2 α , para determinar la precisión en la palpación del cuerpo lúteo. Las muestras se colectaron en tubos de ensayo con 0.1 g de Fluoruro de sodio y 90 U.I. de Heparina como anticoagulantes (Pulido et al.,1991). Las muestras

fueron refrigeradas a 5°C durante el transporte al laboratorio (aproximadamente 2 h). Una vez llevadas las muestras al laboratorio, fueron centrifugadas a 3500 r.p.m. durante 15 minutos. Posteriormente se extrajo el plasma y se depositó en alicuotas para ser congelado a -20°C. Una vez reunidas todas las muestras, fueron procesadas por radioinmunoensayo (R.I.A.), utilizando el juego de reactivos para progesterona suministrado por la Agencia Internacional de Energía Atómica. Este sistema de R.I.A. en fase sólida utiliza progesterona marcada con I 125. El coeficiente de variación intraensayo para el control bajo fué de 8.02 %, para el control medio 5.04 % y para el alto 3.67 %. El coeficiente de variación interensayo para el control bajo fué de 20.12 %, para el control medio 7.61 % y para el alto 10.24 %.

Se consideró que existía un cuerpo lúteo funcional cuando los niveles plasmáticos de progesterona fueron superiores a 1 ng/ml (Archbald et al.,1990; Archbald et al.,1992; Plunkett et al.,1984). La detección de calores se realizó siguiendo el sistema rutinario de este estable, el cual comprende observación durante las 24 horas del día por personal dedicado a esta labor. El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal a los 60 días postinseminación.

3.4. Parámetros evaluados

Los siguientes parámetros fueron evaluados:

1. Precisión en la detección de cuerpo lúteo a la palpación

rectal, basado en los niveles de progesterona plasmática.

2. Porcentaje de vacas que manifestaron estro.
3. Porcentaje de vacas con signos de estro a la palpación rectal.
4. Porcentaje de vacas positivas a estro por descarga de moco cervical.
5. Porcentaje de vacas positivas a estro por tono uterino.
6. Porcentaje de concepción a primer servicio en cada uno de los esquemas de inseminación.
7. Porcentaje de gestación en cada uno de los grupos.

Los resultados obtenidos en los tres grupos experimentales fueron comparados mediante la prueba de chi-cuadrada (Steel and Torrie, 1980).

Adicionalmente, se compararon los niveles de progesterona antes de la inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ de las vacas que presentaron estro contra aquellos de las vacas que no presentaron estro. También se compararon los niveles de progesterona de las vacas que quedaron gestantes contra aquellos de las vacas no gestantes. Para estas comparaciones se realizó la prueba de análisis de varianza (Steel and Torrie, 1980).

IV. RESULTADOS

4.1. Eficiencia en el diagnóstico del cuerpo lúteo

Basados en los niveles plasmáticos de progesterona al momento del tratamiento, 19 vacas de 159 muestreadas (12 %) no presentaban cuerpo lúteo funcional (progesterona <1 ng/ml), lo cual indica una precisión en el diagnóstico de cuerpo lúteo por palpación rectal del 88 %.

4.2. Conformación de los grupos

De los 266 animales tratados, solo el 35 % (93) fueron detectados en estro durante la 72 horas posteriores al tratamiento. El resto de las vacas fueron asignadas al azar al grupo de inseminación a tiempo fijo ($n= 68$) o al grupo de palpación rectal ($n= 105$). De esta manera el 35 % de los animales fueron inseminados a estro detectado, el 25 % a tiempo fijo y el 40 % fueron palpadas para decidir si se inseminaban o no. Debido a que 29 vacas de este último grupo no presentaron signos de estro a la palpación rectal y por lo tanto no fueron inseminadas, el porcentaje de vacas inseminadas después de haber sido seleccionadas por palpación se redujo al 29 % del total. La Figura 1 muestra la distribución de los grupos.

De las 105 vacas examinadas por vía rectal para signos de estro, 58.09 % presentó moco cervical y tono uterino, 14.28 % únicamente tono uterino y 27.61 % no presentó signos genitales de estro (Fig. 2). Teniendo en cuenta únicamente las vacas que

presentaron signos de estro, la proporción fué 80.26 % moco y tono uterino (61/76), y 19.73 % únicamente tono (15/76), lo que indica que la manifestación genital de estro mas frecuente es la presencia de moco asociada con tono uterino (Fig. 3).

4.3. Indices de concepción

En el grupo de vacas que manifestaron estro conductual, al ser inseminadas artificialmente se obtuvo un índice de concepción del 51.6 % (48/93) (Fig. 4), y el índice de gestación fué de solo el 18 % yá que se calculó teniendo en cuenta el número total de animales inyectados (48/266) (Fig. 5). Las vacas sin estro conductual pero con signos de estro a la palpación rectal tuvieron un índice de concepción de 32.9 % (25/76) y un índice de gestación de 23.8 % . El índice de gestación se calculó teniendo en cuenta el número de animales gestantes en relación al total de animales asignados al grupo (25/105) (Fig. 5). El índice de concepción de las vacas que presentaron simultaneamente moco y tono uterino fué de 34.4 % y el de las que presentaron solamente tono fué de 26.6 %. Finalmente, en el grupo de animales inseminados a tiempo fijo se obtuvo un índice de concepción de 28 % (19/68) (Fig.4). Debido a que en este grupo se inseminaron todos los animales, el índice de gestación es el mismo que el índice de concepción (28 %).

El índice de concepción fué significativamente mayor ($P < 0.05$) en el grupo inseminado a estro detectado que en los

otros dos grupos, sin embargo los índices de gestación son similares en los tres grupos.

4.4. Vacas no inseminadas

De las 29 vacas no inseminadas por no presentar signos de estro conductuales ni a la palpación rectal, al 21 % (6/29) se les diagnosticó quiste ovárico, y al 7 % (2/29) inactividad ovárica en la siguiente revisión ginecológica de rutina por el médico veterinario (15 días después). El 24 % de los animales de este grupo (7/29) presentó niveles de progesterona plasmática inferiores a 1 ng/ml en el momento del tratamiento, lo que indica que no tenían un cuerpo lúteo funcional al ser inyectados. En los 14 animales restantes no se encontró una razón que explicara la falta de signos de estro conductuales o genitales.

4.5. Días posparto

Se evaluó la posible influencia del número de días posparto que tenían las vacas al momento del tratamiento, con la respuesta de estas a la aplicación de la PGF2 α , mediante el método de análisis de varianza. No se encontró relación estadísticamente significativa ($P > 0.05$) entre días posparto, gestación y manifestación de estro conductual. (Cuadro 3).

4.6. Progesterona plasmática al momento del tratamiento

Al evaluar la posible influencia de los niveles plasmáticos de progesterona al momento del tratamiento sobre la respuesta a la aplicación de PGF2 α , se encontró que al momento de la inyección de PGF2 α , las vacas que posteriormente quedaron gestantes tenían en promedio niveles de progesterona plasmática más altos ($P < 0.05$) que aquellas que no gestaron (2.96 ± 0.22 y 2.39 ± 0.14 ng/ml respectivamente). Así mismo, las vacas que manifestaron estro conductual tenían al ser inyectadas, niveles plasmáticos de progesterona más elevados (2.93 ± 0.24 ng/ml) que aquellas que no manifestaron estro conductual (2.44 ± 0.13 ng/ml). Estas diferencias se debieron a que las vacas que presentaron estro y quedaron gestantes, tuvieron concentraciones de progesterona significativamente mayores que las de cualquier otro grupo al momento de la inyección con prostaglandina F2 alfa (Figura 6 y Cuadro 4).

V. DISCUSION

La precisión en el diagnóstico del cuerpo lúteo funcional por palpación rectal encontrada en este trabajo (88 %) se considera aceptable, coincidiendo con el 87 % obtenido por Archbald et al. (1992) y el 84 % encontrado por Watson y Munro (1980), y es superior al 75-80 % obtenido por Ortiz et al. (1986), al 55-71 % encontrado por Slenning (1992)) y al 79 % encontrado por Vaca et al. (1983), este último en ganado de tipo cebuino. Otros autores encontraron una precisión un tanto superior, como el 90 % de Landsverk et al. (1988) y el 95.5 % obtenido por Plunkett et al. (1984). Las variaciones entre los resultados de los diferentes trabajos son considerables, probablemente debido a que la precisión calculada varía en función de la proporción de animales que tengan cuerpo lúteo al momento de realizar el estudio (Gutiérrez, 1992).

Lo anterior indica que en promedio, entre el 10 y 20 % de las vacas tratadas con PGF2 α para inducir luteólisis no responden al tratamiento debido a que no presentan un cuerpo lúteo funcional susceptible de ser lisado. Teniendo en cuenta que el 10.9 % de las vacas incluidas en el experimento no fueron inseminadas por no manifestar estro conductual ni signos genitales de estro a la palpación rectal, es factible asociar este resultado con el porcentaje de error (12 %) en el diagnóstico del cuerpo lúteo por el médico veterinario. Es importante además tener en cuenta que la proporción de vacas en

las cuales la PGF2 α falla en causar luteólisis aunque haya un cuerpo lúteo funcional presente es muy pequeña (Halbert et al., 1989; Ortiz et al., 1986; Stevenson et al., 1987).

Las 14 vacas que no presentaron estro conductual ni signos genitales de este y además no se les encontró ninguna causa aparente de falla, representan el 5.26 % del total de animales inyectados, y podrían ser animales que fueron refractarios a la PGF2 α (Archbald et al., 1992)), o bien animales que se encontraban en el día 5 o 6 del ciclo estral, cuando algunos cuerpos lúteos pueden no ser sensibles aún a la PGF2 α a pesar de ya producir cantidades significativas de progesterona (Ortiz et al., 1986).

El porcentaje de animales observados en estro conductual después del tratamiento con PGF2 α (34.96 %) se considera bajo comparado con los resultados obtenidos por otros autores como Orihuela et al., 1985 (54 %) en vacas cebú, y Ortiz et al., 1986 (42.9 %); Plunkett et al., 1984 (54 %); Slenning et al., 1992 (51 %) y Zarco et al., 1985 (67-70.5 %) en ganado Holstein, lo cual podría indicar una baja eficiencia en la detección de estros en este rancho. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este estudio la detección de estros se suspendió a las 72 horas postinyección con el objeto de realizar la palpación rectal o la inseminación a tiempo fijo. Otros autores han observado que desde un 13 a un 30 % de las vacas presentan estro conductual después de 72 horas de haber sido inyectadas con PGF2 α (Plunkett et al., 1984; Whittier et al., 1989; Zarco, 1980); este tipo de vacas

no habrían sido registradas en esto en el presente trabajo a pesar de haberlo mostrado.

Los resultados obtenidos en cuanto a la proporción de signos de esto hallados a la palpación rectal difieren de los obtenidos por Ortiz et al. (1986) en un estudio similar. Ellos encontraron en diferentes grupos de tratamiento, una proporción similar entre vacas que presentaban moco y las que presentaban únicamente tono uterino (50 % moco y 50 % tono uterino en un grupo, 47 % moco y 53 % tono uterino en otro tratamiento, y 54.5 % moco y 45.5 % tono uterino en un tercer grupo), mientras que en un cuarto grupo encontraron una diferencia a favor de las que presentaron sólomente tono uterino (37.7 % moco y 62.3 % tono uterino). Contrario a esto, en el presente estudio la mayor proporción de los animales que presentaron signos de esto a la palpación rectal tuvieron secreción de moco cervical simultáneamente con tono uterino (80.26 %), y sólomente una pequeña proporción (19.73 %) presentó tono uterino como único signo de esto. Sin embargo, Ortiz et al. (1986) no evaluaron el índice de concepción obtenido en cada uno de los grupos, lo cual sería interesante para comparar el porcentaje de concepción en vacas con diferentes signos de esto al examen ginecológico.

Teniendo en cuenta los índices de concepción, el resultado obtenido en el grupo de vacas con esto manifiesto (51.6 %) es superior al observado por otros autores como Plunkett et al. (1984), los cuales obtuvieron 32 % de concepción en un grupo y

40 % en otro dentro del mismo experimento, y Seguin et al. (1978), quienes obtuvieron 44 %. Por otro lado, el resultado obtenido en el presente trabajo es ligeramente más bajo que el 55 % encontrado por otros autores como Seguin et al. (1983), y Roche y Prendiville (1979).

Es importante señalar que el porcentaje de concepción de las vacas con estro manifiesto estuvo estadísticamente relacionado con los niveles plasmáticos de progesterona al momento del tratamiento. Las vacas que manifestaron estro y gestaron, tuvieron en promedio los niveles más altos de progesterona plasmática al momento del tratamiento. Algunos investigadores, como Folman et al. (1973) y Meisterling et al. (1987), trabajando con estros no sincronizados, encontraron una asociación directa entre las concentraciones de progesterona durante el ciclo estral previo a la concepción, con el desarrollo embrionario y mantenimiento de la preñez, y sugirieron que en algunos individuos podría haber una deficiencia para la formación de cuerpos lúteos de actividad normal, la cual es necesaria para el establecimiento de la gestación (Breuel et al., 1990; Hansen., 1992). Igualmente, es posible que el nivel plasmático de progesterona en el diestro del ciclo previo a la concepción ejerza alguna influencia sobre la preparación del útero para la gestación. En el caso de estros sincronizados, las concentraciones de progesterona al momento de la inyección pueden variar debido a efectos individuales, pero también debido a variación en el momento del diestro en el que se aplique la PGF2 α .

El porcentaje de concepción obtenido en las vacas con moco (34.42 %) y tono uterino (26.6 %), y el porcentaje de concepción global de este grupo, es decir el de las vacas con signos de estro a la palpación rectal (32.89 %) es aparentemente satisfactorio comparado con los resultados obtenidos por Plunkett et al. (1984) y Seguin et al. (1978) en vacas con estro manifiesto, y supera a los resultados obtenidos en el presente trabajo en el grupo de vacas inseminadas a tiempo fijo (27.94 %). Sin embargo, al calcular el índice de gestación, en el cual se incluyen todas las vacas asignadas a cada grupo (incluyendo las 29 vacas del grupo de palpación que no fueron inseminadas por carecer de signos genitales de estro) el resultado obtenido es de 23.80 %, el cual es ligeramente inferior al índice de gestación del grupo de vacas inseminadas a tiempo fijo (27.94 %). Esto podría indicar que sería más conveniente que aquellas vacas que no hayan presentado signos conductuales de estro a las 72 horas postratamiento sean inseminadas a tiempo fijo en lugar de ser palpadas para decidir si se inseminan. Sin embargo, habría que valorar si el ligero aumento en el porcentaje de gestación del grupo inseminado a tiempo fijo, justifica el mayor número de dosis de semen empleado en relación al grupo en el que solamente se inseminan las vacas con estro genital.

El porcentaje de concepción en el grupo de vacas inseminadas a tiempo fijo (27.94 %) fué bajo comparado con los resultados encontrados por King et al. (1982), los cuales obtuvieron un 46.2 % de concepción en vacas tratadas con PGF2 α e inseminadas a las

80 horas postratamiento. Además, hay que resaltar el hecho de que dicho autor obtuvo este índice de concepción con una sola inseminación por vaca, comparado contra doble inseminación en el presente experimento (72 y 96 horas postratamiento), lo cual aparentemente debería incrementar la probabilidad de gestación en estas vacas teniendo en cuenta la variación que existe en el tiempo transcurrido desde la aplicación de la prostaglandina hasta la manifestación del estro (Louis et al., 1974; Plunkett et al., 1984). Por otro lado, Macmillan y Day (1982) obtuvieron un 33 % de concepción en 359 vacas sincronizadas con PGF 2α e inseminadas 72 y 96 horas postratamiento. Stevenson et al. (1987) compararon el porcentaje de concepción en vacas sincronizadas con PGF 2α e inseminadas a tiempo fijo bajo dos esquemas diferentes (80, o 72 y 96 horas postratamiento) contra un grupo testigo de vacas inseminadas al estro espontáneo. Los resultados que obtuvieron fueron 23, 30 y 54 % respectivamente. El porcentaje de gestación que presenta este autor en las vacas inseminadas 72 y 96 horas postratamiento es similar al que se obtuvo en el presente trabajo (27.94 %). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en dicho experimento las vacas que iban a ser inseminadas al estro y las que iban a ser inseminadas a tiempo fijo fueron asignadas desde el comienzo a su grupo respectivo, mientras que las vacas inseminadas a tiempo fijo en el presente experimento incluyeron solamente a vacas que no presentaron estro conductual, lo que podría equivaler a una selección negativa. Otros autores han obtenido un índice de concepción con inseminación a tiempo fijo (80 horas postratamiento) inferior al de este experimento, como Whittier et al. (1989) el cual obtuvo 20.7 %.

Se considera que el índice de concepción relativamente bajo obtenido en las vacas inseminadas a tiempo fijo no es debido a infertilidad de los animales, sino a que muchas de estas vacas son inseminadas cuando no están en estro. Esta falla en la sincronía podría ser causada principalmente por dos factores: anestro, o un prolongado intervalo del tratamiento a la ovulación, posiblemente debido a un retraso en el desarrollo folicular postratamiento (Fortune et al., 1991; Porras y Galina, 1992; Zarco et al., 1985).

VI. CONCLUSIONES

Con el propósito de obtener resultados satisfactorios de sincronización o inducción del estro con PGF2 α en vacas lecheras, es necesario realizar previamente una palpación rectal de los ovarios y confirmar la presencia de un cuerpo lúteo susceptible de ser lisado por esta hormona. En el desarrollo de esta práctica existe un margen de error de aproximadamente 15 a 20 %, el cual en muchas ocasiones puede escaparse de la capacidad diagnóstica del médico veterinario especializado, ya que en una cierta proporción de las vacas existe una estructura lútea morfológicamente real, pero que ya no es funcional debido a que se ha iniciado la regresión lútea (Gutiérrez.,1992).

La eficiencia en la detección de estros es un requisito indispensable para obtener óptimos resultados de concepción en vacas lecheras sincronizadas con PGF2 α . En la medida en que el personal dedicado a esta labor y las medidas asociadas a ella sean más eficientes, la tasa de concepción derivada de este tipo de manejo se aproximará a las aspiraciones del médico veterinario y del ganadero; ya que los mejores índices de concepción se obtienen en las vacas inseminadas a estro detectado. Además, en este tipo de vacas no se desperdician dosis de semen en aquellas que no están en estro, o en la realización de doble inseminación.

Con el propósito de subsanar las pérdidas económicas asociadas a una pobre eficiencia en la detección de estros, y en asociación con el uso de la PGF2 α para mejorar el desempeño

reproductivo del ganado lechero, es importante integrar estrategias de manejo tales como la evaluación por palpación rectal de signos indicativos de estro (descarga de moco cervical y presencia de tono uterino), así como la inseminación a tiempo fijo, en aquellas vacas tratadas con PGF2 α que no hayan sido observadas en estro por el personal dedicado a esta labor. De acuerdo con los resultados obtenidos, aproximadamente una de cada tres vacas que presentan signos compatibles con estro pero sin manifestaciones conductuales (estro silencioso) concebirá al ser inseminada.

Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio no permiten recomendar la inseminación a tiempo fijo postratamiento sin detección de estros en las vacas sincronizadas con PGF2 α , como una medida generalizada de rutina dentro del manejo reproductivo en ganado lechero, debido al bajo porcentaje de concepción que se obtuvo en este grupo de tratamiento aún a costa de una utilización de dosis de semen mucho mayor a la de los otros grupos.

Es indudable que el número de vacas gestantes después de un tratamiento con PGF2 α aumenta significativamente si el programa de detección de estros es complementado con la inseminación de las vacas que no presentaron signos de estro. Sin embargo, la elección entre la inseminación a tiempo fijo o la inseminación después de palpación rectal dependerá de diversos factores.

Teniendo en cuenta que el éxito de cualquier medida de manejo sugerida o implantada por el médico veterinario en una explotación lechera depende principalmente de factores como economía, practicidad y resultados ventajosos, la selección de una o ambas estrategias aunadas al manejo tradicional de detección de estros está supeditada a las condiciones específicas de cada hato y a las exigencias individuales del ganadero. Es importante por lo tanto sopesar tanto las ventajas que ofrece cada una de estas estrategias como los factores que pueden afectar la eficiencia de estas medidas (costo de la dosis de semen utilizado, incremento en el manejo de los animales, incremento en la labor del técnico inseminador al evaluar signos de estro por palpación rectal, etc).

Otro aspecto de importancia que se evidenció en este estudio es la relación existente entre la concentración de progesterona plasmática en el momento del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ y el porcentaje de concepción postinseminación artificial. Las vacas que gestaron tuvieron en promedio niveles plasmáticos de progesterona superiores a los de aquellas que no gestaron ($P < 0.05$). Sin embargo, este es un campo en el que se debe investigar aún más, con el propósito de esclarecer esta asociación y evaluar su implicación en el desempeño reproductivo del ganado.

Finalmente, sería interesante realizar estudios que evalúen la tasa de concepción en vacas lecheras sincronizadas con $\text{PGF}_{2\alpha}$, diferenciando desde el comienzo del experimento las vacas que van

a ser inseminadas después de manifestar estro conductual, aquellas que van a ser inseminadas basados en los signos genitales de estro (sin importar la manifestación o no de estro conductual), y aquellas que serán inseminadas a tiempo fijo postratamiento, para comparar los resultados obtenidos con los observados en este trabajo bajo el diseño experimental aquí desarrollado.

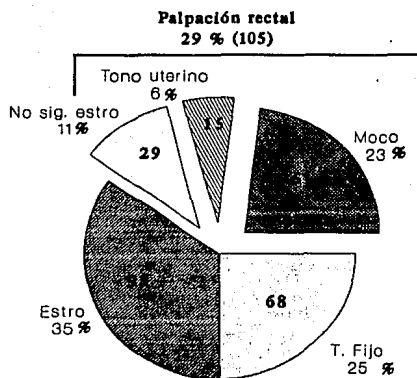


Figura 1. Distribución de las vacas en los diferentes grupos experimentales. El número de animales en cada grupo se indica en el cuerpo de la gráfica.

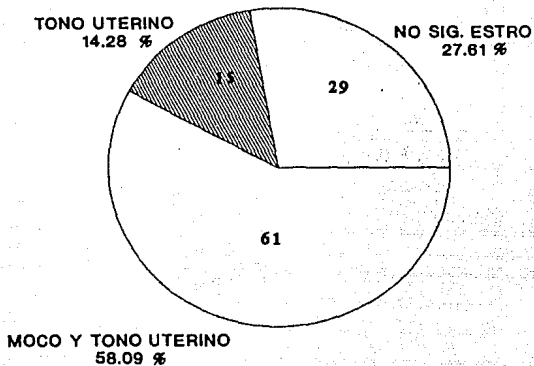


Figura 2. Presentación de signos genitales de estro en vacas que no manifestaron estro conductual durante las 72 h posteriores a la inyección de prostaglandina F_{2α}.

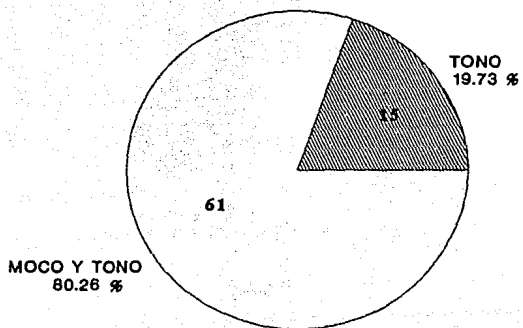


Figura 3. Hallazgos en vacas con signos de estro a la palpación rectal.

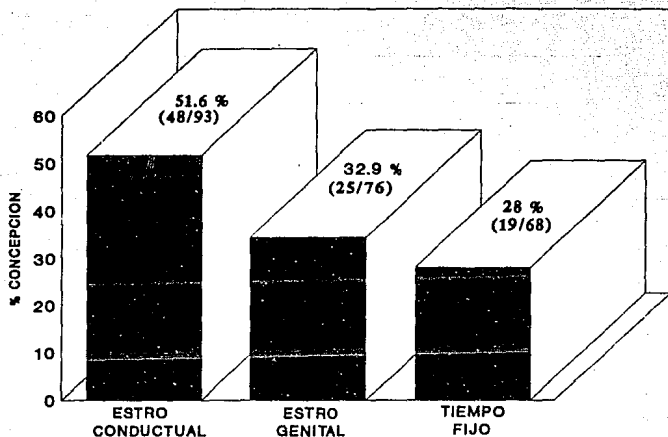


Figura 4. Índice de concepción en vacas que presentaron estro conductual, estro genital o inseminadas a tiempo fijo después de la aplicación de prostaglandina F2 α . El índice de concepción de las vacas que presentaron estro conductual fué significativamente mayor al de los otros grupos ($P < 0.05$).

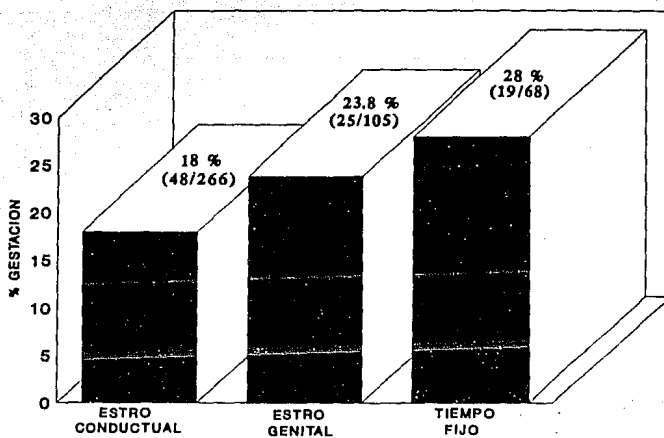


Figura 5. Porcentaje de vacas que quedaron gestantes en relación al total de animales en cada grupo.

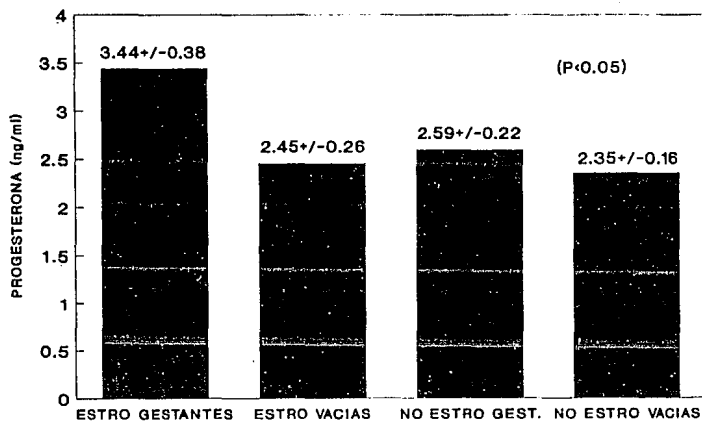


Figura 6. Concentración de progesterona plasmática al momento de la inyección de prostaglandina F₂α en vacas que presentaron o no estro y quedaron o no gestantes.

CUADRO 3. Intervalo posparto (días) en el que se aplicó la inyección de PGF2 α en vacas que presentaron o no estro conductual y quedaron o no gestantes

	Gestantes	Vacías	Promedio
Estro	113.91 \pm 9.91	113.62 \pm 10.18	113.77 \pm 7.06
No estro	104.81 \pm 7.31	100.15 \pm 4.46	101.63 \pm 3.81
Promedio	109.46 \pm 6.18	104.14 \pm 4.36	

Las diferencias no son significativas (P>0.05)

CUADRO 4. Niveles plasmáticos de progesterona (ng/ml) al momento de la inyección con PGFalfa en vacas que presentaron o no estro y quedaron o no gestantes

	Gestantes	Vacías	Promedio
Estro	3.44 \pm 0.38 ^a	2.45 \pm 0.26 ^b	2.93 \pm 0.24
No estro	2.59 \pm 0.22 ^b	2.35 \pm 0.16 ^b	2.44 \pm 0.13
Promedio	2.96 \pm 0.21	2.39 \pm 0.14	

Valores que no comparten literal son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Literatura Citada

ADEYEMO, O., AKPOKODJE, U.U. and ODILI, P.I.: Control of estrus in bos indicus and bos taurus heifers with prostaglandin F2 alpha. Theriogenology 12: 255-260 (1979).

AIUMLAMAI, S. and FREDRIKSSON, G.: Influence of repeated prostaglandin F2alpha injections on the ovarian function in the heifer. J. Vet. Med. Assoc. 36: 530-538 (1989).

ARCHBALD, L.F., NORMAN, S.N., BLISS, E.L., TRANT, T., LYLE, S., THOMAS, P.G.A. AND RATHWELL, A.C.: Incidence and treatment of abnormal postpartum ovarian function in dairy cows. Theriogenology 34: 283-290 (1990).

ARCHBALD, L.F., TRANT, T., MASSEY, R. and K LAPSTEIN, E.: Conception rates in dairy cows after timed-insemination and simultaneous treatment with gonadotrophin releasing hormone and/or prostaglandin F2 alpha. Theriogenology 37: 723-731 (1992).

BARTOL, F.F., THATCHER, W.W., BAZER, F.W., KIMBALL, F.A., CHENAULT, J.R., WILCOUX, C.J. and ROBERTS, R.M.: Effects of abnormal cycle and early pregnancy on bovine uterine, luteal and follicular responses. Biology of Reproduction 24: 759-776 (1981).

BEAL, W.E., MILVAE, R.A. and HANSEL, W.: Oestrous cycle length and plasma progesterone concentrations following administration of prostaglandin F2alpha early in the bovine oestrous cycle. J. Reprod. Fertil. 59: 393-396 (1980).

BECKNER, D.W. and MANNS, J.G.: Effect of ovine conceptus and endometrial secretory products on luteal progesterone production in vitro. Can. J. Physiol. Pharmacol. 64: 1556-1560 (1986).

BEHRMAN, H.R., HALL, A.K., PRESTON, S.L. and GORE, S.: Antagonistic interactions of adenosine and prostaglandin F2alpha modulate acute responses of luteal cells to luteinizing hormone. Endocrinology 110: 38-46 (1982).

BELSCHNER A: A dairy herd breed program. Agri-practice 7: 7-12 (1986).

BETTERIDGE, K.J., SUGDEN, E.A. and EAGLESOME, M.D.: Synchronization of estrus and ovulation in cattle with the prostaglandin analogue AY 24655. Can. J. Anim. Sci. 57: 23-32 (1977).

BONDURANT, R.H.: Examination of the reproductive tract of the cow and heifer. In Morrow, D.A. "Current Therapy in Theriogenology": 95-101 W. B. Saunders Company. Philadelphia (1986).

BONNET, B.N., ETHERINGTON, W.G., MARTIN, S.W., MILLER, R.B. and JOHNSON, W.H.: Prostaglandin therapy and its relationship to histology, culture results and subsequent reproductive performance in dairy cows biopsied at 26 and 40 days postpartum. 11th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Dublin, Ireland, 1988 Vol. 1 pp. 11

BOUDREAU, R.J. and MANDIN, H.: Effect of arachidonic acid and indomethacin on renal function of dogs with pericardial tamponade. Can. J. Physiol. Pharmacol. 59: 586-594 (1981).

BRETZLAFF, K.: Rationale for treatment of endometritis in the dairy cow. Food animal practice vol. 3: 593 - 606 (1987).

BREUEL, K.F., SPITZER, J.C., THOMPSON, C.E. and BREUEL, J.F.: First-service pregnancy rate in beef heifers as influenced by human chorionic gonadotropin administration before and/or after breeding. Theriogenology 34: 139-145 (1990).

BYGDEMAN, M. Effects of prostaglandins on the genital tract. Acta vet. Scand. Suppl. 77: 47-54 (1981).

CORDOVA, S.A. y FRAGA, E.E.: Sincronización del estro con dosis reducidas de PGF₂ alfa aplicadas por vía submucosa intravulvar. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México: pp. 365 (1987).

DATAR, S., MCCAULEY, F.A. and WILSON, T.W.: Effect of cyclooxygenase and thromboxane synthetase inhibition on furosemide stimulated plasma renin activity. Can. J. Physiol. Pharmacol. 65: 80-83 (1987).

DAY, N.: The treatment and prevention of cystic ovarian disease. Veterinary Medicine 3: 761-766 (1991).

DOWNIE, J. and LARSSON, C.: Prostaglandin involvement in contractions evoked in rabbit detrusor by field stimulation and by adenosine 5'-triphosphate. Can. J. Physiol. Pharmacol. 59: 253-260 (1981).

EINER-JENSEN, N. and MCCRACKEN, J.A.: Physiological aspects of corpus luteum blood flow and of the counter current system in the ovarian pedicle of the sheep. Acta vet. Scand. Suppl. 77: 89-101 (1981).

ELMARIMI, A.A., GIBSON, C.D., MORROW, D., MARTENIUK, J., GERLOFF, B. and MELANCON, J.: Use of prostaglandin F₂ alpha in the treatment of unobserved estrus in lactating dairy cattle. Am. J. Vet. Res. 44: 1081-1084 (1983).

ELMORE, R. G.: Focus on bovine reproduction disorders: Managing cases of placental hydrops. Veterinary Medicine 1: 73-77 (1992).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FARIAS, R.R. y MENENDEZ, T.M.: Efecto de la oxitocina o cipionato de estradiol en la sincronización estral con prostaglandina en vaquillas Holstein. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México: pp. 120 (1986).

FARIN, C.E., MOELLER, C.L., MAYAN, H., GAMBONI, F., SAWYER, H.R. and NISWENDER, G.D.: Effect of luteinizing hormone and human chorionic gonadotropin on cell populations in the ovine corpus luteum. Biol. Reprod. **38**: 413-421 (1988).

FIGUEROA, M.R., FUQUAY, J.W. and SHIPLEY, S.K.: Synchronization of estrus in early diestral dairy heifers with prostaglandin F2alfa and estradiol benzoate. Theriogenology **30**: 1093-1097 (1988).

FOLMAN, Y., ROSENBERG, M., HERZ, Z. and DAVIDSON, M.: The relationship between plasma progesterone concentration and conception in postpartum dairy cows maintained on two levels of nutrition. J. Reprod. Fertil. **34** 267-277 (1973).

FORTUNE, J., SIROIS, J., TURZILLO, A.M. and LAVOIR, M.: Follicle selection in domestic animals. J. Reprod. Fert. (suppl 43): 187-198 (1991).

GARCIA, M.J. and GALLEGOS, J.: Estrus synchronization in Holstein cows using reduced doses of Prostaglandin F2alfa. Theriogenology **36**: 191-199 (1991).

GENGEBACH, D.R., HIXONK, J.E. and HANSEL, W.: A luteolytic interaction between estradiol and prostaglandin F2alfa in hysterectomized ewes. Biology of Reproduction **16**: 571-579 (1977).

GINTHER, O.J.: Utero-ovarian relationships in cattle: applied veterinary aspects. J.A.V.M.A. **153**: 1665-1671 (1968).

GRANSTRÖM, E.: Prostaglandin chemistry. Acta vet. Scand. Suppl.77: 1-4 (1981).

GUILBAULT, L.A., THATCHER, W.W., COLLIER, R.J. and WILCOUX, C.J.: Periparturient endocrine changes of conceptus and maternal units in Holstein heifers bearing genetically different conceptuses. Journal of Animal Science **61**: 1505-1515 (1985).

GUTIERREZ, C.G.: Comparación de la foliculogénesis y ciclos estrales de novillonas Cebú y CebúxHolstein durante los meses de marzo a junio en el trópico húmedo de México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 1992.

GUZMAN, G.R.: Efecto luteolítico de una dosis reducida de prostaglandina F2alfa aplicada por vía vulvar en ganado Holstein. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 1989.

HAFS, H.D. and MANNS, J.G.: Onset of oestrus and fertility of dairy heifers and suckled beef cows treated with prostaglandin F2alpha. Anim. Prod. 21: 13-20 (1975).

HALBERT, G.W., LESLIE, K.E., WALTON, J.S. and BETTERIDGE, K.J.: Evaluation of return to estrus in superovulated dairy heifers following prostaglandin treatment. Theriogenology 31 abs. 201 (1989).

HANSEL, W., ALILA, H.W., DOWD, J.P. and MILVAE, R.A.: Differential origin and control mechanisms in small and large bovine luteal cells. J. Reprod. Fert. 43: 77-89 (1991).

HANSEN, P.J.: Rescue of the corpus luteum from luteolysis by bovine trophoblast protein-1: An example of maternal recognition of pregnancy. Memorias del IV Curso Internacional de Reproducción Bovina Academia de Investigación en Biología de la Reproducción. México, D.F. 1992 pp. 1-23.

HAWK, H.W., CONLEY, H.H. and COOPER, B.S.: Investigations on the detrimental effect of prostaglandin F2alpha-regulated estrus on the number and condition of sperm in the reproductive tract of the ewe. Theriogenology 18: 671-682 (1982).

HAWK, H.W.: Sperm survival and transport in the female reproductive tract. J. Dairy Sci. 66: 2645-2660 (1983).

HENRICKS, D.M., LONG, J.T., HILL, J.R. and DICKEY, J.F.: The effect of prostaglandin F2alpha during various stages of the oestrous cycle of beef heifers. J. Reprod. Fertil. 41: 113-120 (1974).

HORTON E.W., and POYSER, N.L.: Uterine luteolytic hormone: A physiological role for prostaglandin F2alpha. Physiological Reviews 56: 595-650 (1976).

HU, Y., WRIGHT, M.D. and DYER, R.M.: Effects of cloprostenol sodium and clenbuterol HCl on reproductive performance in post-partum anestrus cows. Theriogenology 34: 127 -132 (1990).

INSKEEP, E.K.: Potential uses of prostaglandins in control of reproduction cycles of domestic animals. J. Animal Sc. 36: 1149-1156 (1973).

KING, M.E., KIRACOFE, G.H., STEVENSON, J.S. and SCHALLES, R.R.: Effect of stage of the estrous cycle on interval to estrus after PGF2 α in beef cattle. Theriogenology 18: 191-200 (1982).

KIRACOFE, G.H., WRIGHT, J.M. and NEWBY, T.J.: Reproductive characteristics of cyclic beef heifers treated with the prostaglandin analog Luprostiol. Theriogenology 30: 931-936 (1988).

LANDSVERK, K. and KARLBERG, K.: Accuracy of rectal palpation in the diagnosis of ovarian function in the cow. 11th. International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Dublin, Ireland, 1988 Vol. 1 pp. 99.

LOUIS, T.M., HAFS, H.D. and MORROW, D.A.: Intrauterine administration of prostaglandin F2 α in cows: progesterone, estrogen, LH, estrus and ovulation. J. of Animal Sci. **38**: 347-353 (1974).

MACMILLAN, K.L. and DAY, A.M.: Prostaglandin F2 α . A fertility drug in cattle?. Theriogenology **18**: 245-253 (1982).

MARTIN, D.W.: Bioquímica de Harper. Edit. El Manual Moderno: México, D.F. pp. 198-240 (1986).

MCCRACKEN, J.A., BAIRD, D.T. and GODING, J.R.: Factors affecting the secretion of steroids from the transplanted ovary in the sheep. Rec. Prog. Horm. Res **27**: 537-542 (1971)

MCCRACKEN, J.A., SCHRAMM, W., BARCIKOWSKI, B. and WILSON, L.: The identification of prostaglandin F2 α as a uterine luteolytic hormone and the hormonal control of its synthesis. Acta vet. Scand. Suppl. **77**: 77-88 (1981).

MCCRACKEN, J.A. and SCHRAMM, W.: Prostaglandins and corpus luteum regression. In: P.B. Curtis-Prior "A handbook of Prostaglandins and Related Compounds." Edinburg, 1983 pp. 1-104.

MCCRACKEN, J. A., SCHRAMM, W. and OKULICZ, W.C.: Hormone receptor control of pulsatile secretion of PGF2 α from the ovine uterus during luteolysis and its abrogation in early pregnancy. Anim. Reprod. Sci. **7**: 31-55 (1984).

MEISTERLING, E.M. and DAILEY, R.A.: Use of concentrations of progesterone and estradiol-17 β in milk in monitoring postpartum ovarian function in dairy cows. J. Dairy Sci. **70**: 2154-2161 (1987).

MORTIMER, R.G., BALL, L., OLSON, J.D., HUFFMAN, E.M. and FARIN, P.W.: The effect of PGF2 α on reproductive performance of naturally bred dairy cows with or without pyometra. Theriogenology **21**: 869-874 (1984).

ORIHUELA, A., GALINA, C.S. y DUCHATEAU, A.: Estudio comparativo en la respuesta de estro y fertilidad entre Synchronate B y la Prostaglandina F2 α . Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México: pp. 184 (1985).

ORIHUELA, A., GALINA, C.S. and DUCHATEAU, A.: Behavioral patterns of Zebu bulls towards cows previously synchronized with Prostaglandin F2 α . Applied Animal Behavior Science **21**: 267-276 (1988).

ORTIZ, O., ZARCO, L. y SUAREZ, L.: Determinación de los factores que afectan la respuesta de un programa de sincronización de estros con PGF₂-alfa. XII Congreso Nacional de Buiatría: Tampico, México 1986 pp. 748-752

PLUNKETT, S.S., STEVENSON, J.S. and CALL, E.P.: Prostaglandin F₂ alfa for lactating dairy cows with a palpable corpus luteum but unobserved estrus. J. Dairy Sci. 67: 380-387 (1984).

PORRAS, A. I. y GALINA, C.: Utilización de prostaglandina F₂alfa y sus análogos para la manipulación del ciclo estral bovino. Memorias del IV Curso Internacional de Reproducción Bovina: Academia de Investigación en Biología de la Reproducción. México, D.F. 1992 pp. 31-35

POYSER, N. L.: Prostaglandin production by the uterus of the non-pregnant and early pregnant guinea-pig. Anim. Reprod. Sci. 7: 1-30 (1984).

PULIDO, A., ZARCO, L., GALINA, C.S., MURCIA, C., FLORES, G. and POSADAS, E.: Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: Effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. Theriogenology 35: 965-975 (1991).

RAYOS, A.A., ABALOS, J.A., CRUZ, S.F. and KANAGAWA, H.: Induction of estrus in cattle by intraovarian injection of Prostaglandin F₂alfa. Theriogenology 34: 511-521 (1990).

REFSAL, K.R. and SEGUIN, B.E.: Effect of stage of diestrus and number of cloprostenol (ICI 80.996) injections on interval to estrus, LH peak and ovulation in heifers. Theriogenology 14: 37-45 (1980).

REVAH, M.I., LOMAS, R., ZARCO L. y GALINA, C.S.: Evaluación del tratamiento rutinario con prostaglandina F₂ alfa en el día 30 o 40 posparto sobre la actividad ovárica y la eficiencia reproductiva de vacas Holstein. Vet. Méx. 20: 135-143 (1989).

ROCHE, J.F. and PRENDIVILLE, D.J.: Control of estrus in dairy cows with a synthetic analogue of Prostaglandin F₂ alpha. Theriogenology 11: 153-162 (1979).

ROWSON, L.E.A, TERVIT, R. and BRAND, A.: The use of prostaglandins for synchronization of oestrus in cattle. J. Reprod. Fertil. Abs. 145 (1972).

SALAZAR, P.S.: Evaluación de las vías vulvar e intravulvosubmucosa para la administración de dosis reducidas de PGF₂ natural o sintética. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1990.

SANGIAH, S., MACALLISTER, C.C. and AMOUZADEH, H.R.: Effects of misoprostol and omeprazole on basal gastric pH and free acid content in horses. Research in Veterinary Science 47: 350-354 (1989).

SEGUIN, B.E., GUSTAFFSON, B.K., HARTGEN, J.P., MATHER, E.C., REFSAL, K.R., WESCOTT, R.A. and WHITMORE, H.L.: Use of PGF_{2α} analog cloprostenol (ICI 80.996) in dairy cattle with unobserved estrus. Theriogenology 10: 55-61 (1978).

SEGUIN, B. E., TATE, D.J. and OTTERBY, D.E.: Use of cloprostenol in a reproductive management system for dairy cattle. J.A.V.M.A. 183: 533-537 (1983).

SLENNING, B. D.: Comparison of a prostaglandin-F_{2α}-based reproductive program with an estrus detection-based reproductive program on a large commercial dairy herd. Theriogenology 37: 673-685 (1992).

SMITH, R.D.: Estrus detection. In Morrow, D.A. "Current Therapy in Theriogenology": 153-158. W.B. Saunders Co. Philadelphia (1986).

STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H.: Principles and procedures of statistics. Edit. McGraw-Hill: México, D.F. (1980).

STEVENSON, J.S., LUCY, M.C. and CALL, E.P.: Failure of timed inseminations and associated luteal function in dairy cattle after two injections of Prostaglandin F_{2α}. Theriogenology 28: 937-946 (1987)

STEVENSON, J.S., SCHMIDT, M.K. and CALL, E.P.: Estrus intensity and conception rates in Holsteins. J. Dairy Sci. 66: 275 (1983)

STEVENSON, J.S., SCHMIDT, M.K. and CALL, E.P.: Stage of estrus cycle, time of insemination and seasonal effects on estrus and fertility of Holstein heifers after Prostaglandin F_{2α}. J. Dairy Sci. 67: 1798-1805 (1984).

STRANDBERG, K.: Some aspects on the pharmacology of prostaglandins. Acta vet. Scand. Suppl. 77: 39-45 (1981).

STUDER, E.: Sterility denotations and a grading system for bovine reproduction. Veterinary Medicine: 1201-1206 (1975a).

STUDER, E.: Palpation of the genital tract for prediction of the estrus in the cow. Veterinary Medicine: 1337-1341 (1975b).

TERVIT, H.R., ROWSON, L.E. and BRAND, A.: Synchronization of oestrous in cattle using a prostaglandin F_{2α} analogue (ICI 79.939). J. Reprod. Fertil. 34: 178-181 (1973).

TOLLENSON, D.R. and RANDEL, R.D.: Effects of alfaprostol and uterine palpation on postpartum interval and pregnancy rate to embryo transfer in Brahman influenced beef cows. Theriogenology 30: 555-564 (1988).

VACA, L.A., GALINA, C., FERNANDEZ-BACA, S., ESCOBAR, J. and RAMIREZ, B.: Progesterone levels and relationship with the diagnosis of a corpus luteum by rectal palpation during the estrus cycle in Zebu cows. Theriogenology 20: 67-76 (1983).

VADLAMUDI, R.V.S.V. and MCNEILL, J.M.: Cardiac effects of prostaglandins E1 and F1alpha. Can. J. Physiol. Pharmacol.: 473-478 (1981).

VIGHIO, G.H., LIPTRAP, R.M. and ETHERINGTON, W.G.: Oxytocin-prostaglandin interrelationship in the cow with pyometra. Theriogenology 35: 1121-1129 (1991).

WAKELING, A.E., GREEN, L.R.: Corpus luteum prostaglandin receptors and luteolysis. Acta vet. Scand. Suppl. 77: 131-142 (1981).

WATSON, E.D. and MUNRO, C.D.: A re-assessment of the technique of rectal palpation of corpora lutea in cows. Br. Vet. J. 136: 555-560 (1980).

WATTS, T. and FUQUAY, J.W.: Response and fertility of dairy heifers following injection with Prostaglandin F2alpha during early, middle or late diestrus. Theriogenology 23: 655-661 (1985).

WEBB, R., MITCHELL, M.D., FALCONER, J. and ROBINSON, J.S.: Temporal relationships between peripheral plasma concentrations of oxytocin, progesterone and 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F2alpha during the oestrous cycle and early pregnancy in the ewe. Prostaglandins 22: 443-453 (1981).

WHITTIER, W.D., GWAZDAUSKAS, F.C. and MCGILLIARD, M.L.: Prostaglandin F2alpha usage in a dairy reproduction program for treatment of unobserved estrus, pyometra and ovarian luteal cysts. Theriogenology 32: 693-704 (1989).

WIDOWSKI, T.M., CURTIS, S.E., DZIUK, P.J., WAGNER, W.C. and SHERWOOD, O.D.: Behavioral and endocrine responses of sows to prostaglandin F2alpha and cloprostenol. Biology of Reproduction 43: 290-297 (1990).

WILSON, L., CENDELLA, 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).

WILTBANK, M.C. and NISWENDER, G.D.: Functional aspects of differentiation and degeneration of the steroidogenic cells of the corpus luteum in domestic ruminants. Anim. Reprod. Sci. 28: 103-110 (1992).

WOLFENSON, D., THATCHER, W.W., DROST, M., CATON, D., FOSTER, D.B. and LEBLANC, M.M.: Characteristics of prostaglandin F measurements in the ovarian circulation during the oestrous cycle and early pregnancy in the cow. J. Reprod. Fert. **75**: 491-99 (1985).

ZARCO, L.: Desarrollo folicular en el momento del tratamiento con prostaglandina F2 alfa en ganado Holstein y su influencia sobre el tiempo que transcurre hasta el inicio del estro y la fertilidad del mismo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1980.

ZARCO, L., STABENFELDT, G.H., KINDAHL, H., QUIRKE, J.F and GRANSTRÖM, E.: Persistence of luteal activity in the non-pregnant ewe. Anim. Reprod. Sci. **7**: 245-267 (1984)

ZARCO, L., MORAN, E. y GALINA, C.S.: Influencia del desarrollo folicular sobre la respuesta al tratamiento con prostaglandina F2alfa en ganado Holstein. Memorias Reunión de Invest. Pecuaria en México: pp. 185 (1985).

ZARCO, L., STABENFELDT, G.H., QUIRKE, J.F., KINDAHL, H. and BRADFORD, G.E.: Release of Prostaglandin F2alfa and the timing of events associated with luteolysis in ewes with oestrous cycles of different lengths. J. Reprod. Fert. **83**: 517-526 (1988a).

ZARCO, L., STABENFELDT, G.H., BASU, S., BRADFORD, G.E. and KINDAHL, H.: Modification of prostaglandin F2alfa synthesis and release in the ewe during the initial establishment of pregnancy. J. Reprod. Fert. **83**: 527-536 (1988b)

ZARCO Q.L.: Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en el bovino lechero. Vet. Méx. **21**: 235-240 (1990).