



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

143
87

REDUCCION DE LA EDAD AL PRIMER PARTO EN VAQUILLAS
Bos taurus / *Bos indicus* MEDIANTE LA APLICACION DE
PROGESTAGENOS Y GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA
EN EL TROPICO HUMEDO MEXICANO.

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE

MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL: REPRODUCCION

PRESENTADA POR:

MVZ JOSE RAFAEL RODRIGUEZ SOSA

DIRECTORES DE TESIS: MSc CARLOS LAMOTHE ZAVALETA
PhD CARLOS S. GALINA HIDALGO



MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.	i
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I: ANTECEDENTES.	4
1.1 Pubertad en la novilla.	4
1.1.1 Definición.	4
1.1.2 Bases endocrinas.	4
1.1.2.1 Hipotálamo y GnRH.	4
1.1.2.2 Gonadotropinas.	5
1.1.2.3 Esteroides ováricos.	7
1.1.3 Factores que influyen en la edad a la pubertad.	8
1.1.3.1 Nutrición.	8
1.1.3.2 Estacionalidad.	10
1.1.3.3 Genotipo.	11
1.1.3.4 Ambiente social.	12
1.1.4 Variación en la edad a la pubertad.	13
1.2 Madurez sexual.	13
1.3 Interrupción de la ciclicidad ovárica por deficiencia nutricional.	14
1.4 Utilización de progestágenos para la inducción de la ciclicidad ovárica.	17
1.5 Actividad ovárica.	18
1.5.1 Desarrollo folicular.	18
1.5.1.1 Antes de la pubertad.	18
1.5.1.2 Durante la ciclicidad.	19
1.5.2 Función luteal.	21
1.5.2.1 Folículos anovulatorios luteinizados.	21
1.5.2.2 Cuerpo lúteo de vida corta.	22
1.6 Gonadotropina coriónica equina (eCG)	25
1.6.1 Estructura química.	25
1.6.2 Origen y modelo de secreción.	25
1.6.3 Función.	25
1.6.4 Usos y aplicaciones.	26
CAPITULO II: HIPOTESIS Y OBJETIVOS.	27
2.1 Hipótesis.	27
2.2 Objetivos.	27
2.2.1 Objetivo general.	27

2.2.2 Objetivos específicos.	27
CAPITULO III: MATERIAL Y METODOS.	29
3.1 Situación general.	29
3.1.1 Determinación del estado reproductivo.	29
3.1.2 Clasificación de los ranchos por su nivel tecnológico.	30
3.1.3 Edad de las novillas.	30
3.2 Inducción del estro fértil.	30
3.2.1 Grupos experimentales.	30
3.2.2 Detección de estros e inseminación artificial.	31
3.2.3 Novillas que no presentaron estro.	31
3.2.4 Diagnóstico de gestación.	31
3.3 Actividad ovárica.	31
3.3.1 Desarrollo folicular.	31
3.3.2 Función luteal.	32
3.4 Análisis estadístico.	32
CAPITULO IV: RESULTADOS.	34
4.1 Situación general.	34
4.1.1 Porcentajes y edades generales.	34
4.1.2 Efecto del nivel tecnológico de los ranchos.	35
4.1.5 Condición corporal.	36
4.2 Inducción del estro fértil.	37
4.2.1 Inducción de estros.	37
4.2.2 Porcentajes de gestación.	38
4.3 Actividad ovárica.	39
4.3.1 Desarrollo folicular.	39
4.3.2 Función luteal.	42
CAPITULO V: DISCUSION.	44
CONCLUSIONES.	52
LITERATURA CITADA.	53
ANEXO.	67

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
CUADROS.	
Cuadro 1. Cantidad total de novillas muestreadas y de acuerdo al estado reproductivo en los diferentes ranchos.	35
Cuadro 2. Puntuación obtenida por cada rancho en cada una de las características evaluadas. El número de la característica corresponde a las presentadas en el Anexo.	35
Cuadro 3. Comparación de los porcentajes de novillas de acuerdo al estado reproductivo entre ambos niveles tecnológicos. NTA= nivel tecnológico alto, NTB= nivel tecnológico bajo.	36
Cuadro 4. Comparación de la edad promedio expresada en meses de las novillas de acuerdo al estado reproductivo entre ambos niveles tecnológicos NTA= nivel tecnológico alto, NTB= nivel tecnológico bajo.	36
Cuadro 5. Valores promedio de la condición corporal de las novillas en los respectivos estados reproductivos y los niveles tecnológicos (NT).	36
Cuadro 6. Cantidad total de novillas tratadas y por grupo en los ranchos utilizados en esta fase.	37
Cuadro 7. Cantidad de novillas detectadas en estro a diferentes momentos de acuerdo al esquema de detección utilizado.	38
Cuadro 8. Cantidad de novillas en las que cayó el primer folículo dominante y surgió el segundo, en relación al día de observación durante el período de tratamiento.	40
Cuadro 9. Valores promedio de diámetro (mm) del primer folículo dominante por día de observación durante el período de tratamiento en los subgrupos con (CP) y sin progestágenos (SP).	40
Cuadro 10. Valores promedio de diámetro (mm) del segundo folículo dominante por día de observación durante el período de tratamiento en los subgrupos con (CP) y sin progestágenos (SP). Solo fue posible realizar estimaciones estadísticas a partir del día 4.	40

Cuadro 11. Promedio de diámetro (mm) del segundo folículo dominante al día 10 e incremento promedio de este folículo (mm/día) del día 8 al 10 en los distintos grupos experimentales. 41

Cuadro 12. Concentraciones séricas de progesterona (nmol/l) entre los cuerpos lúteos de vida normal (CLVN) y corta (CLVC). 43

FIGURAS.

Figura 1. Porcentajes de novillas gestantes, acíclicas y ciclando encontrados en los diferentes ranchos muestreados. 34

Figura 2. Porcentaje de estros inducidos por los distintos tratamientos en novillas en estado acíclico. El Grupo 2 es significativamente mayor respecto a los restantes, no habiendo diferencia entre éstos últimos ($P < 0.05$). 37

Figura 3. Porcentaje de gestación en los distintos tratamientos inductores de estros en novillas en estado acíclico. El grupo 2 presentó mayor porcentaje de gestación que el 1 ($P < 0.05$). 39

Figura 4. Ejemplos de la actividad folicular mostrada por las novillas en los grupos 1 y 2. 41

Figura 5. Ejemplos de la actividad folicular mostrada por las novillas en los grupos 3 y 4. 42

RESUMEN

Rodríguez Sosa José Rafael. REDUCCION DE LA EDAD AL PRIMER PARTO EN VAQUILLAS *Bos taurus / Bos indicus* MEDIANTE LA APLICACION DE PROGESTAGENOS Y GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA EN EL TROPICO HUMEDO MEXICANO. (Bajo la dirección de: MSc Carlos Lamothe Zavaleta y PhD Carlos Galina Hidalgo).

Para generar información sobre la situación general de las novillas de reemplazo con condiciones corporales para recibir el primer servicio y que se encuentran en estado acíclico, evaluar la capacidad de los progestágenos y de la gonadotropina coriónica equina (eCG), solos y combinados, para inducir el estro fértil en ellas y apreciar su actividad ovárica, se palpó rectalmente y realizó ultrasonografía en dos ocasiones a todas las novillas con peso >310 Kg y condición corporal (CC) ≥ 4 (escala de 1-9) presentes en 9 ranchos de la zona central del estado de Veracruz, México. La aciclicidad se confirmó con cinco muestreos sanguíneos para la determinación sérica de progesterona por medio de radioinmunoanálisis. Los ranchos se clasificaron de acuerdo al nivel tecnológico (NT). La edad de las novillas se obtuvo por consulta de registros. Setenta novillas acíclicas se distribuyeron aleatoriamente en 4 grupos: al grupo 1 (n=19) se le insertó, el día 0, un implante auricular con 6 mg de norgestomet, que fue retirado al noveno día, y una inyección IM de 50 mg de progesterona al momento de la inserción; al grupo 2 (n=17) igual que el anterior más 500 U.I. de eCG el día 8; el grupo 3 (n=14) recibió el día 8, una inyección IM de 500 U.I. de eCG y el grupo 4 (n=20) no recibió tratamiento (testigo). La detección de estro se realizó dos veces por día y la inseminación se realizó bajo el esquema mañana-tarde tarde-mañana. A las novillas que no fueron observadas en estro se palpó y realizó ultrasonografía además de recolectarles una muestra sanguínea el día 20 y siguieron siendo observadas por tres semanas más. El diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días posinseminación (PI). A 5 novillas de cada grupo se les realizó ultrasonografía cada dos días a partir del inicio del tratamiento hasta el día 10, se contaron y midieron los folículos ≥ 4 mm de diámetro (\emptyset), los valores de los días 0-8 de los grupos 1 y 2 constituyeron el subgrupo con progestágenos (CP) y los del 3 y 4 el subgrupo sin progestágenos (SP). Los valores de los días 8 y 10 se utilizaron para medir el efecto de la eCG en los 4 grupos. Se obtuvieron muestras sanguíneas los días 7, 10 y 14 PI para la determinación sérica de progesterona. Se utilizaron análisis de *xi-cuadrada* para la comparación de porcentajes y ANDEVA para comparar promedios de diámetro e incremento folicular. Del total de novillas (240) el 40% (n=96) resultaron gestantes y el resto vacías, de éstas últimas el 33% (n=47) se encontró ciclando y el 67% (n=97) en estado acíclico. El 44% (n=4) de los ranchos fue clasificado como NT alto y el 56% (n=5) como NT bajo. El nivel tecnológico no tuvo efecto en los porcentajes de los diferentes estados reproductivos, edad y CC ($P > 0.05$). Las gestantes tuvieron mayor CC que las acíclicas (5.0 vs 4.8) ($P < 0.05$) no así al de las ciclando (4.9) ($P > 0.05$), no habiendo diferencia entre estos dos estados reproductivos ($P > 0.05$). El 21% (n=4) de las hembras del grupo 1 presentaron estro, mientras que el 59 (n=10), 21(n=3) y 5 (n=1) % de los grupos 2,3 y 4, respectivamente, presentaron estro, únicamente el porcentaje del grupo 2 fue significativamente diferente ($P < 0.05$). De las novillas que no presentaron, ninguna mostró evidencia de estructuras lúteas el día 20. Únicamente se diagnosticaron novillas gestantes en los Grupos 1 y 2, siendo significativamente mayor el porcentaje en el grupo 2 (41%) que en el 1 (10%) ($P < 0.05$). Todos los animales mostraron reemplazo folicular, los promedios de mm de \emptyset folicular de los 2 folículos dominantes, del día 0 al 8, entre los subgrupos CP y SP no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.05$), de igual forma, el \emptyset mayor y el incremento (mm/día) del día 8 al 10 tampoco lo fueron ($P > 0.05$). El incremento (mm/día) del día 8-10 no fue diferente entre los cuatro grupos originales ($P > 0.05$). No hubo diferencia en el índice de crecimiento del folículo dominante antes (día 0-8) y después (día 8-10) de la aplicación de eCG en los grupos 2 (1.6 vs. 1.8 mm/día) y 3 (1.1 vs. 1.4 mm/día) ($P > 0.05$). Todas las novillas de los grupos 1 y 2 mostraron concentraciones de progesterona > 3.2 nmol/l en los días 7, 10 y 14 PI, mientras que las de los grupos 3 y 4 únicamente en los días 7 y 10, no así en el 14. No se encontró diferencia estadística en dichas concentraciones entre las novillas de los grupos 1,2 y 3,4 en los días 7 y 10 PI ($P > 0.05$). Con lo anterior, se concluye que la aplicación de 50 mg de progesterona y 6 mg de norgestomet no tienen efecto en el desarrollo folicular en este tipo de novillas y que la fase lútea seguida de la ovulación inducida por ella es de duración normal, la adición de 500 U.I de eCG incrementa el porcentaje de respuesta y gestación, cuando es aplicada al final del tratamiento de progestágenos utilizado, aunque este efecto no pudo ser atribuido al incremento en el crecimiento folicular, por lo que es posible inducir el estro fértil en este tipo de novillas, de modo que es factible fertilizarlas para hacerlas concebir y parir más tempranamente, reduciéndose con ello, la edad al primer parto.

Palabras clave: novillas acíclicas, nivel tecnológico, primer servicio, primer parto, condición corporal, estro, progestágenos, eCG y trópico húmedo.

INTRODUCCION

La edad promedio al primer parto es uno de los parámetros más importantes para evaluar la eficiencia productiva de los hatos, ya que representa el inicio de la vida productiva, por lo que tiene un efecto directo sobre la duración de ésta. Se ha establecido que las novillas de reemplazo que conciben tempranamente mantienen intervalos de parto anuales y destetan becerros más pesados que las que lo hacen tardíamente, así mismo, las vaquillas que paren por primera vez a los 2 años de edad producen más becerros en su vida que aquellas que lo hacen a los 3 o más años (Short y Bellows, 1971; Lesmeister *et al.*, 1973). La edad promedio al primer parto varía de manera importante de acuerdo a la zona geográfica, siendo los trópicos donde se presentan los valores más elevados de este parámetro; revisiones previas de literatura sobre este aspecto, demuestran que la edad promedio al primer parto en las zonas tropicales, donde aproximadamente un tercio del ganado del mundo se encuentra ubicado, es de 37.9 meses (Galina y Arthur, 1989).

En el trópico mexicano, a pesar de que tradicionalmente se recomienda gestar a las novillas de reemplazo de los 14 a los 18 meses de edad con un peso aproximado de 330-350 Kg. (De los Santos, 1994), de modo que éstas estén pariendo a más tardar a los 27 meses, esto normalmente no sucede. Trabajos previos de investigación han demostrado que en el trópico húmedo mexicano la edad promedio al primer parto es de 34.7 meses (Anta *et al.*, 1989). Esto ha contribuido de manera importante a limitar la duración de la vida productiva de las vacas de esta zona, información disponible indica que las vacas destinadas al doble propósito en el golfo mexicano viven en promedio 10 años teniendo únicamente 4 lactancias en este período (Villa-Godoy, 1994).

La principal razón por la cual las novillas no son gestadas tempranamente es su imposibilidad para alcanzar la pubertad (Yelich *et al.*, 1996). La edad a la pubertad es por tanto, un factor importante que limita la eficiencia productiva de las vacas. Investigaciones realizadas durante los pasados 25 años han documentado los principales eventos endocrinos que preceden la primera ovulación en las novillas, pareciendo ser el evento crítico un incremento prepuberal en la secreción pulsátil de la LH. Diversos factores ambientales influyen de manera importante en el inicio de la pubertad en las novillas de carne, la nutrición y época del año son dos de las variables

que han sido mejor estudiadas (Schillo *et al.*, 1992). La edad a la pubertad está relacionada inversamente al plano de nutrición, el efecto de ésta en la maduración sexual parece ser en el momento del incremento prepuberal de la secreción pulsátil de LH e involucra al generador localizado en el hipotálamo (Day *et al.*, 1986a; Ebling *et al.*, 1990). Los mecanismos precisos por los que la nutrición influye en la secreción pulsátil de la LH no han sido bien esclarecidos, pero parecen ser señales que reflejan al hipotálamo el estado nutricional durante el desarrollo de la hembra, siendo un periodo crítico de éste, el posterior al destete (Clanton *et al.*, 1983; Schillo, 1992).

Como en otras latitudes, en el trópico la nutrición está regulada por la época del año, las becerras independientemente de su época de nacimiento, durante su desarrollo se enfrentan con dos temporadas del año muy distintas: la temporada de lluvias y la de secas. Durante la temporada de lluvias (junio a octubre) la abundante precipitación pluvial ocasiona la alta disponibilidad de forraje, el cual prevalece hasta los meses de noviembre y/o diciembre, resultando en un incremento en el peso corporal de los bovinos durante este periodo. En contraste, durante la temporada de secas (noviembre a mayo), y particularmente en su último tercio, la escasez de forraje produce un decremento en el peso corporal. Esta distinta disponibilidad de forraje a través del año, en ciclos alternados, trae como resultado que la línea descriptora del crecimiento en las novillas siga una forma escalonada (De los Santos, 1994). Así, éstas logran alcanzar el peso y la condición corporal adecuada para su primer servicio, normalmente durante las épocas de abundancia forrajera, y a pesar de ello, algunas no inician su actividad reproductiva, teóricamente, por no asumir el incremento en la liberación pulsátil de la LH necesario para el inicio de la ciclicidad.

Aunado a lo anterior, existe un efecto de genotipo, en México los grupos genéticos más comunes en estas zonas son razas de la especie *Bos indicus*, y cruza de éstas con las de la *Bos taurus* (Lamothe, 1990). Se ha comprobado que las hembras de las razas de la especie *Bos indicus* alcanzan la pubertad más tardíamente que las de la especie *Bos taurus*, y en los animales híbridos este retraso se incrementa con la proporción de sangre de *Bos indicus* (Martin *et al.*, 1992)

El otro factor que impide que las novillas de reemplazo sean gestadas tempranamente es el anestro pospuberal. Las novillas que sí logran asumir la actividad reproductiva después de alcanzar el peso y la condición corporal adecuada para su primer servicio, en una de las

temporadas de abundancia forrajera y que por alguna razón no fueron gestadas, normalmente entran en anestro en la temporada de escasez siguiente por la deficiencia en el consumo de energía que la caracteriza (Short y Adams, 1988).

Así, debido a todo lo expuesto anteriormente, la solución ideal se basaría en dos aspectos: a) incrementar la nutrición de las hembras en desarrollo, especialmente en la época de escasez forrajera, y b) disminuir la utilización de las razas de la especie *Bos indicus*. Sin embargo, incrementar la nutrición implica gastos extras por adquisición de suplementos, siembra de forraje, mano de obra e implementos, entre otras cosas, lo que hace que el parto a los 2 años de edad no tenga un beneficio económico en algunas situaciones. Así mismo, la resistencia del *Bos indicus* a las condiciones tropicales, como son alta temperatura y humedad, forraje de pobre calidad nutritiva e infestaciones parasitarias, hacen necesaria en la mayoría de los casos, la utilización de estas razas.

Por ello, una alternativa evidente a probar fue el tratamiento hormonal para inducir la ciclicidad reproductiva en las novillas que poseen un peso y condición corporal adecuados para recibir su primer servicio y que a pesar de ello se mantienen en estado acíclico, ya sea por ser prepúberes o estar en anestro pospuberal, de modo que las novillas conciban y paran más tempranamente. Teóricamente, estos animales están próximos a asumir el incremento en la liberación pulsátil de LH, por lo que fue factible intentar inducir el incremento de LH desencadenante de la ciclicidad mediante alguna de las siguientes formas: 1) progestágenos por un periodo determinado de tiempo, de modo que se logre una inhibición de la secreción pulsátil de LH, de manera que al retirar el tratamiento y se pierda el efecto inhibitorio inducido, se de una liberación masiva de LH (Barnes *et al.*, 1981; Sanchez *et al.*, 1995); 2) gonadotropinas exógenas que incrementen el crecimiento folicular (Ungerfeld, 1998), y con ello la síntesis de estrógenos de forma tal que éstos produzcan la liberación preovulatoria de LH; y 3) progestágenos por un cierto periodo de tiempo, más gonadotropinas al final de dicho periodo, produciéndose así, una acción sinérgica entre los dos mecanismos anteriormente mencionados.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 PUBERTAD EN LA NOVILLA.

1.1.1 Definición.

La pubertad es el momento en la vida de un individuo en el que adquiere la capacidad reproductiva. Se dice que un individuo joven ha alcanzado la pubertad cuando es capaz de reproducirse como un adulto. Fisiológicamente, esta capacidad se basa en la liberación de gametos y la expresión de la conducta sexual (Hafez, 1987). En la novilla, debido a que una o más ovulaciones pueden ocurrir antes de la manifestación del estro, y normalmente son acompañadas de fases lúteas cortas, una novilla será capaz de reproducirse, y por tanto habrá alcanzado la pubertad, cuando presente el primer estro ovulatorio seguido de una fase lútea de duración normal (Jainudeen y Hafez, 1987; Moran *et al.*, 1989).

1.1.2 Bases endocrinas.

Básicamente, la pubertad es el resultado de un ajuste gradual entre el incremento de la actividad gonadotrópica y la habilidad de las gonadas para adquirir simultáneamente la esteroidogénesis y la gametogénesis (Hafez, 1987). Este proceso de maduración sexual que culmina con la pubertad y la madurez sexual es iniciado antes del nacimiento y continua a través de los estados prepúber (>50 días antes de la pubertad) y peripuberal (50 días antes de la pubertad), terminando tempranamente después de la pubertad (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.2.1 Hipotálamo y GnRH.

El hipotálamo es un importante componente del sistema endocrino reproductivo que regula el inicio de la pubertad (Schams *et al.*, 1981; Kinder *et al.*, 1987). El hipotálamo es más sensible al efecto inhibitorio del estradiol en la liberación de GnRH antes de la pubertad que después de ella (Day *et al.*, 1986a). De acuerdo con la teoría gonadostática, un decremento en dicha sensibilidad es necesario para el incremento de la actividad gonadotrópica que inicia la pubertad (Ramírez y McCann, 1963). El incremento en las concentraciones séricas de estradiol en

becerras de 4, 8 y 12 meses de edad mediante inyecciones de estradiol exógeno, produjeron una supresión de la liberación pulsátil de LH, y la duración de este efecto fue mayor a los 4 que a los 8 ó 12 meses (Schillo *et al.*, 1982). El cambio en el hipotálamo a la respuesta al estradiol es el primer evento endocrino que conduce a la pubertad (Day *et al.*, 1986a; Kinder *et al.*, 1987).

El contenido hipotalámico de GnRH no varía durante la maduración sexual. Las concentraciones sistémicas bajas de estradiol antes de la pubertad reducen la frecuencia de los pulsos de GnRH de la eminencia media. El efecto del estradiol no es directamente sobre estas neuronas, por que no son sensibles al estradiol. Las neuronas sensibles al estradiol están localizadas en las áreas preóptica medial, hipotalámica ventromedial y núcleo arcuato. Las neuronas ventromediales se proyectan dentro del área preóptica media. Esta conexión interneuronal sensible al estradiol probablemente regula el índice de liberación de los pulsos de GnRH de la eminencia media. Así mismo, las modificaciones en dicha sensibilidad pueden resultar en una reducción en la habilidad del estradiol para inhibir los pulsos de GnRH (Kinder *et al.*, 1995). En la rata, se ha comprobado que las neuronas que responden al estradiol en el área preóptica, sensibilizan a las neuronas del área medio basal a la retroalimentación negativa del estradiol en la liberación de GnRH. Además, el número de receptores para estrógenos en el hipotálamo declina durante la etapa peripuberal (Day *et al.*, 1987) y esto puede reducir la respuesta al estradiol e incrementar la liberación pulsátil de GnRH.

Trabajos previos demuestran que al incrementar las concentraciones plasmáticas de estradiol mediante inyecciones, se apresura el decremento en la inhibición de la secreción de LH durante la fase peripuberal (Dyer *et al.*, 1990). La exposición transitoria de las neuronas preópticas a las altas concentraciones de estradiol, las altera permanentemente de modo que se reduce la inhibición del estradiol en la liberación de GnRH, permitiéndose por consiguiente, la de los pulsos de LH que son requeridos para la maduración final de los folículos preovulatorios (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.2.2 Gonadotropinas.

1.1.2.2.1 Síntesis de LH. Las concentraciones de LH en la adenohipófisis no cambian del estado prepúber al peripuberal, pero declinan entre esta última y la postpúber (Stumpf *et al.*, 1992), por lo tanto las reservas hipofisarias de LH no limitan la maduración sexual de las becerras (Kinder *et al.*, 1995). El RNAm codificador de las subunidades que conforman a la LH no está limitado

durante la maduración sexual, la ovariectomía resulta en un incremento en la cantidad de RNAm codificador de las subunidades α y β de la LH en las etapas pre y peripuberal, en comparación con las becerras intactas (Roberson *et al.*, 1992). La presencia de los ovarios antes de la pubertad resulta, por tanto, en cantidades reducidas de RNAm codificador de las subunidades de la LH, lo que probablemente es el resultado de la supresión del estradiol en la liberación de GnRH responsable de la transcripción de la LH (Hamemik *et al.*, 1986).

La ovariectomía resulta en un cambio en la distribución de los isoformas de LH durante las etapas pre y peripuberal, sin embargo, no hay cambios detectables en los isoformas de LH conforme la maduración sexual progresa a través de la pre, peri y pospuberal en las becerras intactas (Stumpf, *et al.*, 1992). Por lo anterior, no se ha considerado que los cambios en la distribución de los isoformas de LH localizados en la hipófisis contribuya al proceso de maduración sexual en las becerras (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.2.2 Liberación de LH.

El número de receptores hipofisarios para GnRH no se altera durante la maduración sexual (Day *et al.*, 1987). Así que las modificaciones en la liberación de la LH sólo corresponden a cambios en la secreción de GnRH. Después del nacimiento, la LH se incrementa gradualmente hasta los 3 meses de edad, posteriormente declina un poco hasta los 5, incrementándose nuevamente hasta culminar en la primera ovulación algunos meses después, sin embargo, estos cambios en los niveles promedio sanguíneos de LH reflejan cambios en la frecuencia de liberación de los pulsos, más no en su amplitud (Schams *et al.*, 1981). Durante la etapa prepúber, los pulsos de LH son infrecuentes (1-4 pulsos/24 hr.) hasta aproximadamente los 50 días anteriores a la primera ovulación, posteriormente la frecuencia de estos pulsos se incrementa de tal manera que se aproxima a 1 pulso/hr. en los días anteriores a la pubertad (Day *et al.*, 1987). Así, la primera ovulación coincide de una manera precisa con el momento en que la secreción de la LH alcanza la frecuencia de 1 pulso/hr., la amplitud de los pulsos también se incrementa, pero la frecuencia es crucial para el desencadenamiento de la primera ovulación (Kinder *et al.*, 1995).

Cuando las becerras son ovariectomizadas antes de la pubertad, la frecuencia de los pulsos de LH se incrementan inmediatamente y se aproximan a 1/hr., y cuando estas becerras son tratadas con estradiol en cantidades que incrementan las concentraciones sanguíneas de esta hormona, la frecuencia de los pulsos se reduce a valores similares de las becerras de la

misma edad e intactas del grupo testigo (Foster y Ryan, 1979; Day *et al.*, 1984; Wolfe *et al.*, 1989). La frecuencia en la liberación pulsátil de la LH en estas becerras ovariectomizadas y tratadas con estradiol, se incrementó marcadamente en el momento en que las intactas del grupo testigo alcanzaron la pubertad. La disminución en la liberación de la secreción de la LH se da vía inhibición por el estradiol del generador pulsátil de GnRH (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.2.2.3 Síntesis de FSH.

Antes de la pubertad, la ovariectomía en las becerras resulta en alteraciones en los isoformas de FSH localizados en la hipófisis lo que no sucede en las becerras intactas, sin embargo, no hubo cambios significativos en los modelos de isoformas en la hipófisis de los animales intactos durante el transcurso de las etapas pre, peri y pospuberal (Stumpf *et al.*, 1992).

1.1.2.2.4 Liberación de FSH.

No existe asociación entre las concentraciones circulantes de FSH y el inicio de la pubertad en las becerras (Schams *et al.*, 1981; Wolfe *et al.*, 1989). Aunque se ha reportado que los niveles de FSH tienden a elevarse y a disminuir paralelamente con la LH, pero a menor grado durante la fase prepuberal (Schams *et al.*, 1981), la mayoría de los trabajos realizados muestran gran variación en los modelos de FSH entre los animales (Gonzalez-Padilla *et al.*, 1975a; Mcleod *et al.*, 1985; Wolfe *et al.*, 1989).

1.1.2.3 Esteroides ováricos.

El 17β estradiol y la progesterona son los dos esteroides de mayor importancia en los procesos reproductivos de la hembra. Los niveles de ambos permanecen sumamente bajos y constantes (Schams *et al.*, 1981; Moran *et al.*, 1989), en comparación con los modelos de animales adultos, hasta que la primera ovulación es inminente (Gonzalez-Padilla *et al.*, 1975a; Shotton *et al.*, 1978; Day *et al.*, 1984). Esto indica que, aunque pueden tener un papel importante en el inicio de la pubertad, ningún esteroide inicia el proceso.

1.1.3 Factores que influyen en la edad a la pubertad.

Diversos factores influyen en el proceso de maduración del sistema endocrino reproductivo de la becerro, y con ello la edad a la que la pubertad es alcanzada; los mejor estudiados son:

1.1.3.1 Nutrición.

Numerosos estudios realizados en becerros en el periodo comprendido entre el destete y la pubertad, con el fin de evaluar los efectos del plan de nutrición en el crecimiento e inicio de la pubertad, han demostrado una relación inversa entre el índice de crecimiento y la edad a la pubertad (Short y Bellows, 1971), así mismo, entre el índice de crecimiento del nacimiento a la pubertad y la edad a ésta (Arije y Wiltbank, 1971, 1974). El peso en el que las becerros alcanzan la pubertad es menos variable que la edad, por lo que el inicio de la pubertad parece ser determinado por el total de crecimiento alcanzado durante el periodo posdestete, más que el índice de crecimiento en sí (Schillo *et al.*, 1992). La edad a la pubertad fue similar para un grupo de becerros sujetas a un régimen alimenticio capaz de mantener un índice de crecimiento constante durante un periodo de 90 días después del destete, comparado con los grupos que manifestaron rápido crecimiento durante el primer o segundo medio de ese periodo posdestete (Clanton *et al.*, 1983).

No se conocen con claridad las señales con las que la nutrición afecta el sistema nervioso central para modular la frecuencia de la liberación pulsátil de LH por la hipófisis anterior (Schillo *et al.*, 1992). Las novillas que son mantenidas con dietas deficientes en energía, no exhiben el incremento en la frecuencia de la liberación pulsátil de LH que se da en las que son alimentadas con dietas con niveles adecuados de energía (Day *et al.*, 1986b). Bergfeld *et al.* (1994) dividieron un conjunto de novillas en dos grupos, alimentadas en cada uno con diferente nivel de energía en la dieta; en el grupo con alta cantidad de energía, las novillas alcanzaron la pubertad más tempranamente que las del grupo con baja cantidad de energía (372 vs 435 días de edad). Los folículos dominantes más grandes fueron detectados en las hembras alimentadas con alta cantidad de energía a una edad más joven que las del otro grupo; el incremento en la liberación de LH señalado por Day *et al.* (1986b) que ocurre en este tipo de novillas, podría ser el responsable de inducir este desarrollo temprano de los folículos ováricos. El tamaño de los folículos a la pubertad no varió entre los animales alimentados con alto y bajo nivel de energía en

la dieta, sin embargo, la ovulación ocurrió cuando los folículos dominantes alcanzaron aproximadamente los 13 mm de diámetro, los folículos de las hembras alimentadas con alto nivel de energía alcanzaron dicho tamaño más tempranamente (63 días en promedio), que las alimentadas con bajo nivel (Bergfeld *et al.*, 1994).

Un modelo hipotético elaborado con el fin de explicar como la nutrición afecta al sistema nervioso central para modular la frecuencia de la liberación pulsátil de LH, sostiene que las fluctuaciones en el metabolismo asociadas a cambios en la masa y grasa corporal, son registradas en algún punto del sistema nervioso central, el cual regula la frecuencia del generador pulsátil de LH a través de distintos neurotransmisores y/o neuromoduladores (Schillo *et al.*, 1992). Las posibles señales que reflejan el estado metabólico no han sido bien identificadas, pero se cree que son algunos metabolitos y hormonas metabólicas cuya concentración sanguínea varía según el estado nutricional y reproductivo, los mejor estudiados son: la hormona de crecimiento (GH), insulina, factor de crecimiento semejante a la insulina (IGF-I), ácidos grasos no esterificados (NEFA) y tiroxina. Se ha demostrado que las novillas prepúberes alimentadas con dietas para obtener una alta ganancia de peso (1.36 kg/d) tienen mayores concentraciones sanguíneas de LH, IGF-I, glucosa e insulina, que las alimentadas con dietas para menores ganancias de peso (0.23 kg/d), sucediendo lo contrario con las concentraciones de GH y NEFA. Sin embargo, el aumento en las concentraciones de LH es resultado del incremento en el número de pulsos, no así por la concentración y amplitud de éstos, mientras que el aumento de GH en las novillas con baja ganancia responde a un incremento en la amplitud de los pulsos y no por su frecuencia. En este mismo estudio, cuando a las hembras con baja ganancia de peso se les sustituyó la dieta por una que les permitía tener una ganancia igual que a las del otro grupo, las concentraciones de GH, LH, insulina y NEFA, tomaron valores similares a los observados en esos animales, pero la glucosa y el IGF-I fueron menores, sin embargo, ambos se incrementaron linealmente, alcanzando niveles similares a las del primer grupo en el momento de la pubertad, la cual se alcanzó más tempranamente en este último grupo que en las novillas realimentadas (Yelich *et al.*, 1996). Finalmente, se ha demostrado que el aminoácido tiroxina incrementa la actividad reproductiva en la rata, cerdo y, en algunos casos, el bovino, por lo que posiblemente la tiroxina sea parte de las señales que ligan el estado nutricional al generador pulsátil de LH (Schillo *et al.*, 1992).

1.1.3.2 Estacionalidad.

Aunque la reproducción del bovino no es estacional, se han reportado variaciones estacionales en su actividad reproductiva (King y Mcleod, 1994). Particularmente en novillas, la frecuencia de cuerpos lúteos y el tono uterino se incrementan durante la primavera, alcanzan su máximo nivel en verano, y declinan durante el invierno, para volverse a incrementar en la primavera siguiente (Schillo *et al.*, 1992). Las becerras de raza lechera que nacen en la primavera y verano tienen su primer estro a una edad menor que las que nacen en las otras estaciones del año (Roy *et al.*, 1980). Las becerras de raza de carne que nacen en la primavera tardía son más jóvenes y ligeras a la pubertad que aquellas que nacen en la primavera temprana (Arije y Willbank, 1971). Sin embargo, becerras producto de la cruce de Angus y Holstein que nacen en otoño son de menor edad a la pubertad que las que nacen en primavera (Schillo *et al.*, 1982, 1983). A esto, se ha señalado que la variabilidad entre experimentos concernientes al efecto de la estacionalidad en el inicio de la pubertad en el bovino puede ser atribuida a varios factores, primero a que el desarrollo sexual de las novillas ocurre en distintas estaciones, y la temporada de nacimiento está confundida con las estaciones de los subsecuentes estados de desarrollo (Schillo *et al.*, 1992). Además, las novillas genéticamente más capaces de alcanzar la pubertad más tempranamente pueden ser afectadas por la estación de nacimiento en forma diferente a las que alcanzan la pubertad más tardíamente. Así mismo, otras condiciones ambientales como la nutrición (Little *et al.*, 1981; Grass *et al.*, 1982), pueden interactuar con la estación para influenciar el inicio de la pubertad.

El efecto de la estacionalidad en el inicio de la pubertad en las novillas puede ser atribuido a la longitud del día, temperatura ambiental y otras variables menos definidas y estudiadas (Schillo *et al.*, 1992). El fotoperíodo parece ser la principal señal ambiental que influye la actividad reproductiva en otras especies como la oveja. La incidencia de anestro en las novillas Brahman es más alta en los meses en que el fotoperíodo es más corto. La aplicación de luz adicional en el invierno (16 h/día) indujo un crecimiento tal que se redujo la edad a la pubertad en novillas lecheras (Schillo *et al.*, 1992). Otros estudios demuestran que la luz complementaria puede afectar la edad a la pubertad sin afectar el crecimiento (Hansen *et al.*, 1983).

En la oveja, los cambios estacionales del fotoperíodo influyen la actividad reproductiva mediante mecanismos estrógeno-dependientes e independientes que controlan la liberación pulsátil de LH (Schillo *et al.*, 1992).

Los mecanismos que controlan la liberación de LH en la novilla no han sido examinados completamente; las novillas que alcanzan la pubertad tempranamente por adición de luz complementaria, no muestran cambios significativos en la concentración circulante de LH, sin embargo el método de muestreo utilizado fué insuficiente para evaluar los modelos pulsátiles de liberación (Hansen *et al.*, 1983).

La respuesta a la retroalimentación negativa del estradiol en vacas, no parece cambiar como sucede con la oveja (Crister *et al.*, 1983; Day *et al.*, 1986a); lo que sugiere que los mecanismos involucrados no son estrógeno-dependientes. Información obtenida de la oveja sugiere fuertemente que la glándula pineal está involucrada en la transformación de la información luminosa en señales neuroendocrinas, y aunque los efectos en el desarrollo sexual en las novillas es menos dramático que en la oveja, parece ser que ellas reciben la información referente a la estación del año, y la traducen en señales que influyen en el control neuroendocrino de la LH (Schillo *et al.*, 1992).

En el bovino, las concentraciones plasmáticas de melatonina y el fluido cerebro-espinal se incrementan repentinamente durante la fase oscura, permanecen elevados durante ella y caen precipitadamente al inicio de la fase luminosa (Schillo *et al.*, 1992). Así, los modelos de liberación de melatonina reflejan la duración de la fase nocturna como sucede en la oveja, y aunque no se han determinado dichos modelos en el bovino, ha sido documentada en ella existencia de una molécula acarreadora de alta afinidad para la melatonina en la región hipotalámica medio-basal (Cardinalli *et al.*, 1979), lo que indica que los centros nerviosos involucrados en la liberación de GnRH puedan responder a dichos modelos de melatonina (Schillo *et al.*, 1992). Más recientemente se demostró que las becerras nacidas en el invierno tardío, tratadas con melatonina durante el verano para simular ciclos cortos, alcanzaban la pubertad más tempranamente que las de la misma edad del grupo testigo (Tortonesse e Inskeep, 1992). Basado en todo lo anterior, el fotoperíodo parece ser capaz de controlar o afectar durante el período prepuberal el incremento en la liberación de LH en las becerras, mediante mecanismos neuro-humorales similares a los identificados en la oveja y otras especies de reproducción estacional.

1.1.3.3 Genotipo.

Se ha comprobado que las hembras de las razas de la especie *Bos indicus* alcanzan la pubertad más tardíamente que las de la especie *Bos taurus*, y en los animales híbridos este

retraso se incrementa con la proporción de sangre de *Bos indicus* (Ferrel, 1982; Martin *et al.*, 1992). Así mismo, las razas de talla adulta más grande son de mayor edad y peso a la pubertad que las razas de talla adulta menor (Martin *et al.*, 1992), sin embargo, esta relación puede ser compensada por asociaciones con la habilidad de transmisión genética para la producción lechera, ya que se ha demostrado una correlación negativa entre la edad a la pubertad de las novillas y su subsecuente producción lechera en la edad adulta (Laster *et al.*, 1979). Las correlaciones estimadas entre producción de leche y edad a la pubertad para las razas de la especie *Bos taurus* fue de en -0.87, y para las de la *Bos indicus* de -0.19, mientras que las correlaciones entre talla a la edad madura y edad a la pubertad fueron de 0.57 y 0.25 para las razas de *Bos taurus* y *Bos indicus*, respectivamente (Martin *et al.*, 1992). La heredabilidad estimada en las hembras de razas de carne, para la edad a la pubertad, es cerca del 0.50, además, existe una correlación negativa entre edad a la pubertad de las novillas y la circunferencia escrotal (talla testicular) de sus padres (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.3.4 Ambiente social.

Aunque se reportó que la administración de orina de toro en la cavidad nasal de las novillas, resultó en un incremento en la proporción de ellas que alcanzan la pubertad durante un tratamiento de 8 semanas (Izard y Vanderbergh, 1982), este efecto no pudo ser demostrado en trabajos posteriores (Nelsen *et al.*, 1985; Roberson *et al.*, 1987). Sin embargo, estudios relativamente recientes han demostrado que la presencia de toros influencia la edad a la pubertad en este tipo de hembras; además de que existe una interacción entre dicha presencia y el índice de crecimiento antes de la pubertad en la edad a ésta (Roberson *et al.*, 1991). Por ello, se había creído que la presencia de los toros antes de la pubertad podía influenciar la edad a la pubertad en novillas que ganan peso a índice moderado pero no en aquellas con alto índice de ganancia de peso, sin embargo se demostró dicha influencia en ambos tipos de novillas (Kinder *et al.*, 1995). Berardinelli y Fernandez (1994) reportaron que la presencia de los toros resulta en un incremento de la liberación pulsátil de LH en vacas en anestro posparto. Se asume por ello, que la presencia de toros es captada por la novilla mediante feromonas y transmitida vía neuronal al generador pulsátil de LH, lo que produce un incremento en la liberación de LH hipofisiaria y con ello el inicio del primer ciclo estral (Kinder *et al.*, 1995).

1.1.4 Variación en la edad a la pubertad.

Debido a todos los factores anteriormente descritos existe una gran variación en la edad a la que las novillas alcanzan la pubertad, y por consiguiente la madurez sexual. El rango estimado para la edad a la pubertad es de 6 a 24 meses de edad (Kinder *et al.*, 1995). Algunos autores han creído que la edad a la pubertad es una variable que no se distribuye normalmente; en un estudio de dos años, dicha edad varió de 427 a 456 días para un grupo de novillas privadas de la presencia de toros durante el período de maduración (Roberson *et al.*, 1991).

Galina y Arthur (1989) revisando la información referente a la reproducción del ganado en los trópicos, concluyeron que en estas zonas el primer estro mostrado después de un ciclo ovulatorio fué aproximadamente a los 22 meses de edad en el ganado nativo, y que esta edad se redujo a 15 meses cuando dicho ganado fue cruzado con otras razas, particularmente Jersey. Finalmente, en lo que al trópico mexicano se refiere, la edad a la pubertad ha sido estimada en 17 ± 4.4 meses (Anta *et al.*, 1989).

1.2 MADUREZ SEXUAL.

La madurez sexual ha sido definida como el momento en que la función reproductiva alcanza su nivel óptimo. En las novillas, si bien con la pubertad se obtiene la ciclicidad reproductiva, y sólo les es posible ovular cada determinado tiempo, se han reportado diferencias entre la fertilidad del estro puberal y la de los siguientes; Byerley *et al.* (1987) trabajando con novillas demostraron que la fertilidad al tercer estro pospuberal fue mayor que la del estro de la pubertad, por ello se ha creído que en algunas novillas, el ambiente uterino subsecuente al estro puberal no es adecuado para mantener la gestación, siendo necesaria la maduración del útero después de la pubertad (Kinder *et al.*, 1995). La función luteal del estro puberal puede servir para proveer un ambiente uterino más adecuado para que, la concepción y la sobrevivencia del embrión ocurran como resultado de la monta o servicio en el estro puberal; en cualquier caso, existe un marcado cambio en el tamaño uterino durante la pubertad, lo que es evidenciado por un incremento en la masa uterina posterior al primer pico en las concentraciones circulantes de progesterona en la novilla (Kinder *et al.*, 1995).

Bajo condiciones prácticas, debido a que se ha comprobado en vacas primerizas una estrecha relación negativa entre el peso y la condición corporal al parto y la subsecuente presentación del estro (Román *et al.*, 1983), se ha recomendado que las novillas no reciban su

primer servicio en el estro puberal, sino cuando éstas alcancen un tamaño y peso determinado, de modo que paran con el mejor peso y condición corporal posibles, y que no lo hagan muy tarde. Bajo este punto de vista, una novilla será considerada sexualmente madura cuando además de ser púber haya alcanzado ciertas dimensiones corporales, básicamente un cierto tamaño y peso. Así, el mejor momento para que las novillas reciban su primer servicio puede variar de acuerdo a su raza y, por consiguiente, al fin zootécnico, pero en general se recomienda dar el primer servicio cuando las novillas alcancen del 60-65% del peso adulto estimado para la raza. En el ganado de doble propósito del trópico, se ha recomendado gestar a las novillas a una edad de 14-18 meses, a un peso aproximado de 350 Kg, sin embargo, si los animales son de talla grande a este peso tendrán una condición corporal pobre, o bien pueden tener la edad pero no el peso adecuado, lo que de alguna manera repercutirá en la ciclicidad (De los Santos, 1994).

1.3 INTERRUPCION DE LA CICLICIDAD OVARICA POR DEFICIENCIA NUTRICIONAL.

La mayor parte de la información referente al anestro nutricional ha sido generada a través de estudios realizados en la vaca posparto, donde la variable mejor estudiada y medida ha sido el consumo de energía. El efecto que otros nutrientes tales como el agua, proteínas, vitaminas y minerales puedan tener no ha sido bien documentado (Short y Adams, 1988).

La inhibición de la reproducción durante los períodos de baja disponibilidad de energía, es un fenómeno que ha sido observado en muchos mamíferos, y es probablemente un reflejo de la activación de mecanismos fisiológicos que reducen la probabilidad de que la ovulación ocurra durante estos períodos de deficiencia energética. Información obtenida en la vaca ha permitido comprender la estrategia general que la hembra usa para la distribución de los nutrientes en las diferentes funciones corporales, la cual es el resultado de una compleja interacción entre la calidad y cantidad de la dieta, reserva de nutrientes, demanda de crecimiento, metabolismo y otras funciones, y se realiza bajo el principio de anteponer la manutención de la vida a la propagación de la especie, por ello las funciones biológicas que tienen mayor prioridad en tal demanda son el metabolismo basal, actividad y crecimiento, ocupando los últimos lugares el ciclo estral y la iniciación de la preñez, aunque tal prioridad puede variar en términos absolutos o relativos bajo condiciones como lactación, preñez y crecimiento (Short y Adams, 1988; Short *et al.*, 1990). Así, las novillas que han alcanzado la pubertad y que continúan desarrollándose y

enfrentan periodos de desnutrición, el crecimiento (la formación de tejidos) puede tomar importancia fundamental en la distribución de los nutrientes además del metabolismo basal.

Los estudios realizados durante el posparto han señalado la importancia del balance de energía en la función del eje hipotálamo-hipófisis-ovario. Tal balance energético (BE) representa la diferencia entre la cantidad de energía ingerida y la utilizada, lo que determina que un individuo puede experimentar una ganancia (BE+) o pérdida (BE-) de su energía corporal almacenada. Desde el punto de vista metabólico las hembras en BE+ son fundamentalmente diferentes de las que muestran BE-, debido a la movilización de las reservas de energía, en forma de glucógeno y tejido adiposo, en un intento de satisfacer los requerimientos fisiológicos, por lo que las alteraciones en el BE son acompañados de cambios en las concentraciones circulantes de metabolitos y hormonas metabólicas, lo que representa las señales que regulan la función reproductiva en la vaca posparto y probablemente de igual forma en la becerro pospúber.

En la vaca el bajo consumo de energía, y por lo tanto un BE-, está asociado con la disminución en las concentraciones circulantes de insulina (Richardss *et al.*, 1989; Schrick *et al.*, 1990; Canfield y Butler, 1991), incremento en la secreción de hormona de crecimiento (Carstairs *et al.*, 1980) y disminución en las concentraciones circulantes de IGF-1 (Spicer *et al.*, 1990), sin embargo solo existe una pequeña variación en las concentraciones circulantes de cortisol (Schrick *et al.*, 1990). Así mismo, en BE- la movilización de las reservas energéticas son indicadas por un incremento en la concentración de los ácidos grasos no esterificados (Richardss *et al.*, 1989; Canfield y Butler, 1991) adicionalmente, nueva glucosa es sintetizada a partir de aminoácidos con lo que el nitrógeno ureico sanguíneo se incrementa (Schrick *et al.*, 1990). Así mismo, la inducción de anestro por privación severa de nutrientes puede causar decremento en las concentraciones sanguíneas de glucosa (Richardss *et al.*, 1989), en otros casos dichas concentraciones no cambian grandemente o son ligeramente significativas al ser asociadas al BE (Oxenreider y Wagner, 1971; Canfield y Butler, 1991).

Diversos estudios han generado información referente al efecto de la deficiencia alimenticia sobre el ciclo estral; Apgar *et al.* (1975) reportaron que el tejido lúteo en incubación obtenido de novillas mal alimentadas sintetizó menor cantidad de progesterona, mientras que Stalgmiller *et al.* (1982) no encontraron efectos de la desnutrición en la habilidad de los folículos incubados para producir estradiol. Las novillas alimentadas con dietas deficientes durante siete ciclos estrales consecutivos mostraron un decremento en las concentraciones séricas de

progesterona, sin embargo la vida del cuerpo lúteo y la longitud del ciclo no se vieron alteradas (Imakawa *et al.*, 1983). En otro estudio en el que se alimentó a las novillas con tres niveles de energía por un período de 150 días, se demostró que la restricción de energía disminuyó la incidencia de becerras ciclando, y de las anéstricas que respondieron a los tratamientos con estrógenos y progestágenos para la inducción del estro. Este decremento fue resultado, al menos parcialmente, de una disminución en la secreción de LH (Imakawa *et al.*, 1984).

Las novillas que por restricción de energía en la dieta interrumpen su ciclicidad para entrar en un período de anestro, parece ser que asumen una hipersensibilidad a los estrógenos. Esta hipótesis fue evaluada en un experimento en el que se alimentó a novillas ciclando con una dieta deficiente en energía hasta que entraron en anestro, a un grupo se les aplicó un implante de estradiol durante un período posterior de realimentación. Las hembras implantadas tuvieron una inhibición mayor de la secreción de LH y esta sensibilidad continuó hasta después que las no implantadas retomaron su ciclicidad (Imakawa *et al.*, 1986b). Esta hipersensibilidad a la retroalimentación negativa de los estrógenos también ha sido descrita en el posparto de la vaca (Acosta *et al.*, 1983; García-Winder *et al.*, 1986), y probablemente es similar a la descrita durante la etapa prepúber (Day *et al.*, 1987). El decremento en la liberación de LH debida a tal hipersensibilidad es mediada por la disminución en la actividad del generador pulsátil de GnRH situado en el hipotálamo. En la vaca existen evidencias de que la restricción de energía en la dieta disminuye la liberación de GnRH (Rasby *et al.*, 1992), resultando en alteraciones en la liberación de gonadotropinas (Beal *et al.*, 1978; Whisnat, 1985). Esta disminución en la liberación de LH trae como resultado un decremento en el crecimiento folicular; la examinación ultrasonográfica durante el posparto de la vaca lechera ha demostrado que el bajo BE reduce el crecimiento de los folículos ováricos, por ejemplo, se encontró que conforme el BE se incrementaba, se incrementaba también el hallazgo de folículos grandes y se reducía el de los pequeños (Lucy *et al.*, 1991).

Así, de acuerdo a todo lo anterior, es posible que las novillas púberes que interrumpen su ciclicidad sufran una deficiencia energética al enfrentar la escasez forrajera característica de la época de secas, lo que trae como resultado un BE-, produciendo alteraciones en los metabolitos y hormonas metabólicas, que de alguna manera son interpretadas por el hipotálamo, sobreviniendo la hipersensibilidad a los estrógenos ováricos, reduciéndose con ello la liberación de GnRH y por consiguiente la de la LH, lo que produce disminución del crecimiento folicular y la interrupción de la ciclicidad, causando el anestro.

1.4 UTILIZACION DE PROGESTAGENOS PARA LA INDUCCION DE LA CICLICIDAD OVARICA.

La aplicación de progestágenos con el fin de inducir la ciclicidad ovárica se basa en el principio de la sincronización del estro de simular la presencia de un cuerpo lúteo funcional (Odde, 1990; Porras y Galina, 1992; Macmillan y Burke, 1996). Estudios realizados en novillas ciclando muestran que la progesterona y los progestágenos sintéticos suprimen el estro y la ovulación, actuando a través de un mecanismo de retroalimentación negativa sobre la liberación de LH; reduciendo la frecuencia de la liberación pulsátil de esta hormona (Ireland y Roche, 1982; Sanchez *et al.*, 1995) de modo que al retirar o suprimir el tratamiento, disminuyan las concentraciones circulantes del progestágeno, se pierde el efecto inhibitorio ejercido por éste en el hipotálamo, resultando en un incremento en la liberación de LH, lo que lleva a la completa maduración folicular y a la ovulación (Britt y Roche, 1985; Macmillan y Burke, 1996). Así, de esta manera la progesterona o progestágenos sintéticos aplicados en hembras anéstricas favorecen la liberación de gonadotropinas, por lo que éstas inician la ciclicidad (Smith *et al.*, 1983).

A través del tiempo se han empleado diversos progestágenos sintéticos en el bovino para la manipulación o control del estro, aplicados por diferentes vías, desde el acetato de melengestrol (MGA) administrado oralmente (DeBois y Bierscheal, 1970; Randel *et al.*, 1972), la progesterona intravaginal aplicada mediante esponjas (Carrick y Shelton, 1967; Shimizu *et al.*, 1967) y dispositivos como el PRID (Roche, 1979; Roche y Gosling, 1977) y el CIDR-B (Macmillan *et al.*, 1991; Macmillan y Peterson, 1993), hasta el norgestomet en implantes subcutáneos (Knox, 1972; Wishart, 1972; Wishart y Young, 1974; Miksch *et al.*, 1978). El implante más común y usado es el que se conoce como Syncromate-B¹ (SMB), el cual consiste en la aplicación de un implante subcutáneo en el tercio medio externo de la oreja por un período de nueve días, el cual es un polímero hidrofílico conocido como Hydron e impregnado con 6 mg. de norgestomet (17 α -acetoxo-11 β -methyl-19-norpreg-4-ene-20, dione), un progestágeno sintético de alta actividad biológica, acompañado de una inyección intramuscular de una combinación de 5 mg de valerato de estradiol y 3 mg de norgestomet al inicio del tratamiento. No se conoce claramente el mecanismo para el control del estro con SMB, sin embargo se presume que el tratamiento inhibe la secreción de gonadotropinas, y cuando el implante es retirado el animal responde con una liberación de éstas,

¹ Lab. Rhone Merial.

principalmente de LH, con desarrollo folicular, estro y ovulación, en un periodo de 2 a 5 días (Barnes *et al.*, 1981; Kazmer *et al.*, 1981; Sanchez *et al.*, 1995).

El efecto inductor de la actividad ovárica del norgestomet combinado con el valerato de estradiol en hembras ha sido probado ampliamente en trabajos realizados en vacas anéstricas (De los Santos *et al.*, 1979 a,b; Smith *et al.*, 1979; Beal *et al.*, 1984; Porras, 1990) y en novillas prepúberes (González-Padilla *et al.*, 1975b; Spitzer *et al.*, 1978) y en anestro (Koppel *et al.*, 1979). Particularmente en novillas prepúberes, Gonzalez-Padilla *et al.*, (1975b) lograron obtener un porcentaje de estros del 79 al 94% entre los primeros 4 días posteriores al retiro del implante, con porcentajes de gestación del 43 al 50%. En otros estudios, se indujo el estro en 85 al 100% de las novillas prepúberes tratadas, con porcentajes de gestación al primer servicio del 33 al 63% (Spitzer *et al.*, 1978). Koppel *et al.*, (1979) estudiando el efecto del SMB en novillas Cebú mantenidas en pastoreo, encontraron porcentajes de estros del 72.5 al 85% y de gestación del 30 al 35%.

1.5 ACTIVIDAD OVARICA.

1.5.1 Desarrollo folicular.

1.5.1.1 Antes de la pubertad.

La periodicidad de los eventos endocrinos y foliculares demostrados en estudios previos realizados en animales prepúberes soportan la hipótesis de que el desarrollo folicular antes de la pubertad ocurre en forma de ondas cualitativamente similar a lo que se ha descrito en la hembra adulta pero cuantitativamente diferente. La emergencia simultánea de un grupo de folículos y la posterior dominancia de uno de ellos es precedida por un incremento en las concentraciones séricas de FSH, alcanzando su máximo nivel (en promedio 1 ng/ml) un día antes de dicha emergencia, disminuyendo hasta su mínimo nivel (promedio <0.5 ng/ml) tres días después de ella (Adams *et al.*, 1994).

Las fases del desarrollo folicular: crecimiento, mantenimiento y atresia, fueron demostradas por Adams *et al.* (1994) durante un periodo de observación ultrasonográfica de 18 días, encontrando diferencias aparentes (no estadísticamente demostradas) con lo hallado por Ginther *et al.* (1989a,b) en el animal postpúber, las cuales son, en la novilla prepúber: a) todas las ondas foliculares fueron anovulatorias, b) la fase de crecimiento del folículo dominante y primer subordinado parece ser menor (4.7 ± 0.3 vs 6.1 ± 0.3 y 2.2 ± 0.2 vs 2.4 ± 0.2 días,

respectivamente), c) lo mismo sucede con su diámetro promedio en la fase estática (11.2 ± 0.2 vs 15.8 ± 0.5 y 7.1 ± 0.3 vs 8.2 ± 0.4 mm, respectivamente), d) y con el intervalo entre ondas (8.0 ± 0.4 vs 9.7 ± 0.2 días). Aunque la frecuencia en la liberación de LH no fue medida por Adams *et al.* en este estudio, la imposibilidad de los folículos dominantes para alcanzar diámetros mayores puede ser atribuida a un soporte de LH relativamente menor comparado con el de la hembra sexualmente madura. Cuando se evaluó el desarrollo folicular durante los períodos prepuberal tardío y peripuberal se encontró que, en comparación con la prepubertad temprana, los folículos dominantes y el intervalo entre ondas fueron más grandes conforme la pubertad se aproximaba, el mayor incremento en el tamaño de los folículos más grandes ocurrió durante los 30 días anteriores a la pubertad (>12 mm de diámetro), correspondiendo con el momento en que la frecuencia en la liberación de la LH se incrementa. Por ello, tal incremento progresivo puede estimular el desarrollo mayor de los folículos conforme la pubertad se aproxima, retrasándose por tanto, en los animales deficientemente alimentados (Bergfeld *et al.*, 1994).

Otros estudios han mostrado dos patrones diferentes en el desarrollo folicular durante el momento de transición hacia la pubertad, en el primero de ellos los animales pasaron del estado acíclico a la ciclicidad en forma repentina, mientras que en el segundo notaron un incremento en la cantidad de folículos <6 y >12 mm, lo que indicó un aumento en el ritmo de reclutamiento de folículos <6 mm. Así mismo, se observó una relación inversa entre el número de folículos ≥ 7 pero <12 y >12 mm, lo que es el resultado de la inhibición de crecimiento folicular mediada por el folículo dominante (Gutierrez *et al.*, 1994).

1.5.1.2 Durante la ciclicidad.

Aunque la medición y conteo de folículos en los ovarios obtenidos al momento del sacrificio, el seguimiento de ellos por laparotomía y el análisis de su desarrollo a través de su destrucción a determinados tamaños (Fortune *et al.*, 1988) han generado información valiosa, de modo que se pensó que la dinámica folicular sucedía en forma continua durante el ciclo estral (Spicer y Echemkamp, 1986), sólo el desarrollo de sondas ultrasónicas que pueden ser utilizadas a través del recto para visualizar los ovarios ha permitido comprender más a fondo los modelos de desarrollo folicular del bovino. Estudios ultrasonográficos en los que se contaron y midieron diariamente los folículos presentes en los ovarios de 5 becerras durante el ciclo estral hicieron pensar que sólo 2 folículos grandes llegaban a desarrollarse, uno durante la mitad de la fase lútea

y el otro, el ovulatorio, durante la fase folicular (Pierson y Ginther 1989). Quirk *et al.* (1986) siguieron mediante ultrasonografía el crecimiento y regresión en forma individual de los folículos de al menos 5 mm de diámetro, mostrando que durante la luteólisis y la fase folicular el folículo preovulatorio creció de 6 a 11.5 mm de diámetro en 3 días, creciendo de 11 a 15.5 mm en el día del estro, y sólo fue el único folículo presente hasta el estro. Subsecuentemente, Sirois y Fortune aplicaron esas técnicas para analizar los modelos de crecimiento y regresión folicular de la novilla durante el ciclo estral, mostrando que dichos modelos ocurrían en forma regular y definida, ocurriendo 2 o 3 ondas de desarrollo durante dicho ciclo, siendo el modelo de 3 ondas el más frecuentemente observado (Fortune *et al.*, 1988; Sirois y Fortune, 1988; Fortune y Sirois, 1989). Cada onda consiste en la emergencia simultánea de folículos de 5 mm o más de diámetro, que al cabo de varios días uno crece más que los otros y es considerado como dominante. En los ciclos estrales con 3 ondas de desarrollo folicular las ondas emergen, en promedio, los días 2, 9 y 16 del ciclo (día 0 = ovulación), mientras que en los ciclos de 2 ondas, emergen los días 2 y 11 (Sirois y Fortune, 1988; Fortune y Sirois, 1989). Savio *et al.* (1988) confirmaron la presencia de 3 folículos dominantes durante el ciclo estral en la mayoría de las novillas estudiadas (21/26) con un modelo alternativo de 2 folículos dominantes. Sin embargo, Ginther *et al.* (1989a,b) y Knopf *et al.* (1989) siguiendo el desarrollo individual de los folículos confirmaron su hipótesis de que el modelo predominante en su hato era el de 2 ondas, con un modelo alternativo de 3.

Se ha creído que los niveles basales de gonadotropinas durante el ciclo estral son suficientes para permitir la emergencia de ondas cada 7-9 días, y que el momento de la luteólisis junto con el de la emergencia de la segunda onda determinan la cantidad de ondas totales durante un ciclo estral (Fortune, 1993). La longitud del ciclo de 3 ondas y la de su fase lútea son significativamente mayores que las del ciclo de 2 (21.5 ± 0.3 vs 19.7 ± 0.5 y 18.0 ± 0.4 vs 16.7 ± 0.5 días, respectivamente) sin embargo el tamaño del folículo dominante en la primera onda en el ciclo de 3 es menor que en el de 2 (12.8 ± 0.3 vs 14.4 ± 0.6 mm), así mismo, la segunda onda inicia más tempranamente en el ciclo de 3 que en el de 2 (día 9.4 ± 0.4 vs 10.7 ± 0.3) (Sirois y Fortune, 1988, 1990; Lavior y Fortune, 1990; Turzillo y Fortune, 1990). Ginther *et al.* (1989a) analizando 18 períodos interovulatorios de 2 ondas y cuatro de 3 reportaron que los animales con 2 ondas tuvieron intervalos y fases lúteas significativamente menores, sin embargo no encontraron diferencias significativas en el diámetro máximo del folículo dominante de la primera onda o en el momento de la aparición de la segunda, pero en un estudio posterior se demostró

que la emergencia de la segunda onda se da más tempranamente en los ciclos de 3 que en los de 2 (Kastelic y Ginther, 1991). Por ello se ha creído que el momento de la luteólisis en relación al de la aparición de la segunda onda, es determinante para que un ciclo presente 2 ó 3 ondas (Fortune, 1993).

Ginther *et al.* (1989a) caracterizó ultrasonográficamente la composición folicular de las ondas ovulatorias y anovulatorias de los intervalos ovulatorios de 2 ondas, al monitorear diariamente los ovarios de 15 becerras de 1.5 a 2.5 años de edad, mostrando que el diámetro de los folículos que comenzaron a ser dominantes no fueron significativamente diferentes al de los subordinados hasta el segundo día de la emergencia, así mismo dichos subordinados dejaron de crecer hasta los 4.4 días después de originada la onda. El folículo dominante de las ondas anovulatorias creció linealmente (1.8 ± 0.1 mm/día) hasta alcanzar un promedio de 15.8 ± 0.5 mm, permaneciendo estáticos por 6 días en promedio, para posteriormente regresar también linealmente (-1.0 ± 0.1 mm/día). El folículo dominante ovulatorio creció más lentamente que el anovulatorio (1.2 ± 0.1 mm/día), sin embargo, su diámetro un día antes de la ovulación (16.2 ± 0.4 mm) no difiere del anovulatorio durante su fase estática. Así mismo, el número de folículos identificados como creciendo, estáticos o regresando de 4 a 6 mm no difiere entre las ondas ovulatorias y anovulatorias, el 95% de ellos pudieron ser asignados a una onda y cada onda emergió durante periodos constantes (ondas anovulatorias los días -1, 0 o 1, ondas ovulatorias días 8, 9, 10 u 11). Finalmente, el intervalo entre el inicio de la onda ovulatoria y el inicio de la regresión de la anovulatoria fué aproximadamente de tres días.

1.5.2 Función luteal.

1.5.2.1 Folículos anovulatorios luteinizados.

Existen incrementos transitorios en las concentraciones circulantes de progesterona de origen ovárico durante el período peripuberal (Berardinelli *et al.*, 1979), y aunque la ovulación puede ocurrir antes de estos incrementos (Quirke *et al.*, 1985), formándose un cuerpo lúteo de vida corta, en algunos trabajos se han observado folículos anovulatorios luteinizados que desaparecen después de que se dan los incrementos mencionados (Berardinelli *et al.*, 1979). Aparentemente existe un soporte de LH insuficiente para producir la ovulación, pero sí suficiente como para luteinizar el folículo dominante, por ello, la ovulación no es necesaria para que se incrementen las concentraciones de progesterona durante la peripubertad (Kinder *et al.*, 1995).

Un estudio realizado en clima tropical reportó que el 100% (n=32) de las novillas mostraron uno o más incrementos transitorios de progesterona (29 con 1 y 3 más de 1), lo que coincidió con la presentación de estructuras lúteas a la ultrasonografía, las cuales duraron 3 ± 1 días, y aunque se menciona que dichas estructuras fueron precedidas por la desaparición del folículo dominante, no se menciona su apariencia a la ultrasonografía, de modo que no se puede deducir si realmente son producto de la ovulación de un folículo o de su luteinización (Calderón *et al.*, 1993).

1.5.2.2 Cuerpo lúteo de vida corta.

En la hembra bovina existen ciertas condiciones fisiológicas que producen ciclos estrales de corta duración, esta reducción en la longitud del ciclo es resultado de una regresión prematura del cuerpo lúteo, de esta manera se desarrollan cuerpos lúteos de vida corta (CLVC) en la primera ovulación que se presenta al llegar a la pubertad y en la primera del posparto (Garverick *et al.*, 1992). La ovulación que precede a la formación de un CLVC es normal, con la liberación de un óvulo capaz de ser fertilizado, sin embargo, la gestación no se establece porque este cuerpo lúteo sufre regresión entre el día 5 y 6 posterior a la ovulación, antes de que se de el reconocimiento materno de la gestación (Short *et al.*, 1974; Odde *et al.*, 1980; Ramirez-Godinez *et al.*, 1982a,b; Garverick *et al.*, 1992). Aunque se desconoce la importancia de esta fase lútea corta dentro del control neuroendocrino del ciclo estral, se ha especulado que la elevación transitoria de progesterona que la acompaña puede jugar un papel importante en la sincronización que debe darse entre el desarrollo folicular y el pico preovulatorio de LH (Legan *et al.*, 1985).

Los estudios realizados destinados a esclarecer la etiología del CLVC han sido realizados de acuerdo a dos tendencias de pensamiento: la primera de ellas sostiene que el CLVC es resultado de la ovulación de un folículo inmaduro que se desarrolló en un ambiente hormonal inadecuado, y que la pobre funcionalidad que lo caracteriza es un reflejo de ello; mientras que la segunda, la cual posee mayor soporte experimental y por ello ha recibido mayor atención, señala que los CLVC son intrínsecamente normales y que su regresión prematura obedece a una liberación anticipada de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) (Hernández, 1997).

En cuanto a la primera creencia, Garverick *et al.* (1992) sostiene que la fase lútea es una continuación de la maduración folicular, por ello, las características funcionales del cuerpo lúteo serán resultado de las condiciones en que se desarrolló el folículo ovulatorio. Se ha reportado que

los CLVC, además de regresar prematuramente, son más pequeños, secretan menor cantidad de progesterona y su sensibilidad a la estimulación gonadotrópica es menor (Kesler *et al.*, 1981; Rutter y Randel, 1984; Duby *et al.*, 1985) lo que de acuerdo con el concepto anterior de Garverick *et al.* (1992) sólo sería reflejo del desarrollo anormal del folículo preovulatorio, lo que podría ser atribuido a un ambiente hormonal inadecuado, característico del estado acíclico. Como se ha revisado en el apartado referente a la actividad folicular prepúber y se ha reportado en el anestro de la vaca (Savio *et al.*, 1990; Roche *et al.*, 1992), la actividad folicular durante estos periodos es semejante a la que se da en la ciclicidad ovárica, las ondas foliculares son estimuladas por un incremento en las concentraciones circulantes de FSH, sin embargo ninguno de los folículos puede llegar a madurar y a ovular debido a la ausencia de un aporte apropiado de LH, lo que sí sucede durante la ciclicidad. Tanto en ovejas como en vacas, existe evidencia que indica que los folículos que dan origen a CLVC presentan menor capacidad esteroidogénica y menor número de receptores para LH que los folículos que dieron origen a cuerpos lúteos de duración normal (Hunter *et al.*, 1986; White *et al.*, 1987; Inskeep *et al.*, 1988; Braden *et al.*, 1989a).

Ramirez-Godínez *et al.* (1982b) reportaron que las vacas que desarrollan CLVC presentaron menores concentraciones de FSH cuatro días antes de la ovulación, así mismo García-Winder *et al.* (1986) e Inskeep *et al.* (1988) observaron que las vacas en anestro tratadas con norgestomet muestran un incremento en la liberación preovulatoria de LH, desarrollando cuerpos lúteos de vida normal, a diferencia de las vacas no tratadas. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la secreción de gonadotropinas entre las vacas que desarrollaron CLVC y de vida normal (Manns *et al.*, 1983; Garverick *et al.*, 1988).

En lo que se refiere a la segunda creencia, se ha demostrado que los CLVC en la vaca y oveja tienen las mismas características morfofisiológicas que los cuerpos lúteos de duración normal, de manera que tanto el número de receptores para LH y $PGF_{2\alpha}$, como la proporción y capacidad de las células grandes y chicas es similar entre ambos tipos de cuerpos lúteos (Braden *et al.*, 1989a,b).

Existe evidencia de que en la vaca (Peter *et al.*, 1989) y en la oveja (Hunter *et al.*, 1989; Hernández, 1996) la regresión prematura del cuerpo lúteo es el resultado de una liberación anticipada de $PGF_{2\alpha}$, demostrándose en la oveja que esta luteólisis ocurre por establecimiento de un modelo de liberación pulsátil de $PGF_{2\alpha}$ (Hernández, 1996) similar al que ocurre al final de una fase lútea normal (Zarco *et al.*, 1988).

El empleo de inhibidores de la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en vacas posparto (Troxel y Kesler, 1984), así como la histerectomía en ovejas prepúberes o anéstricas inducidas a ovular y a desarrollar un CLVC, prolonga la fase lútea (Keisler *et al.*, 1983; Southee *et al.*, 1988), lo que demuestra que los animales con fases lúteas cortas secretan prematuramente $\text{PGF}_{2\alpha}$ y que si es suprimida, el cuerpo lúteo continúa funcionando normalmente. La causa de esta liberación anticipada de $\text{PGF}_{2\alpha}$, no ha sido totalmente esclarecida, sin embargo se ha demostrado que el endometrio de las ovejas que presentan CLVC poseen una alta concentración de receptores para oxitocina en el día 5 posterior a la ovulación, existiendo una asociación evidente entre los picos máximos de oxitocina y la secreción de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Hunter *et al.*, 1989), de igual manera como ocurre durante la luteólisis en un ciclo normal (Silvia *et al.*, 1991). La aparición temprana de receptores funcionales para oxitocina en el posparto de vacas que desarrollan CLVC, fué confirmada por la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ cuando fueron tratadas con oxitocina el día 5 posovulación (Zollers *et al.*, 1989).

La progesterona desempeña un papel importante en la programación del inicio de la liberación pulsátil de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en los animales que se encuentran ciclando. En el endometrio la progesterona inhibe la formación de receptores para estradiol, pero después de 10 a 12 días de exposición a progesterona los receptores para ella desaparecen, lo que permite la síntesis de receptores para estradiol. Posteriormente, el estradiol proveniente de los folículos ováricos estimula en el endometrio la formación de receptores para oxitocina, y así la oxitocina producida por el cuerpo lúteo puede iniciar la secreción pulsátil de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Silvia *et al.*, 1991). En los animales destinados a formar un CLVC parece haber una deficiencia de receptores de progesterona durante los primeros días del ciclo, por lo que esta hormona no puede bloquear en forma efectiva la síntesis de receptores para estradiol (Garverick *et al.*, 1992). Existe evidencia que parece demostrar que en la oveja con CLVC aparecen tempranamente receptores a estradiol, lo que permite el inicio de la secreción de $\text{PGF}_{2\alpha}$, así mismo, en los animales con CLVC el folículo preovulatorio produce poco estradiol, lo que resulta en síntesis insuficiente de receptores para progesterona en el endometrio, lo cual permite que aparezcan prematuramente receptores para estradiol y luego para oxitocina, ocasionando la liberación anticipada de $\text{PGF}_{2\alpha}$. (Silvia *et al.*, 1991; Garverick *et al.*, 1992).

1.6 GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (eCG).

1.6.1 Estructura química.

La existencia de gonadotropinas coriónicas solamente ha sido reportada en los equinos, humanos y otros primates (Ungerfeld, 1998). La gonadotropina coriónica equina (eCG), antes conocida como gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG), es la hormona glicoproteica con mayor contenido de carbohidratos (45%), siendo su masa de 68,000 daltons (Humphrey *et al.*, 1979). En comparación con otras gonadotropinas es la que contiene la mayor cantidad de ácido siálico (10%), el cual es el responsable de la larga vida media que presenta esta hormona. Debido a su tamaño, la molécula de eCG no atraviesa fácilmente el filtro renal lo que contribuye a prolongar su tiempo en la circulación (Ungerfeld, 1998). La concentración en orina es solamente 1:100 de la encontrada en sangre, mientras que en la leche es aún menor (1:300) (Cole *et al.*, 1967; Cole, 1975) por lo que se consideran como indetectables. Tampoco atraviesa la membrana placentaria, por lo que no es detectable en sangre fetal (McDonald, 1991)

La eCG está constituida por dos subunidades, denominadas alfa y beta, que se encuentran unidas no covalentemente. Es de una estructura muy similar a la de la LH, la FSH y otras gonadotropinas coriónicas (Ungerfeld, 1998).

1.6.2 Origen y modelo de secreción.

Los niveles de eCG en la yegua comienzan a ser detectables en sangre entre los 32 y 40 días de gestación, pudiendo encontrarse en la circulación hasta los 140 a 200 días, encontrándose los niveles máximos en el día 80 (>6mg/l) (Ungerfeld, 1998).

Desde 1972 se sabe con certeza que las células secretoras que se encuentran en las copas endometriales responsables de la secreción de eCG, son células del trofoblasto que invaden el endometrio (Allen y Moor, 1972).

1.6.3 Función.

En la yegua la función específica de la eCG no es del todo clara, mientras que algunos autores plantean que la eCG estimula el desarrollo folicular produciendo múltiples ovulaciones con formación de cuerpos lúteos que mantienen la preñez (Reeves, 1987) otros trabajos sostienen que la eCG no es reconocida por los receptores de la FSH de la yegua, por lo tanto su acción en la gestación de la yegua sería solamente como hormona luteotrófica. De cualquier manera, en

tejidos de otras especies puede unirse a receptores tanto de FSH como de LH, esta doble actividad ha sido reportada mediante bioensayos *in vivo*, ensayos *in vitro* y ensayos de radioreceptores específicos (Ungerfeld, 1998).

1.6.4 Usos y aplicaciones.

A partir de su purificación, su bajo costo posibilita su aplicación en trabajos en los que se requiere inducir el desarrollo folicular. En primer término ha sido utilizada en tratamientos superovulatorios en bovinos, ovinos, cabras, llamas y otras especies. También se ha utilizado para inducir el estro en ovinos, cerdos, canidos, armiño y otras especies (Boland *et al.*, 1991; Cameron y Batt, 1991; Hahn, 1992; Ungerfeld, 1998).

CAPITULO II

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

2.1 HIPOTESIS.

Las novillas *Bos taurus* / *Bos indicus* en estado acíclico, por ser prepúberes o estar en anestro pospuberal, con un peso superior de 310 kg. y condición corporal mayor o igual a 4 en la escala de 1-9, que son tratadas con progestagenos y/o eCG, presentan estros fértiles, de modo que es factible fertilizarlas para hacerlas concebir y parir más tempranamente, reduciéndose con ello, la edad al primer parto.

2.2 OBJETIVOS.

2.2.1 Objetivo general.

Inducir la ciclicidad reproductiva en novillas con peso y condición óptimos para recibir el primer servicio, de modo que puedan ser fertilizadas y gestadas en el menor tiempo posible, reduciéndose así la edad al primer parto e incrementándose con ello, la eficiencia productiva de los hatos.

2.2.2 Objetivos específicos.

a) Determinar el efecto que pudieran tener el nivel tecnológico de los ranchos en el estado reproductivo y edad de las novillas con peso superior a 310 Kg. y una condición corporal mayor o igual a 4 (escala de 1 – 9).

c) Establecer las diferencias en la condición corporal de acuerdo al estado reproductivo y el nivel tecnológico de los ranchos.

d) Evaluar la capacidad de los progestagenos y de la eCG, solos y combinados, para inducir la actividad ovárica en las becerras *Bos taurus* / *Bos indicus* con peso superior a 310 Kg. y una condición corporal mayor a 4 en una escala de 1 - 9.

e) Determinar la fertilidad de las vaquillas a las que se les ha inducido la actividad ovárica mediante los distintos tratamientos.

f) Establecer el efecto general de los progestágenos empleados en el desarrollo folicular durante el periodo de tratamiento.

g) Evaluar el efecto de la inyección de 500 U.I de eCG con y sin progestágenos previos, en el desarrollo folicular.

h) Determinar diferencias en las concentraciones séricas de progesterona y en la longitud de la fase lútea, posteriores a la ovulación inducida por los distintos tratamientos.

CAPITULO III

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó durante el periodo comprendido de Agosto de 1997 a Febrero de 1999, en 9 ranchos de ganado de doble propósito localizados en los municipios de Villa Isla, Jamapa, Ignacio de la Llave, Tlaxicoyan, Tlacotalpan, Lerdo de Tejada, Paso de Ovejas y San Juan Evangelista, todos ellos situados en la zona central del estado de Veracruz, México; el cual se encuentra ubicado en el Golfo de México y posee un clima tropical subhúmedo. El estudio se dividió en tres partes, las cuales se realizaron en forma simultánea:

3.1 SITUACION GENERAL.

3.1.1 Determinación del estado reproductivo.

En cada rancho, se palpó rectalmente y realizó ultrasonografía a todas las novillas sin signos evidentes de gestación con peso superior a 310 Kg. y una condición corporal ≥ 4 , para ello se midió la circunferencia torácica para calcular el peso corporal mediante la utilización de una cinta para cálculo de peso¹ de ganado de carne y calificada la condición corporal en la escala de 1-9 (Vizcarra *et al.*, 1995). A las novillas vacías se les realizó otra palpación y ultrasonografía a los 12 días de realizadas las primeras, además de colectarles cinco muestras sanguíneas con intervalo de tres días durante el periodo comprendido entre las dos palpaciones y ultrasonografías realizadas. Las muestras fueron obtenidas por punción de la vena caudal usando tubos al vacío, posteriormente fueron mantenidas en refrigeración y llevadas al laboratorio de radioinmunoensayo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, donde se centrifugaron y el suero se separó y congeló hasta el momento de la determinación de la concentración sérica de progesterona por medio de radioinmunoanálisis (Srikandakumar *et al.*, 1986). Se consideraron como novillas acíclicas a las que no presentaron estructuras lúteas en ninguna de las palpaciones y ultrasonografías realizadas, ni concentraciones de progesterona >3.2 nmol/l en dos ó más muestras de suero consecutivas.

¹ "Weighband", Farmer's Boy™, Dalton Supplies LTD. England.

3.1.2 Clasificación de los ranchos por su nivel tecnológico.

Los nueve ranchos fueron clasificados en su nivel tecnológico de acuerdo a los conceptos propuestos por Villa-Godoy y González (1990) y Peña (1993). Los conceptos fueron modificados con base a los factores tecnológicos que directa o indirectamente podrían tener un efecto sobre el desarrollo y estado reproductivo de la novilla de reemplazo. Las características evaluadas y la escala utilizada se muestran en el Anexo. Se consideró como un rancho de nivel tecnológico alto aquel cuya cantidad de puntos totales fuera >24 puntos, mientras como de nivel tecnológico bajo aquel con un total <24.

3.1.3 Edad de las novillas.

En los ranchos que poseían registros, se obtuvo mediante su consulta la fecha de nacimiento de cada novilla incluida en el estudio, y se calculó su edad en meses al momento de la primera palpación y ultrasonografía.

3.2 INDUCCION DEL ESTRO FERTIL.

3.2.1 Grupos experimentales.

Una vez determinado el estado reproductivo de las novillas, en los ranchos cuyos productores manifestaron disponibilidad para esta fase (n=6), las novillas acíclicas (n=70) se distribuyeron aleatoriamente en 4 grupos, los cuales, para eliminar el efecto del nivel tecnológico, fueron distribuidos dentro de cada rancho, y fueron los siguientes:

- **Grupo 1 (n=19)** a cada novilla se le aplicó, el día 0, un implante subcutáneo en el tercio medio externo de la oreja, conteniendo 6 mg de norgestomet¹ y una inyección intramuscular de 50 mg de progesterona². El implante fue retirado a los 9 días de ser insertado.
- **Grupo 2 (n=17)** igual que el anterior, más una inyección intramuscular de 500 U.I. de eCG³ un día antes de retirar el implante (día 8).
- **Grupo 3 (n=14):** a cada novilla se le aplicó, el día 8, una inyección intramuscular de 500 U.I. de eCG.
- **Grupo 4 (n=20):** grupo testigo.

¹ Syncromate-B, lab. Rhone Meril.

² Progesterona, lab. Cyanamid.

³ Folligon, lab. Intervet.

3.2.2 Detección de estros e inseminación artificial.

Con el objeto de detectar el estro, todas las vaquillas fueron observadas una vez iniciado el tratamiento, dos veces por día durante una hora (mañana y tarde). Las vaquillas fueron consideradas en estro cuando se dejaron montar por otras. Las que presentaron estro, fueron inseminadas artificialmente bajo el esquema mañana-tarde tarde-mañana, con una dosis de semen de toros cuya calidad seminal había sido probada previamente.

3.2.3 Novillas que no presentaron estro.

A las novillas que no fueron observadas en estro se les calificó su condición corporal y, con el fin de detectar una posible ovulación silenciosa, se les palpó rectalmente y realizó ultrasonografía, además de colectarles una muestra sanguínea para determinación de progesterona el día 20. Así mismo, siguieron siendo observadas por un periodo de tres semanas para la detección de estro.

3.2.4 Diagnóstico de gestación.

Para diagnosticar la gestación, a las novillas inseminadas se les palpó rectalmente y realizó ultrasonografía a los 45 días de ser inseminadas.

3.3 ACTIVIDAD OVARICA.

3.3.1 Desarrollo folicular.

Con el fin de apreciar el desarrollo folicular, a 20 novillas (5 de cada grupo) se les realizó una ultrasonografía cada dos días a partir del inicio del tratamiento hasta el día 10, se utilizó un ultrasonido *Pie Medical Scanner 480* con transductor de 5.0 / 7.5 Mhz, el cual fue insertado via rectal sin previa manipulación del aparato reproductivo. Se contaron y midieron todos los folículos ≥ 4 mm de diámetro presentes en los ovarios (Ginther, 1998). Durante cada inspección, los folículos fueron situados en relación a la superficie del ovario en la que se encontraban (anterior o posterior) y fueron ubicados en la respectiva superficie de acuerdo a la posición de las horas del reloj. La medición del diámetro se realizó en la imagen o corte en la que el folículo presentaba su mayor dimensión. Para cada novilla en particular, se realizó una gráfica con sus valores, con ello el folículo dominante fue considerado como el folículo con mayor desarrollo y permanencia que los restantes, los que se consideraron como subordinados. La fase de crecimiento fue definida como el periodo comprendido del día en que el folículo dominante fue observado por primera vez

(identificado retrospectivamente) hasta que comenzó a disminuir progresivamente. Los valores de los grupos 1 y 2 del día 0 al 8 fueron utilizados en forma conjunta constituyendo el subgrupo con progestágenos (CP), mientras que los valores de los mismos días de los grupos 3 y 4 fueron usados de la misma forma y constituyeron el subgrupo sin progestágenos (SP). Los datos del día 8 al 10 fueron agrupados de acuerdo al grupo original y se utilizaron para evaluar el efecto de la eCG.

3.3.2 Función luteal.

Para confirmar la ovulación, clasificar la vida del cuerpo lúteo posterior a ella y detectar una posible ovulación múltiple, se colectó una muestra sanguínea a las novillas inseminadas para la determinación de la concentración sérica de progesterona los días 7, 10 y 14 posinseminación, además de una palpación rectal este último día. Se consideró como cuerpo lúteo de vida corta (CLVC) cuando las concentraciones de progesterona no se mantuvieron >3.2 nmol/l hasta el día 14 y como cuerpo lúteo de vida normal (CLVN) cuando las concentraciones se mantuvieron >3.2 nmol/l hasta éste día.

Se denominó como ovulación múltiple a la presencia de más de un cuerpo lúteo en la palpación rectal realizada al día 14 posinseminación.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO.

Para comparar las edades generales de los diferentes estados reproductivos y para medir el efecto del nivel tecnológico en dichas edades se utilizaron ANDEVA. Mientras que para apreciar diferencias en los porcentajes de los diferentes estados reproductivos de acuerdo al nivel tecnológico se utilizaron análisis de xi-cuadrada.

Para detectar diferencias en la condición corporal de las novillas de acuerdo al estado reproductivo y el nivel tecnológico, se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + N_j + EN_{ij} + \epsilon_{(ij)k}$$

Donde:

Y_{ijk} = Condición corporal en la novilla del i-ésimo estado reproductivo, en el j-ésimo nivel tecnológico.

μ = media general.

E_i = variación ejercida por el i-ésimo estado reproductivo.

N_j = efecto del j-ésimo nivel tecnológico.

E_{dij} = interacción entre el i-ésimo estado reproductivo y el j-ésimo nivel tecnológico.

$\varepsilon_{(ij)k}$ = error aleatorio de la unidad experimental ij en los grupos E y N.

Se empleó el análisis de xi-cuadrada de la prueba exacta de Fisher para evaluar el efecto de los tratamientos en las tasas de estros inducidos y de gestación. Mientras que para determinar el efecto de los progestágenos en el desarrollo folicular, se utilizaron ANDEVA entre los promedios de los días de observación (0, 2, 4, 6 y 8) entre los subgrupos CP Y SP, el mismo tipo de análisis fue empleado para comparar los promedios del diámetro mayor del folículo dominante y los incrementos promedio por día de dicho folículo en la fase de crecimiento entre ambos subgrupos. Para evaluar el efecto de la eCG, se compararon los incrementos promedio del día 8-10 del folículo dominante de cada grupo original mediante ANDEVA, así mismo con el mismo tipo de análisis se contrastaron los incrementos promedio del folículo dominante antes de la aplicación de eCG (días 0-8) y después de ella (días 8-10) en los grupos en que fue aplicada (2 y 3).

Finalmente, las concentraciones séricas de progesterona entre los CLVC y CLVN fueron comparadas también mediante ANDEVA.

Todos los análisis se realizaron mediante el programa estadístico computacional S.A.S. (Statistical Analysis System) (1985).

CAPITULO IV

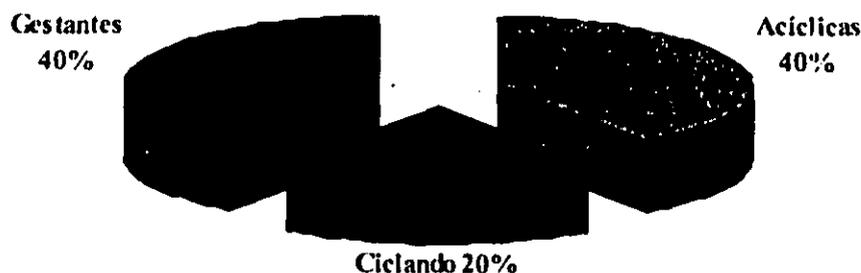
RESULTADOS

4.1 SITUACION GENERAL.

4.1.1 Porcentajes y edades generales.

Del total de novillas (240) con las características corporales deseadas y sin signos evidentes de gestación que se muestrearon durante el periodo de estudio, se encontró que el 40% (n=96) estaban gestantes y el 60% (n=144) vacías, de éstas últimas, el 33% (n=47) se detectó ciclando mientras que el 67% (n=97) en estado aciclico (Fig. 1). En lo que respecta a la edad, de los animales con registro de nacimiento (n=119), el promedio de edad las novillas gestantes fue significativamente mayor que el de las vacías, 32.2 ± 3.1 vs 28.1 ± 3.5 meses, respectivamente ($P < 0.05$), sin embargo, dicho promedio de hembras gestantes solamente fue significativamente mayor que el de las aciclicas (27.5 ± 2.2 meses) ($P < 0.05$), no así con el de las ciclando (29.8 ± 3.4 meses) ($P > 0.05$), no habiendo diferencia entre éstos dos últimos promedios ($P > 0.05$). La cantidad total de novillas y de acuerdo al los diferentes estados reproductivos, por rancho se muestran en el cuadro 1.

Figura 1. Porcentajes de novillas gestantes, aciclicas y ciclando encontrados en los diferentes ranchos muestreados.



Cuadro 1. Cantidad total de novillas muestreadas y de acuerdo al estado reproductivo en los diferentes ranchos.

RANCHO	ESTADO REPRODUCTIVO			TOTAL
	ACICLICAS	CICLANDO	GESTANTES	
1	13	6	7	26
2	7	1	7	15
3	9	1	8	18
4	16	7	15	38
5	6	2	5	13
6	11	5	9	25
7	19	9	13	41
8	14	6	21	41
9	2	10	11	23

4.1.2 Efecto del nivel tecnológico de los ranchos.

Respecto al nivel tecnológico de los ranchos, en el cuadro 2 se muestra la puntuación obtenida por cada rancho en cada una de las características evaluadas. Así, basándose en ello, se pudo evaluar el nivel tecnológico de los ranchos, resultando que el 44% (4/9) de éstos mostraban un nivel tecnológico alto (NTA) y el 56% (5/9) nivel tecnológico bajo (NTB). En diferencias más específicas, se observó que dentro de los ranchos con NTA, los que presentan mayor grado de tecnificación (Nos. 1 y 7) intentan mantener dicho nivel, mientras que las restantes (Nos. 6 y 9) intentan incrementarlo. Así mismo, dentro del NTB sólo dos ranchos intentan incrementar su nivel (Nos. 4 y 5), y el resto permanece en el manejo tradicional. Dicho nivel tecnológico no fue una fuente de variación en los porcentajes de los diferentes estados reproductivos (Cuadro 3) y en sus respectivas edades promedio (Cuadro 4) ($P>0.05$).

Cuadro 2. Puntuación obtenida por cada rancho en cada una de las características evaluadas. El número de la característica corresponde a las presentadas en el Anexo.

RANCHO	CARAC.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	NIV.TEC.
1		3	3	3	3	2	2	1	1	3	1	2	3	3	3	2	35	Alto
2		3	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	2	1	1	15	Bajo
3		3	0	2	2	1	1	0	1	1	0	0	2	2	1	1	17	Bajo
4		3	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	3	3	3	1	23	Bajo
5		1	0	2	1	1	1	0	0	1	1	0	2	2	2	2	16	Bajo
6		3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2	2	3	2	27	Alto
7		3	3	2	2	1	2	0	1	3	1	2	3	3	3	2	31	Alto
8		3	1	2	2	1	1	0	0	1	0	1	2	2	3	1	20	Bajo
9		3	2	2	2	1	2	1	1	3	1	2	2	2	3	2	29	Alto

Nivel tecnológico alto = rancho con total >24, nivel tecnológico bajo = rancho con total <24.

Cuadro 3. Comparación de los porcentajes de novillas de acuerdo al estado reproductivo entre ambos niveles tecnológicos. NTA= Nivel Tecnológico Alto, NTB= Nivel Tecnológico Bajo.

EDO. REPRODUCTIVO	NTA		NTB	
	n	%	n	%
Vacías acíclicas	44	38	54	43
Vacías ciclando	25	22	21	17
Gestantes	46	40	50	40
Total de vacías	69	60	75	60

No existe diferencia estadística entre columnas ($P>0.05$)

Cuadro 4. Comparación de la edad promedio expresada en meses de las novillas de acuerdo al estado reproductivo entre ambos niveles tecnológicos. NTA= Nivel Tecnológico Alto, NTB= Nivel Tecnológico Bajo.

EDO. REPRODUCTIVO	NIVEL TECNOLÓGICO	
	NTA	NTB
Vacías acíclicas	27.6 ± 3.5	27.0 ± 4.2
Vacías ciclando	29.1 ± 4.1	34.0 ± 2.5
Gestantes	31.3 ± 4.0	34.1 ± 5.4
Total de vacías	28.0 ± 3.1	28.5 ± 4.8

No existe diferencia estadística entre columnas ($P>0.05$)

4.1.3 Condición corporal (CC).

En lo que a la CC se refiere, únicamente se demostraron diferencias de acuerdo al estado reproductivo, no así respecto al nivel tecnológico ni a la interacción entre ambas variables. El promedio de condición de las novillas gestantes (5.0) fue significativamente mayor que el de las acíclicas (4.8) ($P<0.05$), no así al de las ciclando (4.9) ($P>0.05$), no habiendo diferencia entre estos últimos ($P>0.05$). La CC del nivel tecnológico alto y bajo no fueron estadísticamente diferentes, mostrando promedios de 5.0 y 4.9, respectivamente ($P>0.05$). Estadísticamente no se demostró interacción entre el estado reproductivo y el nivel tecnológico ($P>0.05$), lo cual puede ser apreciado en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores promedio de la Condición Corporal de las en los respectivos estados reproductivos y los niveles tecnológicos (NT).

NT	EDO. REPROD.	PROMEDIO ± DE
Alto	Ciclando	4.9 ± 0.3
Alto	Acíclicas	4.7 ± 0.5
Alto	Gestantes	5.0 ± 0.1
Bajo	Ciclando	5.0 ± 0.1
Bajo	Acíclicas	4.9 ± 0.4
Bajo	Gestantes	5.1 ± 0.3

No existe diferencia estadística entre líneas ($P>0.05$).

4.2 INDUCCION DEL ESTRO FERTIL.

Debido a la diferente disponibilidad mostrada por los productores, del total las 97 novillas halladas en estado aciclico sólo pudieron ser incluidas en esta fase 70 de ellas. En el cuadro 6 se muestra la cantidad total de novillas tratadas por rancho de los utilizados en esta fase (n=6).

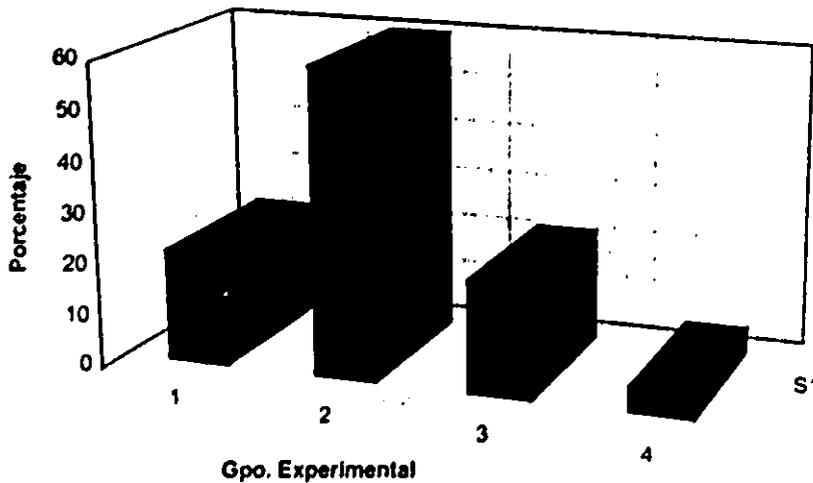
Cuadro 6. Cantidad total de novillas tratadas y por grupo en los ranchos utilizados en esta fase.

RANCHO	GRUPO EXPERIMENTAL				TOTAL
	1	2	3	4	
1	3	3	3	4	13
2	1	2	2	2	7
5	1	2	2	1	6
6	4	2	1	4	11
7	6	4	2	7	19
8	4	4	4	2	14

4.2.1 Inducción de estros.

En lo que se refiere a la capacidad de inducción del estro por los distintos tratamientos, el 21% (4/19) de las novillas del grupo 1 mostraron estro, mientras que el grupo 2 presentó un 59% (10/17), en el grupo 3 la respuesta fue de 21% (3/14) y en el grupo 4 únicamente el 5% (1/20). Sin embargo, sólo el índice de respuesta del grupo 2 fue significativamente diferente ($P < 0.05$), (Fig. 2).

Figura 2. Porcentaje de estros inducidos por los distintos tratamientos en novillas en estado aciclico. El Grupo 2 es significativamente mayor respecto a los grupos restantes, no habiendo diferencia entre éstos últimos ($P < 0.05$).



Respecto a la presentación del estro, las novillas de los grupos 1 y 2 lo hicieron durante los primeros cinco días posteriores al retiro del implante, en contraste con las de los grupos 3 y 4 que lo hicieron después de este período, en el cuadro 7 se muestra el tiempo específico en el que las novillas fueron detectadas en estro bajo el esquema utilizado.

Ninguna de las novillas que no presentaron estro inicialmente, tampoco lo hicieron durante el período de observación de tres semanas posterior al tratamiento, ni mostraron evidencia de estructuras lúteas en la palpación rectal y ultrasonografía realizadas en el día 20, así como concentración de progesterona sérica >3.2 nmol/l en la muestra tomada en el mismo día.

Cuadro 7. Cantidad de novillas detectadas en estro a diferentes momentos de acuerdo al esquema de detección utilizado.

No. DE NOVILLAS	GRUPO EXPERIMENTAL			
	1	2	3	4
Total por grupo	19	17	14	20
Total en estro	4 (21)*	10 (59) ^b	3 (21)*	1(5)*
En estro a las:				
33 hrs	3	2		
48 hrs	1	4		
57 hrs		1		
96 hrs		3		
129 hrs			1	
153 hrs			2	
264 hrs				1

Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

*Los valores entre parentesis representan el porcentaje total.

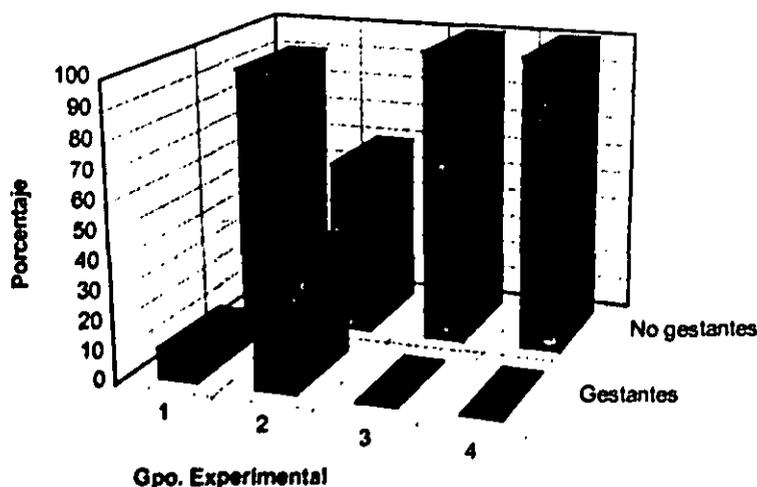
Ninguna de las novillas del grupo 1 se vieron repetir, mientras que en el grupo 2, sólo dos mostraron estro nuevamente, en el grupo 3, sólo 1 se vio repetir, y finalmente, en el grupo 4 la única novilla que presentó estro repitió.

4.2.2 Porcentajes de gestación.

En cuanto a los porcentajes de gestación se refiere, únicamente se diagnosticaron novillas gestantes en los Gpos. 1 y 2, en relación al número total de animales por grupo, dicho porcentaje fue significativamente mayor en el grupo 2 que en el 1, 41 (7/17) vs 10% (2/19), respectivamente ($P < 0.05$), (Fig. 3). Sin embargo, en relación al número total de animales inseminados, este porcentaje no fue estadísticamente distinto entre ambos grupos, mostrando el 50 (2/4) y 70% (7/10) el grupo 1 y 2, respectivamente ($P > 0.05$).

En la novilla del grupo 2 que no quedó gestante de las que no se vió repetir, se detectó una ovulación múltiple, mostrando a la palpación y ultrasonografía de 4-5 cuerpos lúteos.

Figura 3. Porcentaje de gestación en los distintos tratamientos inductores de estro en novillas en estado aciclico. El grupo 2 presentó mayor porcentaje de gestación que el 1 ($P < 0.05$).



4.3 ACTIVIDAD OVARICA.

4.3.1 Desarrollo folicular.

Todos los animales de ambos subgrupos, CP y SP, mostraron reemplazo del folículo dominante presente al inicio del tratamiento. La cantidad de novillas en las que cayó este primer folículo y surgió el segundo, en relación al día de tratamiento se aprecia en el cuadro 8. Los valores promedio de diámetro del primer y segundo folículo dominante en los distintos días de observación durante el período de tratamiento no fueron estadísticamente diferentes entre el subgrupo CP y SP ($P > 0.05$), los valores son mostrados en los cuadros 9 y 10 para el primer y segundo folículo dominante, respectivamente. Así mismo, el diámetro máximo del primer folículo dominante, en el que pudo ser apreciado por alcanzar una fase estática en 15 animales, entre los subgrupos CP ($n=7$) y SP ($n=8$) no fueron estadísticamente diferentes, presentando valores de 10.9 ± 2.5 y 12.0 ± 1.8 mm, respectivamente ($P > 0.05$). De igual manera, el incremento promedio en el diámetro de este primer folículo en la fase de crecimiento tampoco fue diferente entre los subgrupos CP (2.6 ± 1.1 mm/día) y SP (1.9 ± 1.1 mm/día) ($P > 0.05$).

Cuadro 8. Cantidad de novillas en las que cayó el primer folículo dominante y surgió el segundo, en relación al día de observación durante el periodo de tratamiento.

FOLICULO	SUBGRUPO	n	DIA EXPERIMENTAL					
			0	2	4	6	8	10
1 ^{er} F.D.	CP	10	0	0	0	2	4	8
	SP	10	0	0	1	3	6	7
2 ^o F.D.	CP	10	0	0	3	10	-	-
	SP	10	0	1	5	10	-	-

Cuadro 9. Valores promedio de diámetro (mm) del primer folículo dominante por día de observación durante el periodo de tratamiento en los subgrupos con (CP) y sin progestágenos (SP).

SUBGRUPO	DIA EXPERIMENTAL				
	0	2	4	6	8
CP	8.6 ± 3.6	9.0 ± 2.0	8.5 ± 2.6	8.2 ± 2.0	6.7 ± 4.2
SP	7.2 ± 1.7	9.5 ± 2.2	9.7 ± 3.6	8.1 ± 3.2	7.0 ± 2.5

No existe diferencia estadística entre líneas ($P > 0.05$).

Cuadro 10. Valores promedio de diámetro (mm) del segundo folículo dominante por día de observación durante el periodo de tratamiento en los subgrupos con (CP) y sin progestágenos (SP). Solo fue posible realizar estimaciones estadísticas a partir del día 4.

SUBGRUPO	DIA EXPERIMENTAL		
	4	6	8
CP	4.3 ± 0.6	5.6 ± 1.7	8.6 ± 1.8
SP	5.6 ± 2.1	6.5 ± 2.7	8.9 ± 1.4

No existe diferencia estadística entre líneas ($P > 0.05$).

El incremento promedio en el diámetro del segundo folículo dominante del día 8 al 10 no fue afectado por el tipo de tratamiento ($P > 0.05$), así mismo, los promedios de todos los grupos en día 10 no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.05$), los valores son mostrados en el cuadro 11.

Cuadro 11. Promedio de diámetro del segundo folículo dominante (mm) e incremento promedio (mm/día) de este folículo del día 8 al 10 en los distintos grupos experimentales.

GRUPO	Promedio al día 10	Incremento día 8-10
1	10.2 ± 1.9	2.4 ± 0.5
2	12.9 ± 1.7	3.6 ± 1.8
3	10.5 ± 1.0	2.8 ± 1.0
4	10.2 ± 1.3	2.3 ± 0.7

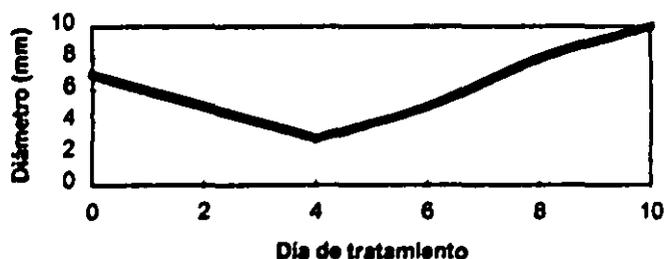
No existe diferencia estadística entre líneas ($P > 0.05$).

No hubo diferencia entre el incrementos promedio del folículo dominante antes (del día 0-8, 1^{er}. folículo dominante) y después (del día 8-10, 2^o. folículo dominante) de la aplicación de las 500 U.I. de eCG en los grupos 2 y 3 ($P > 0.05$). El grupo 2 mostró incrementos de 1.6 ± 0.4 y 1.8 ± 0.4 mm/día, antes y después de la inyección, respectivamente. Así mismo, el grupo 3 presentó antes de dicha inyección un incremento de 1.1 ± 0.2 mm/día, y 1.4 ± 0.2 mm/día después de ella.

En las figuras 4 y 5 se muestran ejemplos de la actividad folicular mostrada por las novillas en los cuatro grupos experimentales.

Figura 4. Ejemplos de la actividad folicular mostrada por las novillas en los grupos 1 y 2.

Gpo. 1 Novilla: 552.



Gpo. 2 Novilla: 601.

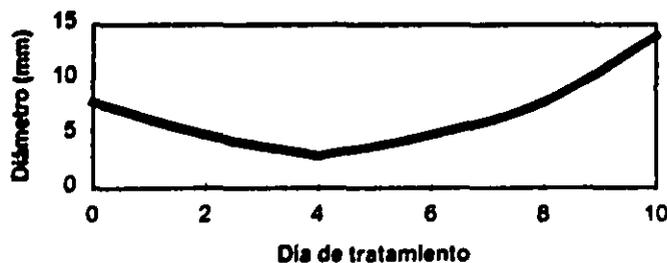
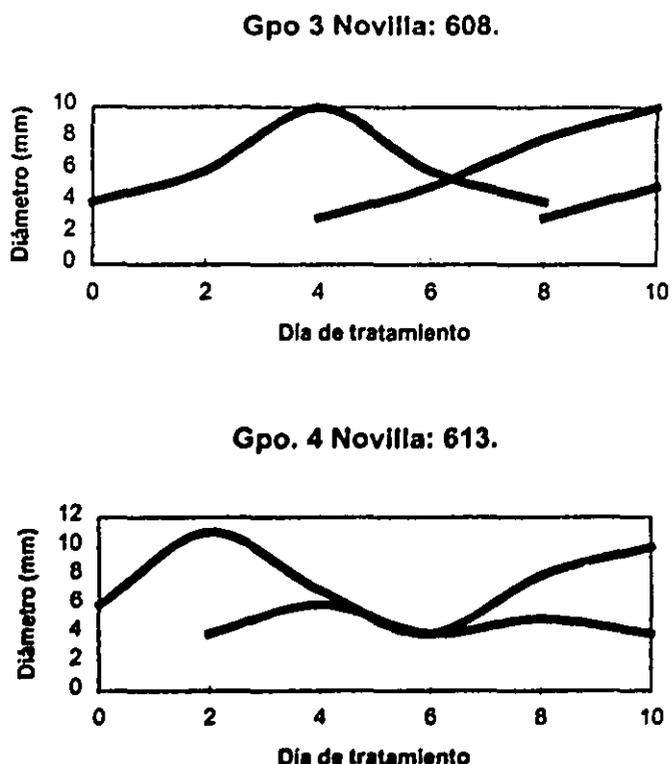


Figura 4. Ejemplos de la actividad folicular mostrada por las novillas en los grupos 3 y 4.



4.3.2 Función Luteal.

Todas las novillas que se detectaron en estro mostraron actividad luteal posterior, como se confirmó con el muestreo realizado después de la inseminación. Las novillas de los grupos 3 ($n=3$) y 4 ($n=1$) presentaron CLVC con concentraciones séricas de progesterona >3.2 nmol/l en los días 7 y 10 posinseminación no así en el 14, en contraste con las de los grupos 1 ($n=4$) y 2 ($n=10$) que presentaron CLVN, con concentraciones >3.2 nmol/l en los tres días mencionados.

No se demostraron diferencias en las concentraciones de progesterona sérica entre las novillas con CLVC y CLVN en los días 7 y 10 posinseminación ($P>0.05$) (Cuadro 12).

La novilla del grupo 2 que presentó ovulación múltiple, mostró concentraciones séricas de progesterona de 36.6, 68.7 y 85.2 nmol/l en los días 7, 10 y 14 posinseminación. Dichos valores no fueron incluidos en el análisis de concentraciones señalado en el párrafo anterior.

Cuadro 12. Concentraciones séricas de progesterona (nmol/l) en los cuerpos lúteos de vida normal (CLVN) y corta (CLVC).

CL	GRUPO	DIA POSINSEMINACION		
		DIA 7	DIA 10	DIA 14
CLVN	1,2	6.4 ± 1.1 ^a	10.2 ± 2.3 ^a	16.3 ± 2.0 ^b
CLVC	3,4	6.1 ± 1.3 ^a	8.7 ± 2.0 ^a	0.3 ± 0.9 ^a

Literales diferentes entre lineas indican diferencia estadística (P<0.05).

CAPITULO V

DISCUSION

Incrementar la eficiencia productiva de los hatos radica en gran medida en optimizar el manejo de la novilla de reemplazo, ya que éstas representan las futuras unidades productivas de la explotación. A pesar de que desde finales de la década de los sesenta se conoce la relación entre la edad al primer parto y la vida productiva de las novillas, la mayor parte de las investigaciones destinadas a reducir los períodos improductivos del ganado bovino han sido orientadas con el fin de solucionar el anestro posparto, por lo que se dispone en relación a la novilla de reemplazo es relativamente escaso, particularmente en las zonas tropicales. El presente estudio demuestra la existencia de novillas que poseen un peso y condición corporal óptimas para recibir el primer servicio y que a pesar de ello se mantienen en un estado de aciclicidad ovárica, en este caso, dichas novillas representaron el 40% (n= 97) de todas aquellas muestreadas y que no mostraban signos evidentes de gestación (240). De las novillas que conforman este porcentaje, se supone que una porción corresponde a un estado prepúber y otra a un anestro pospuberal, sin embargo, la cantidad que cada grupo representa es desconocido y requiere de estudios más profundos que involucren el seguimiento de un gran número de becerras desde el destete hasta la concepción. De igual manera, es necesario determinar las causas por las cuales las novillas que han asumido la ciclicidad no quedan gestantes, ya sea que se les proporcione el servicio inmediato o se prefiera esperar, y al enfrentar períodos de desnutrición posteriores interrumpen su ciclicidad. Dentro de las causas mencionadas, sería importante distinguir entre las que la misma hembra representa y las concernientes al toro. En lo referente a la hembra, ya ha sido descrito el síndrome de la novilla repetidora (Duchens, 1995), y se desconoce la importancia que dicho síndrome pueda tener dentro de los hatos bovinos destinados al doble propósito en el trópico mexicano. De igual forma, se desconocen también todos los factores etológicos involucrados al incluir a las becerras destetadas al grupo de hembras que no están en producción, cuando se pretende que las hembras sean gestadas inmediatamente después de que han alcanzado la pubertad.

En lo que se refiere a las edades generales, era de esperarse que las hembras gestantes tuvieran un promedio de edad mayor que el de las vacías, y específicamente, que el de las acíclicas ($P < 0.05$), ya que las hembras tienden a ciclar y gestarse por primera vez con el transcurrir del tiempo, lo que podría indicar una relación lineal entre la cantidad de hembras gestantes y la edad. Sin embargo, el hecho de que el promedio de edad de las novillas ciclando no sea estadísticamente diferente al de las gestantes y al de las acíclicas ($P > 0.05$), podría ser indicativo de que en estos animales la ciclicidad no es totalmente dependiente de la edad, se ha demostrado que el peso al que las novillas alcanzan la pubertad es menos variable que la edad (Schillo *et al.*, 1992; Kinder *et al.*, 1995). Las novillas que después de haber alcanzado la pubertad interrumpen la ciclicidad para enfrentar períodos de anestro podrían ser las responsables de que el promedio de edad de las novillas acíclicas se incremente e implique una variación tal que no permita apreciar diferencias con el de las acíclicas. Así mismo, las novillas que quedan gestantes antes de interrumpir la ciclicidad pudieran impedir ver diferencias entre la edad de las ciclando y la de las gestantes.

En cuanto al nivel tecnológico de los ranchos, el 44% de ellos fueron calificados como NTA y el 56% como NTB, lo que está en similitud con los hallazgos de Peña (1993), el cual encontró un 37.5% de ranchos con NTA y el 62.5% con NTB, tomando en cuenta que dicho autor evaluó características que no fueron consideradas en el presente estudio, como son la infraestructura y algunas otras concernientes a las vacas en producción. En un estudio realizado en Brasil en el que se clasificó a 60 ranchos del trópico de acuerdo a su nivel de manejo, en alto y bajo, se encontraron diferencias entre ambos tipos en algunos de los estimadores productivos y reproductivos de las hembras, entre ellos la edad al primer parto, siendo menor en los ranchos con mayor nivel tecnológico (Madalena *et al.*, 1990), lo que los autores atribuyeron a la serie de procedimientos adoptados y la mayor proporción de sangre Holstein en este último tipo de ranchos. En nuestro estudio no se pudo demostrar efecto alguno del nivel tecnológico en los porcentajes de novillas de los diferentes estados reproductivos, sus respectivas edades y la condición corporal ($P > 0.05$), lo cual pudo ser debido a un efecto confundido de la capacidad de carga animal de los potreros en que se encontraban las novillas y su producción de materia seca por hectárea, lo que no fue medido en el presente estudio. Por otro lado, de todos los conceptos considerados en la evaluación, el de mayor peso es la nutrición, y ninguno de los ranchos evaluados proporciona algún tipo de alimento suplementario a las hembras en desarrollo en

ningún momento, por lo que a pesar de que se ha demostrado que los pastos mejorados introducidos son capaces de mantener al doble de bovinos (hasta 20 ton/ha de materia seca y 4 UA/ha) que los pastos nativos (Villa-Godoy y González, 1990), además del adecuado control de malezas que se tenga para evitar la competencia con ellos, la escasez de humedad característica de la época de secas, particularmente drástica en los terrenos altos o llanos, ejerce su efecto detrimental en el forraje por muy adecuado o mejorado que éste sea, por lo que independientemente del nivel tecnológico del rancho en el que las novillas se encuentren, inevitablemente se han enfrentado durante su desarrollo con diferentes disponibilidades de forraje a través del año en ciclos alternados, lo que tiene un efecto negativo en los eventos endocrinos necesarios para el desarrollo del eje hipotálamo-hipofisis-ovario. Se ha demostrado que la restricción de energía, acompañada de pérdidas en el peso y la condición corporal, interpretados por el sistema nervioso tal vez por diversas señales metabólicas, inhiben la liberación pulsátil de LH necesaria para adoptar, continuar o retomar la ciclicidad (Day *et al.*, 1986, Imakawa *et al.*, 1986a; Schillo *et al.*, 1992; Yelich *et al.*, 1996). De cualquier forma, probablemente en muy pocos ranchos destinados al doble propósito se proporcione suplemento a las hembras en desarrollo, diferente tal vez a lo que suceda en las ganaderías de registro, ya que sea ha demostrado que los concentrados comerciales no son convenientes desde el punto de vista económico en las explotaciones de doble propósito, información obtenida en ranchos del estado de Veracruz indica que los productores con mejores tasas de rentabilidad fueron aquellos que no suplementaron (Villa-Godoy y González, 1990).

Es interesante observar que la condición corporal de las novillas ciclando no fue significativamente superior al de las acíclicas ($P < 0.05$), lo que podría demostrar que en un momento determinado la condición corporal, y las reservas energéticas por tanto, no son determinantes para la ciclicidad, pudiendo ser el estado acíclico resultado de un bloqueo del sistema reproductivo mediado por mecanismos hormonales o por neurotransmisores.

En cuanto a la inducción de la ciclicidad ovárica, numerosos estudios han demostrado que es posible inducir el estro fértil en las hembras acíclicas mediante la aplicación de progestágenos, aunque la mayor parte de estos estudios han sido realizados con el objeto de solucionar el anestro posparto de la vaca, y la terapia comunmente empleada ha consistido en combinaciones de progestágenos con otras hormonas, particularmente el estradiol (Porrás y Galina, 1992). Específicamente en hembras jóvenes, Gonzalez-Padilla *et al.* (1975b) aplicando el Syncromate-B

(SMB) en novillas prepúberes, obtuvieron el 94% de inducción y el 50% de gestación en los primeros cinco días posteriores al retiro del implante, mientras que con otro tratamiento consistente en la aplicación de cinco inyecciones consecutivas de 20 mg de progesterona con intervalo de 24 hrs (1/día), más 5 mg de valerato de estradiol en la primera inyección de progesterona y 2 mg de estradiol-17 β a las 48 hrs de la última, obtuvieron un porcentaje de inducción igual (93%) no así de gestación (13%), pero ambos tratamientos con valores mayores a los del grupo testigo (0% de respuesta) en el mismo período. En estudios posteriores, Short *et al.* (1976) utilizando también el SMB en el mismo tipo de novillas, obtuvieron resultados similares a los de Gonzalez-Padilla *et al.*, 88 y 54% de inducción y gestación, respectivamente. En novillas anéstricas, Beal *et al.* (1984), obtuvieron el 86% de inducción y el 46% de gestación con el mismo tratamiento. En el presente estudio, únicamente el grupo 2 (progestágenos + eCG) fue significativamente diferente que el testigo ($P < 0.05$), presentando el 59% de inducción y el 41% de gestación. En comparación con los trabajos anteriormente citados, existe amplia diferencia en el porcentaje de estros inducidos, no así en el de gestación. Lo anterior puede ser debido, primeramente, a que los autores citados utilizaron en sus estudios animales considerados por ellos como normales, los cuales fueron alimentados con un régimen que les permitió ganar peso a un índice constante después de ser destetados, de modo que al ser distribuidos dentro de los tratamientos tenían 12-14, 13 y 12-15 meses de edad con peso promedio de 278, 323 y 297 kg, para los trabajos de Gonzalez-Padilla *et al.*, Short *et al.* y Beal *et al.*, respectivamente, en contraste con las novillas aquí empleadas, las cuales fueron mantenidas en pastoreo, teniendo un índice de crecimiento discontinuo dictado por la época del año, de modo que a la edad de 27.5 meses pesaban 360 kg en promedio, por lo que éstas podrían encontrarse tanto metabólicamente como endocrinológicamente distintas a las utilizadas por los autores anteriores. Así mismo, estos autores emplearon el tratamiento convencional de SMB, utilizando estrógenos (5 mg de valerato de estradiol) al inicio del tratamiento, se ha demostrado que el SMB induce estro independientemente de la actividad ovárica, induciendo el estro en más del 50% de las hembras ovariectomizadas (McGguire *et al.*, 1990), de igual forma, Larson y Kiracofe (1995) posteriormente demostraron que el estro en este tipo de hembras era consecuencia del valerato de estradiol aplicado en el momento de insertar el implante, las hembras ovariectomizadas que mostraron estro (58%) presentaron mayores concentraciones séricas de estradiol que aquellas que no lo mostraron, y las concentraciones en estas novillas fueron más altas después de retirar el implante

que antes de ser insertado, concluyéndose que el valerato de estradiol incrementa las concentraciones séricas de estradiol el cual permanece suficientemente alto después de retirar el implante, causando una sincronía de los eventos endócrinos preovulatorios, específicamente, un pico preovulatorio de LH prematuro (Kazmer *et al.*, 1981; Larson y Kiracofe, 1995), lo que resulta en estros anovulatorios o en un inadecuado tiempo de inseminación artificial relativo a la ovulación (Larson y Kiracofe, 1995), obteniéndose porcentajes de gestación reducidos, en relación a la cantidad original de estros inducidos. Barrientos (1999), aplicando un tratamiento combinado de progesterona y estradiol vía vaginal (CIDR-B) en novillas acíclicas bajo condiciones tropicales obtuvo el 86% de inducción, sin embargo, de estas novillas sólo el 59% ovuló, obteniendo un porcentaje final de gestación del 15%. En el presente estudio si bien se obtuvo una moderada cantidad de estros inducidos, el 100% de ellos fueron acompañados de ovulación, lo que fue confirmado mediante el muestreo sanguíneo realizado a los 7, 10 y 14 posinseminación. Sin embargo, a pesar de lo que se ha comprobado sobre el efecto que los estrógenos ejercen al ser aplicados junto con los progestágenos en el tratamiento del SMB, en el presente estudio la aplicación única de progestágenos (grupo 1) no tuvo una respuesta estadísticamente diferente a la del grupo testigo ($P>0.05$), sin embargo la adición de 500 U.I. de eCG al final de la aplicación de dichos progestágenos (grupo 2) incrementó la respuesta y fertilidad ($P<0.05$).

Se ha demostrado que el efecto de los progestágenos en el desarrollo folicular es a través de la supresión de la liberación pulsátil de LH que éstos producen; el incremento en las dosis de norgestomet en hembras ciclando dio como resultado un menor tamaño e índice de crecimiento del folículo dominante, lo que fue asociado con una reducción de la liberación pulsátil de LH (Sanchez *et al.*, 1995). En el presente estudio, la parte correspondiente a la actividad folicular fue realizada con el objeto de establecer el posible efecto de los progestágenos bajo el esquema de tratamiento aquí utilizado en el desarrollo folicular, basándose en la creencia original de que las novillas que poseen un peso >310 Kg y condición corporal ≥ 4 en la escala de 1-9 poseen una frecuencia en la secreción pulsátil de LH próxima a la necesaria para asumir la ciclicidad ovárica (cerca de 1 pulso/hr), por lo que la hipótesis particular referente al desarrollo folicular era que las novillas del subgrupo CP tendrían folículos dominantes de menor tamaño e índice de crecimiento, en comparación con las del subgrupo SP. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en las características mencionadas entre el subgrupo CP y SP ($P>0.05$), lo que podría ser resultado de que la frecuencia en la liberación pulsátil de LH en estas novillas no es tan próxima a la de 1

pulso/hr como se cree, o bien que no hubo un bloqueo de la liberación de LH en el subgrupo CP, o el que se produjo no es suficiente como para producir diferencias notables entre la actividad folicular de ambos subgrupos.

El efecto benéfico de la adición de eCG al final de los tratamientos con progestágenos ha sido reportado previamente. Este efecto benéfico ha consistido en un incremento en el porcentajes de gestación no así en el de inducción (Macmillan y Peterson, 1993; De los Santos, 1994). De los Santos, aplicando 500 U.I. de eCG en el día de retirar el implante en un tratamiento convencional de SMB, logró incrementar el porcentaje de gestación en comparación con el tratamiento único de SMB (56.2 vs. 35.5 %, respectivamente), aunque la cantidad de estros inducidos no fue diferente (31 vs. 30 %, resp.). Este efecto benéfico fue confirmado en el presente estudio, al obtenerse mayores porcentajes de inducción y gestación con el tratamiento del grupo 2 en comparación con los grupos restantes ($P < 0.05$), sin embargo, el efecto no pudo ser atribuido a las características foliculares aquí medidas, puesto que no se demostró diferencia estadística entre el Índice de crecimiento después de la aplicación de las 500 U.I. de eCG del folículo dominante presente al día 8 (segundo folículo dominante) entre los distintos grupos, ni en el índice de crecimiento del mismo antes y después de ella en los grupos en los que fue aplicada (2 y 3) ($P > 0.05$). Cabe mencionar que las 10 novillas a las que se les realizó ultrasonografía y aplicó la eCG (5 del grupo 2 y 5 del 3) mostraban la presencia de un folículo dominante diferenciado y en crecimiento al momento de la aplicación, y de acuerdo con trabajos anteriores, una vez que un folículo se ha diferenciado en dominante requiere para su maduración más de la LH que de la FSH (Lussier *et al.*, 1987; Fortune, 1993; Murphy y Pescador, 1997), lo que se evidencia por los trabajos que señalan que la responsable de la formación de folículos dominantes persistentes en los tratamientos con progestágenos es la alta frecuencia de la liberación pulsátil de LH (Sirois y Fortune, 1990; Sanchez *et al.*, 1995). Así, en los animales con presencia de un folículo dominante en crecimiento al momento de la aplicación de eCG, el efecto de esta última podría ser más por su función de LH que por la de FSH, evitando que en estos animales el folículo dominante decaiga, completando su maduración de modo que esté en condiciones de responder a la supuesta liberación de LH inducida por el retiro del implante, incrementando la tasa de ovulación en los animales tratados. Así mismo, se demostró que la aplicación de eCG incrementó la tasa de ovulación en los animales en los que se aplicó al final del período progestacional (Macmillan y Peterson, 1993). En los animales sin presencia de un folículo dominante en crecimiento, la eCG

podría inducir el desarrollo y diferenciación de los folículos presentes en ambos ovários, asegurando tal vez la presencia de un folículo dominante en condiciones de responder a la liberación de LH posterior al retiro del implante, de ser así, en este tipo de animales el efecto de la eCG sería a través de la función de FSH, se ha demostrado que los tratamientos superovulatorios en ausencia de un folículo dominante la respuesta superovulatoria es mayor que con la presencia de éste (Guilbault *et al.*, 1991). En este tipo de animales que no poseen la presencia de un folículo dominante, y que son tratados con eCG el estro podría tal vez presentarse más tardíamente, si se toma en cuenta el período necesario para que un folículo se diferencie en dominante y este en condiciones de ovular. Lo anterior posiblemente sea la causa por la cual en el grupo 2 algunos animales fueron detectados en estro hasta las 96 hrs y para demostrarse necesitaria de estudios que involucren una mayor cantidad de animales.

Como se comentó previamente, todas las novillas que presentaron estro ovularon, sin embargo, es relevante comentar que las de los grupos 1 y 2 tuvieron concentraciones séricas de progesterona >3.2 nmol/l en los días 7, 10 y 14 posinseminación (CLVN), en contraste con las de los grupos 3 y 4, que únicamente tuvieron concentraciones a este valor en los días 7 y 10 no así en el 14 (CLVC). Garcia-Winder *et al.* (1986) e Inskeep *et al.* (1988) observaron que vacas en anestro posparto tratadas con norgestomet desarrollaron cuerpos lúteos de vida normal, comparativamente contra las vacas no tratadas con progestágenos. Sin embargo, se ha reportado que un cuerpo lúteo de vida corta sufre regresión entre el día 5 y 6 posterior a la ovulación (Odde *et al.*, 1980; Ramirez-Godinez *et al.*, 1982a,b), lo que significaría que las novillas tuvieran concentraciones de progesterona >3.2 nmol/l únicamente en el día 7 no así en el 10 posinseminación, contrario a lo que sucedió en los animales de los grupos 3 y 4. Se ha comprobado que el rango del ciclo estral es de 17 a 25 días (21 en promedio) (Lamothe, 1990) por lo que no se podría descartar que las novillas de estos grupos tuvieran un ciclo normalmente corto, lo que implicaría tener concentraciones séricas de progesterona en los días 7 y 10 posinseminación no así en el 14, pero el hecho de que la novilla del grupo testigo (grupo 4) haya tenido el mismo tipo de secreción que las del grupo 3, pues se ha demostrado que el cuerpo lúteo de vida corta es típico en la transición del estado acíclico al cíclico como sucede en la pubertad y en el primer estro del posparto (Garverick *et al.*, 1992), aunado al hecho de que ninguna haya quedado gestante y que la posibilidad de que las tres novillas del grupo 3 hayan tenido ciclos de 17 días puede ser muy reducida, podría indicar que pueden ser cuerpos lúteos de vida corta, pero

no tanto como lo que se ha reportado, pues la etiología de un cuerpo lúteo de vida corta aún no es del todo clara (Hernández, 1997). Independientemente de ello, el hecho importante es que la respuesta del grupo 3 no fue significativamente diferente que la del testigo (21 vs. 5 %) ($P > 0.05$), cosa que no sucedió con el grupo 2 (5 vs. 59 %) ($P < 0.05$). En cuanto a que no se hayan comprobado diferencias en las concentraciones de progesterona entre las novillas de los grupos 1,2 (CLVN) y 3,4 (CLVC) ($P > 0.05$), se ha demostrado que los cuerpos lúteos de vida corta tienen las mismas características morfofisiológicas que los que son de vida normal; tanto el número de receptores para LH y PGF $_{2\alpha}$, como la proporción y capacidad esteroidogénica de las células grandes y chicas (Braden *et al.*, 1989a,b).

Así, el presente estudio demuestra que es posible inducir el estro fértil en el tipo de novillas tratadas, por lo que es factible fertilizarlas para hacerlas concebir y parir más tempranamente. Como se había comentado previamente, el promedio de edad de las novillas al inicio del tratamiento era de 27.5 meses, por consiguiente, si se suman los 9 meses de gestación en las novillas que lograron concebir, se obtiene una edad aproximada al primer parto de 36.5 meses, y si bien se ha estimado la edad promedio al primer parto en el trópico mexicano en 34.7 meses (Anta *et al.*, 1989), particularmente en la zona de estudio, el golfo mexicano, este parámetro ha sido estimado en 49.2 meses (Villa-Godoy, 1994), lo que hace pensar que en esta zona la problemática es aún más profunda que en otras, lo que posiblemente sea la causa de que el valor nacional se incremente, situándose en los 34.7 meses. Por lo que al ser posible inducir el estro fértil en esta zona, lo que implicaría gestar a las novillas más tempranamente (en el caso de las que lograron concebir; 12.7 meses más temprano: 49.2 - 36.5), el parámetro estimado en la zona se reduciría, y por consiguiente, el nacional.

CONCLUSIONES

Basándose en los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones en las que se llevó a cabo, se puede concluir que:

1. La cantidad de novillas con peso y condición corporal óptimos para recibir el primer servicio (>310 Kg y ≥ 4 , respectivamente) y que a pesar de ello se mantienen en estado acíclico, es reducido en relación al número total de novillas, sin embargo representan la mayoría de los animales vacíos.
2. El nivel tecnológico de los ranchos, evaluado bajo el sistema aquí empleado, no tiene un efecto en el porcentaje, edad y condición corporal de las novillas de los diferentes estados reproductivos.
3. No existe diferencia en la condición corporal entre las novillas acíclicas y ciclando.
4. Es posible inducir el estro fértil mediante el tratamiento combinado de progestágenos y eCG, por lo que es factible fertilizarlas, haciéndolas concebir y parir más tempranamente, reduciéndose con ello, la edad promedio al primer parto.
5. El período de permanencia del implante con 6 mg de norgestomet y la aplicación de 50 mg de progesterona al momento de insertar el implante, no tiene un efecto en la actividad folicular en el tipo de novillas tratadas.
6. El efecto de la aplicación de la eCG, para incrementar el porcentaje de gestación (y de inducción en el presente estudio), no es directamente sobre el índice de crecimiento folicular, al menos no en las hembras que poseen un folículo dominante al momento de la aplicación.
7. La ovulación inducida por el tratamiento de progestágenos con y sin eCG, es seguida por la formación de cuerpos lúteos normales.

LITERATURA CITADA

1. Acosta, B., Tarnavsky, G.K., Platt, T.E., Hamernik, D.L., Brown, J.L., Schoenemann and Reeves, J.J.: Nursing enhances the negative effect of strogen on LH release in the cow. *J. Anim. Sci.* 57:1530 (1983).
2. Adams, G.P., Evans, A.C.O. and Rawlings, N.C.: Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. *J. Reprod. Fertil.* 100:27-33 (1994).
3. Allen, W.R. and Moor, R.M.: The origin of the equine endometrial cups: I. Production of PMSG by fetal trophoblast cells. *J. Reprod. Fertil.* 29:313-316 (1972).
4. Anta, E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet. Mex.*: 20 (1989).
5. Apgar, J., Aspros, D., Hixon, J.E., Saatman, R.R. and Hansel, W.: Effect of restricted feed intake on the sensivity of the bovine corpus luteum to LH in vitro. *J. Anim. Sci.* 41:1120-1123 (1975).
6. Arije, G.F. and Wiltbank, J.N.: Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 33:401 (1971).
7. Arije, G.F. and Wiltbank, J.N.: Prediction of age and weight at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 38:803 (1974).
8. Barnes, M.A., Kazmer, G.W. and Bierly, S.T.: Gonadotropic and ovarian hormone response in dairy cows treated with Norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 16:13-25 (1981).
9. Barrientos, M.M.: Evaluación del efecto de dispositivos vaginales que contienen progesterona natural de liberación prolongada (CIDR) y benzoato de estradiol, sobre la fertilidad y actividad ovárica en ganado bovino, bajo las condiciones del trópico húmedo mexicano. Tesis de maestría. *Fac. de Med. Vet. y Zool. UNAM* (1999).
10. Beal, W.E., Short, R.E., Staigmiller, R.B., Bellows, R.A., Kaltenbach, C.C. and Dunn, T.G.: Influence of dietary energy intake on bovine pituitary and luteal function. *J. Anim. Sci.* 46:181-188 (1978).
11. Beal, W.E., Good, G.A. and Peterson, L.A.: Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with Syncromate B or Norgestomet and Alfaprostenol. *Theriogenology* 22:59 (1984).
12. Berardinelli, J.G., Dailey, R.A., Butcher, R.L. and Inskeep, E.K.: Source of progesterone prior to puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 49:1276-1280 (1979).

13. Berardinelli, J.G. and Fernández, D.L.: Acute and chronic changes in LH secretion in postpartum first-calf suckled beef cows exposed continuously or intermittently to bulls. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl.):365 (1994).
14. Bergfeld, E.G.M., Kojima, F.N., Cupp, A.S., Wehrman, M.E., Peters, K.E., Garcia-Winder, M. and Kinder, J.E.: Ovarian follicular and development in prepubertal heifers is influenced by level of dietary energy intake. *Biol. Reprod.* 51:1046-1050 (1994).
15. Boland, M.P., Goulding, D. and Roche, J.F.: Alternative gonadotrophins for superovulation in cattle. *Theriogenology* 35:5-17 (1991).
16. Braden, T.D., King, M.E., Odde, K.G. and Niswender, G.D.: Development of preovulatory follicles expected to form short-lived corpora lutea in beef cows. *J. Reprod. Fertil.* 85:97-104 (1989a).
17. Braden, T.D., Sawyer, H.R. and Niswender, G.D.: Functional and morphological characteristics of the first corpus luteum formed after parturition in ewes. *J. Reprod. Fertil.* 86:525-533 (1989b).
18. Britt, J.H. y Roche, J.F.: Inducción y sincronización de la ovulación. En: Reproducción e inseminación artificial en animales. *Edit. Interamericana*. Pág. 521-534 México, D.F. (1985).
19. Byerley, D.J., Staigmiller, R.B. Berardinelli, J.G. and Short, R.E.: Pregnancy rates of beef heifers breed either on puberal or third estrus. *J. Anim. Sci.* 65:645 (1987).
20. Calderón R, R.C., Villa-Godoy, A., Zapata S, L.E. y Lagunes L, J.: Actividad ovárica en becerras Sulzo Pardo y Cebú en clima tropical Af (c). II. Frecuencia de las evaluaciones transitorias de progesterona y su origen en becerras prepúberes. *Memoria de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Jalisco, México. Pág. 161 (1993).
21. Cameron, A.W.N. and Batt, P.A.: PMSG may directly stimulate ovulation in female goats. *Anim. Reprod. Sci.* 25:233-239 (1991).
22. Canfield, R.W. and Butler, W.R.: Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69:740-746 (1991).
23. Cardinalli, D.P., Vacas, M.I. and Boyer, E.E.: Specific binding of melatonin in bovine brain. *Endocrinology* 124:437(1979).
24. Carrik, M.J. and Shelton, J.N.: The synchronization of oestrus in cattle with progestagen-impregnated intravaginal sponges. *J. Reprod. Fertil.* 14:21-32 (1967).
25. Carstairs, J.A., Morrow, D.A. and Emery, R.S.: Postpartum reproduction of dairy cows as influenced by energy and phosphorus status. *J. Anim. Sci.* 51:1122-1130 (1980).
26. Clanton, D.C., Jones, L.E. and England, M.E.: Effect of rate and time of gain after weaning on development of replacement beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56:280 (1983).

27. Cole, H.H.: Studies on reproduction with emphasis on gonadotropins, antigonadotropins and progonadotropins. *Biol. Reprod.* 12:194-211 (1975).
28. Cole, H., Bigelow, M., Finkel, J. and Rupp, G.: Biological half life of endogenous PMSG following hysterectomy and studies on losses in urine and milk. *Endocrinology* 81:927-930 (1967).
29. Crister, J.K., Miller, K.I., Gunsett, F.C. and Ginther, O.J.: Seasonal LH profile in ovariectomized cattle. *Theriogenology* 19:181 (1983).
30. Day, M.L., Imakawa, K., García-Winder, M., Zalesky, D.D., Schanbacher, B.D., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Endocrine mechanisms of puberty in heifers: Estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.* 31:332-341 (1984).
31. Day, M.L., Imakawa, K., García-Winder, M., Kittok, R.J., Schanbacher, B.D. and Kinder, J.E.: Influence of prepubertal ovariectomy and estradiol replacement therapy on secretion of luteinizing hormone before and after pubertal age in heifers. *Dom. Anim. Endoc.* 3:17-25 (1986a).
32. Day, M.L., Imakawa, K., Zalesky, D.D., Kittok, R.J. and Kinder, J.F.: Effects of restriction of dietary energy intake during the prepuberal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.* 62:1641-1648 (1986b).
33. Day, M.L., Imakawa, K., Wolfe, P.L., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Endocrine mechanisms of puberty in heifers: role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.* 37: 1054-1065 (1987).
34. DeBois, C.H.W. and Bierschwal, C.J.: Estrous cycle synchronization in dairy cattle given a 14-day treatment of melengestrol acetate. *Am. J. Vet. Res.* 31:1545 (1970).
35. De los Santos, V.S.: Manejo reproductivo de la hembra bovina en el trópico. XVIII Simposium de Ganadería Tropical, Reproducción y Forrajes. INIFAP. Veracruz, México. (1994).
36. De los Santos, V.S., González-Padilla, E. y Ruiz, D.R.: Efecto del destete precóz y de implantes del progestágeno SC21009 en la inducción del estro en vacas cruzadas de Cebú en malas condiciones físicas. *Téc. Pec. Méx.* 36:21-27 (1979a).
37. De los Santos, V.S., Taboada, S.J., Montaña, B.M., González-Padilla, E. y Ruiz, D.R.: Efecto de la lactación controlada y tratamientos con hormonas esteroides en la inducción y sincronización del estro en vacas encastadas de Cebú. *Téc. Pec. Méx.* 36:9-11 (1979b).
38. Duchens, M.: Influence of suprabasal progesterone on preovulatory follicle development in heifers clinical, endocrinological and morphological studies. Thesis of Master in Science, *Swedish University of Agricultural Science*. Uppsala (1995).
39. Duby, R.T., Browing, T., Carey, D. and Blanck, D.L.: Progesterone synthesis and histology of postpartum bovine corpora lutea. *Theriogenology* 23:619 (1985).

40. Dyer, R.M., Bishop, M.D. and Day, M.L.: Exogenous estradiol reduces inhibition of luteinizing hormone by estradiol in prepubertal heifers. *Biol. Reprod.* 42:755-761 (1990).
41. Ebling, F.J.P., Wood, R.I., Karschs, F.J., Vannerson, L.A., Suttie, J.M., Bucholtz, D.C., Schall, R.E. and Foster, D.L.: Metabolic interfaces between growth and reproduction. III. Central mechanisms controlling pulsatile luteinizing hormone secretion in the nutritionally growth-restricted female lamb. *Endocrinology* 126:2719 (1990).
42. Ferrell, C.L.: Effects of postweaning rate of gain onset of puberty and reproductive performance of heifers of dairy breeds. *J. Anim. Sci.* 55:1272-1283 (1982).
43. Fortune, J.E.: Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: A limiting factor in improvement of fertility?. *Anim. Reprod. Sci.* 33:111-125 (1993).
44. Fortune, J.E., Sirois, J. and Quirk, S.M.: The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. *Theriogenology* 29:95-109 (1988).
45. Fortune, J.E. and Sirois, J.: The use of ultrasonography to study the regulation of follicular development in cattle and horses. In: A. Tsafiri and N. Dekel (Editors), *Follicular Development and the Ovulatory Response*. Ares-Serono Symposia, Roma, *Serono Symp. Rev.* 23:11-20 (1989).
46. Foster, D.L. and Ryan, K.D.: Endocrine mechanism governing transition in to adulthood: a marked decrease in inhibitory feedback action of estradiol on tonic secretion of luteinizing hormone in the lamb during puberty. *Endocrinology* 105:896-904 (1979).
47. Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the Tropics. Part. 1. Puberty and ageand first calving. *Anim. Breed. Abs.* 57:583-590 (1989).
48. Garcia-Winder, M., Lewis, P.E., Deaver, D.R., Smith, V.G., Lewis, G.S. and Inskip, E.K.: Endocrine profiles associated with lifespan of induced corpora lutea in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 62:1353-1362 (1986).
49. Garverick, H.A., Parfet, J.R., Lee, C.N., Copelin, J.P., Youngquist, R.S. and Smith, M.F.: Relationship of pre- and postovulatory gonadotropin concentrations to subnormal luteal function in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 66:101-111 (1988).
50. Garverick, H.A., Zollers, W.G. and Smith, M.F.: Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Anim. Reprod. Sci.* 28:111-124 (1992).
51. Ginther, O.J.: *Ultrasonic Imaging and animal reproduction: Cattle (Book 3)*. Equiservices Publishing, U.S.A. (1998).
52. Ginther, O.J., Knopf, L. and Kastelic, J.P.: Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrus cycles with two and three follicular waves. *J. Reprod. Fertil.* 87:223-230 (1989a).

53. Ginther, O.J., Knopf, L. and Kastelic, J.P.: Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. *Biol. Reprod.* 41:247-254 (1989b).
54. Gonzalez-Padilla, E., Wiltbank, J.N. and Niswender, G.D.: Puberty in beef heifers. I. The interrelationships between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones. *J. Anim. Sci.* 40:1091-1104 (1975a).
55. Gonzalez-Padilla, E., Ruiz, R., LeFever, D., Denham, A. and Wiltbak, J.N.: Puberty in beef heifers. III. Induction of fertile estrus. *J. Anim. Sci.* 40:1110-1118 (1975b).
56. Grass, J.A., Hansen, P.J., Rutledge, J.J. and Hauser, E.R.: Genotype x environmental interactions on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. *J. Anim. Sci.* 55:1441-1456 (1982).
57. Guiltbault, L.A., Grasso, F., Lussier, J.G., Rouillier, P. and Matton, P.: Decreased superovulatory responses in heifers superovulated in the presence of a dominant follicle. *J. Reprod. Fertil.* 91:81-89 (1991).
58. Gutierrez, C., Galina, C.S., Zarco, L. and Rubio, I.: Patterns of follicular growth during prepuberal anestrous and transition from anestrous to oestrus cycles in *Bos indicus* heifers. *Adv. Agric. Res.* Vol. 3 Num. 3:001-011 (1994)
59. Hafez, E.S.E.: Fisiology of Reproduction: Reproductive cycles. En: *Reproduction in farm animals*, edit. LEA & FEBIGER, 5th Edition. P. 315. Philadelphia, U.S.A. (1987).
60. Hahn, J.: Attempts to explain and reduce variability of superovulation. *Theriogenology* 38:269-275 (1992).
61. Hamernik, D.L., Crowder, M.E., Nilson, J.H. and Nett, T.M.: Measurement of messenger ribonucleic acid for luteinizing hormone beta, alpha subunit, growth hormone and prolactin after hypothalamic pituitary disconnection in ovariectomized ewes. *Endocrinology* 119:2704-2710 (1986).
62. Hansen, P.J., Kamwanja, L.A. and Hauser, E.R.: Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J. Anim. Sci.* 57:985-992 (1983).
63. Hernández, C.J.: Control de la longitud de la fase lútea en la oveja mediante la administración de líquido folicular equino libre de esteroides. Tesis de doctorado. *Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM.* México, D.F. (1996).
64. Hernández, C.J.: Cuerpos lúteos de vida corta en la vaca: desarrollo, causas y efecto sobre la fertilidad. Memoria del séptimo curso internacional de reproducción bovina. *AIBIR.* México, D.F: Págs. 271-278 (1997).
65. Humphrey, W.D., Murphy, B.D., Rieger, D., Mapletoff, R.J., Manns, J.G. and Fretz, P.B.: Effects of FSH:LH ratio of PMSG on ovulatory responses. *Theriogenology* 11:101 (1979).

66. Hunter, M.G., Southee, J.A., McLeod, B.J. and Haresing, W.: Progesterone pretreatment has a direct effect on GnRH-induced preovulatory follicles to determine their ability to develop into normal corpora lutea in anestrus ewes. *J. Reprod. Fertil.* 76:349-363 (1986).
67. Hunter, M.G., Ayad, V.J., Gilbert, C.L., Southee, J.A. and Wathes, D.C.: Role of prostaglandin F_{2α} and oxytocin in the regression of GnRH-induced abnormal corpora lutea in anoestrous ewes. *J. Reprod. Fertil.* 85:551-561 (1989).
68. Imakawa, K., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: The influence of dietary energy intake on progesterone concentration in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56:458-459 (1983).
69. Imakawa, K., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Luteinizing hormone secretion after with-drawal of exogenous progestagen in heifers fed three levels of dietary energy. *J. Anim. Sci.* 58:151-158 (1984).
70. Imakawa, K., Day, M.L., Zalesky, D.D., Garcia-Winder, M., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Influence of dietary-induced weight change on serum luteinizing hormone, estrogen and progesterone in the bovine female. *Biol. Reprod.* 35:377 (1986).
71. Inskip, E.K., Braden, T.D., Lewis, P.E., Garcia-Winder, M. and Niswender, G.D.: Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biol. Reprod.* 3:587-591 (1988).
72. Ireland, J.J. and Roche, J.F.: Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 64:295-302 (1982).
73. Izard, M.K. and Vandenberg, J.G.: The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. *J. Anim. Sci.* 55:1160-1167 (1982).
74. Jainudeen, M.R. and Hafez, E.S.E.: Reproductive cycles: Cattle and water buffalo. En: *Reproduction in farm animals, edit. LEA & FEBIGER, 5th Edition.* P. 315. Philadelphia, U.S.A. (1987).
75. Kastelic, J.P. and Ginther, O.J.: Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. *Anim. Reprod. Sci.* 26:13-24 (1991).
76. Kazmer, G.W., Barnes, M.A. and Halman, R.D.: Endogenous hormone response and fertility in dairy heifers treated with Norgestomet and estradiol valerate. *J. Anim. Sci.* 53:1333-1340 (1981).
77. Keisler, D.H., Inskip, E.K. and Dailey, E.: First luteal tissue in ewe lambs: influence on subsequent ovarian activity and response to hysterectomy. *J. Anim. Sci.* 57:150-156 (1983).
78. Kesler, D.J., Weston, P.J., Pimental, C.A., Toxler, T.R., Vincent, D.L. and Hixon, J.E.: Disminution of the in vitro response to luteinizing hormone by corpora lutea induced by

gonadotropin releasing hormone treatment of postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 53:749 (1981).

79. Kinder, J.E., Day, M.L. and Kittok, R.J.: Endocrine regulation of puberty in cows and ewes. *J. Reprod. Fertil.* 34(Suppl.):167-186 (1987).

80. Kinder, J.E., Bergfeld, E.G.M., Wehrman, M.E., Peter, K.E. and Kojima, F.N.: Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J. Reprod. Fertil.* 49(Suppl.):393-407 (1995).

81. King, G.J. and McLeod, G.K.: Reproductive function in beef cows calving in the spring or fall. *Anim. Reprod. Sci.* 6:255 (1994).

82. Knopf, L., Kastelic, J.P., Schallenberger, E. and Ginther, O.J.: Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Dom. Anim. Endocr.* 6:111-119 (1989).

83. Knox, J.W., Rablo, J.I., Oakes, J.Y. and Vincent, C.K.: Progestin injections and ear implants for control of estrus in cattle. *J. Anim. Sci.* (Abstr.). 34:351 (1972).

84. Koppel, R.F., Ruiz, D.R., Hernández, I.J., Villa, G.A. y González-Padilla, E.: Manejo del estro en vaquillas cebú con SC21009 y fertilidad a la inseminación artificial sistemática. Memorias de la VII Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA. Panamá, Panamá (1979).

85. Lamothe, Z.C.: Reproductive performance of Zebu cattle in México. Thesis of Master in Science. *Swedish University of Agricultural Science*. Uppsala. (1990).

86. Larson, R.L. and Kirakofe, G.H.: Estrus after treatment with syncro-mate B in ovariectomized heifers is dependent on the injected estradiol valerate. *Theriogenology* 44:177-187 (1995).

87. Laster, D.B., Smith, G.M., Cundiff, L.V. and Gregory, K.E.: Characterization of biological types of cattle (cycle II). II. Postweaning growth and puberty of heifers. *J. Anim. Sci.* 48:500-508 (1979).

88. Lavior, M. and Fortune, J.E.: Follicular dynamics in heifers after injection of PGF₂α during the first wave of follicular development. *Theriogenology* 33:270 (1990).

89. Legan, S.J., l'Anson, H., Fitzgerald, B.P. and Akaydin, M.S.: Importance of short luteal phases in the endocrine mechanism controlling initiation of estrous cycles in anestrus ewes. *Endocrinology* 112:1530-1536 (1985).

90. Lesmeister, J.L., Burfening, P.J. and Blackwell, R.L.: Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J. Anim. Sci.* 36:1-6 (1973).

91. Little, W., Mallison, C.B., Gibbons, D.M. and Rowlands, G.J.: Effects of plane of nutrition and season of birth on the age and body weight at puberty of British Friesian heifers. *Anim. Prod.* 33:273 (1981).

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

92. Lucy, M.C., Staples, C.R., Michel, F.M. Thatcher, W.W., and Bolt, D.J.: Effects of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F₂ α luteinizing hormone, and follicular growth. *J. Dairy Sci.* 74:483-489 (1991).
93. Lussier, J.G., Matton, P. and Dufor, J.J.: Growth rates of follicles in the bovine ovary. *J. Reprod. Fertil.* 81:301-307 (1987).
94. Macmillan, K.L., Taufa, V.K., Barnes, D.R. and Day, A.M.: Plasma progesterone concentrations in heifers and cows treated with a new intravaginal device. *Anim. Reprod. Sci.* 26:25-40 (1991).
95. Macmillan, K.L. and Peterson, A.J.: A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of postpartum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:1-25 (1993).
96. Macmillan, K.L. and Burke, C.R.: Effects of oestrous cycle control on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.* 42:307-320 (1996).
97. Madalena, F.E., Teodoro, R.L., Lemos, A.M., Monteiro, J.B.N. and Barbosa, R.T.: Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. *J. Dairy Sci.* 13:1887 (1990).
98. Manns, J.G., Humphrey, W.D., Flood, P.F., Mapletoft, R.J., Rawlings, N. and Cheng, K.W.: Endocrine profiles and functional characteristics of corpora lutea following onset of postpartum ovarian activity in beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 63:331 (1983).
99. Martin, L.C., Brinks, J.S., Bourdon, R.M. and Cundiff, L.V.: Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70:4006-4017 (1992).
100. McDonald, L.E.: Endocrinología veterinaria y reproducción. Ed. Interamericana-McGraw-Hill (1991).
101. McGuire, W.J., Larson, R.L., Kiracofe, G.H.: Syncro-Mate B induced estrus in ovariectomized cows and heifers. *Theriogenology* 34:33-37 (1990).
102. McLeod, B.J., Peters, A.R., Haresign, W. and Lamming, G.E.: Plasma LH and FSH responses and ovarian activity in prepubertal heifers treated with repeated injections of low doses of GnRH for 72 h. *J. Reprod. Fertil.* 74:589-596 (1985).
103. Miksch, F.D., LeFever, D.G., Mukembo, G., Spitzer, J.C. and Willbank, J.N.: Synchronization of estrus in beef cattle. II. Effect of an injection of Norgestomet and an estrogen in conjunction with a Norgestomet implant in heifers and cows. *Theriogenology* 10:201-221 (1978).
104. Moran, C., Quirke, J.F. and Roche, J.F.: Puberty in heifers: a Review. *Anim. Reprod. Sci.* 18:167-182 (1989).

105. Murphy, B.D. y Pescador, N.: Control de la foliculogénesis bovina por factores endócrinos y parácrinos. Séptimo curso internacional de reproducción bovina. *AIBIR* (1997).
106. Nelsen, T.C., Short, R.E., Phelps, D.A. and Staigmiller, R.B.: Nonpuberal estrus and mature cow influences on growth and puberty in heifers. *J. Anim. Sci.* 61:470-473 (1985).
107. Odde, K.G.: A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68:817-830 (1990).
108. Odde, K.G., Ward, H.S., Kiracofe, G.H., McKee, R.M. and Kittok, R.J.: Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cows. *Theriogenology* 14:105 (1980).
109. Oxenreider, S.L. and Wagner, W.C.: Effect of lactation and energy intake on postpartum ovarian activity in the cow. *J. Anim. Sci.* 33:1026-1031 (1971).
110. Peña, R.C.: Evaluación de fincas ganaderas del trópico con diferente nivel tecnológico en suplementación alimentaria, producción láctea, condición corporal y la relación de éstas con la actividad ovárica posparto de vacas mestizas en época de secas. Tesis de Maestría. *Fac. de Med. Vet. y Zool. UNAM, México, D.F.* (1993).
111. Peter, A.T., Bosu, W.K., Liptrap, R.M. and Cummings, E.: Temporal changes in serum prostaglandin $F2\alpha$ and oxytocin in dairy cows with short luteal phases after the first postpartum ovulation. *Theriogenology* 32:277-284 (1989).
112. Pierson, R.A. and Ginther, O.J.: Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 29:95-109 (1989).
113. Porras, A.A.: Control del estro en ganado *Bos indicus* en condiciones tropicales: Efecto de la utilización de Norgestomet combinado con estrógenos. Tesis de Maestría. *Fac. de Med. Vet. y Zool. UNAM, México, D.F.* (1990).
114. Porras, A.A. y Galina, C.S.: Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet. Méx.* 23: 31-36 (1992).
115. Quirk, S.M., Hickey, G.J. and Fortune, J.E.: Growth and regression of ovarian follicles during the follicular phase of the oestrus cycle in heifers undergoing spontaneous and $PGF2\alpha$ -induced luteolysis. *J. Reprod. Fertil.* 77:211-219 (1986).
116. Quirke, J.F., Stabenfeldt, G.H. and Bradford, G.E.: Onset of puberty and duration of the breeding season in Suffolk, Rambouillet, Finnish Landrace, Dorset and Finn-Dorset ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 60:1463-1471 (1985).
117. Ramirez, D.V. and McCann, S.M.: Comparison of the regulation of luteinizing hormone (LH) secretion in immature and adults rats. *Endocrinology* 72:452-464 (1963).

118. Ramirez-Godinez, J.A., Kiracofe, G.H., Carnahan, D.L., Spire, M.F., Beeman, K.B., Stevenson, J.S. and Shillers, R.R.: Evidence for ovulation and fertilization in beef cows with short estrous cycles. *Theriogenology* 17:409 (1982a).
119. Ramirez-Godinez, J.A., Kiracofe, G.H., Shillers, R.R. and Niswender, G.D.: Endocrine patterns in the postpartum beef cow associated with weaning: A comparison of the short and subsequent normal cycles. *J. Anim. Sci.* 55:153-158 (1982b).
120. Randel, R.D., Callhan, C.J., Erb, R.E., Gaverick, H.A. and Brown, B.L.: Effect of melengestrol acetate on plasma progesterone, luteinizing hormone and total corticoids in dairy heifers. *J. Reprod. Sci.* 35:389 (1972).
121. Rasby, R.J., Wettemann, R.P., Harms, P.G., Lusby, K.S. and Wagner, J.J.: GnRH in the infundibular stalk-median eminence is related to percentage body fat in carcasses of beef cows. *Dom. Anim. Endocr.* 9:71-76 (1992).
122. Reeves, J.J.: *Fisiology of Reproduction: Endocrinology of Reproduction*. En: reproduction in farms animals. *Edit. LEA & FEBIGER*, 5th edition p. 86 Philadelphia, U.S.A. (1987).
123. Richards, M.W., Wetteman, R.P. and Schoenemann, H.M.: Nutritional anestrus in beef cows: Body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:525 (1989).
124. Roberson, M.S., Ansotegui, R.P., Berardinalli, J.G., Whitman, R.W. and McInemey, M.J.: Influence of biostimulation by mature bulls on occurrence of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 64:1601-1605 (1987).
125. Roberson, M.S., Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Cupp, A.S., Werth, L.A., Kojima, N., Wolfe, P.L., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 69:2092-2098 (1991).
126. Roberson, M.S., Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Hamernik, D.L., Cupp, A.S., Werth, L.A., Kojima, N., Kittok, R.J., Grotjan, H.T. and Kinder, J.E.: Steady-state amount of α - and luteinizing hormone (LH) β - subunit messenger ribonucleic acids are uncoupled from pulsatility of LH secretion during sexual maturation of the heifer. *Biol. Reprod.* 46:435-441 (1992).
127. Roche, J.F.: Control of oestrus in cattle. *Wld. Rev. Anim. Prod.* 14:49-56 (1979).
128. Roche, J.F. and Gosling, J.P.: Control of estrus and progesterone levels in heifers given intravaginal progesterone coils and injections of progesterone and estrogen. *J. Anim. Sci.* 44:1026-1029 (1977).
129. Roche, J.F., Crowe, M.A. and Boland, M.P.: Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28:371-378 (1992).

130. Román, P.H., Hernández, L. y Castillo, R.: Comportamiento reproductivo del ganado lechero en clima tropical. I. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. *Tec. Pec. Mex.* 42:21 (1983).
131. Roy, J.H., Gillies, C.M., Perfitt, M.W. and Stobo, I.J.: Effect of season of the year and phase of the moon on puberty and on the occurrence of oestrus and conception in dairy heifers reared on high planes of nutrition. *Anim. Prod.* 31:13-26 (1980).
132. Rutter, L.M. and Randel, R.D.: Luteal competency during the resumption of ovarian cyclicity in postpartum Brahman cows.(1984).
133. Sanchez, T., Wehrman, M.E., Kojima, F.N., Cupp, A.S., Bergfeld, E.G., Peters, K.E., Mariscal-Aguayo, V., Kittock, R.J. and Kinder, J.E.: Dosage of the synthetic progestin, norgestomet, influences LH pulse frequency and endogenous secretion of 17β -estradiol in heifers. *Biol. Reprod.* 51:464-469 (1995).
134. SAS. SAS User Guide: Statistics. Cary, NC: *Statistical Analysis System Institute, Inc.* (1985).
135. Savio, J.D., Keenan, L., Boland, M.P. and Roche, J.F.: Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers. *J. Reprod. Fertil.* 83:663-671 (1988).
136. Savio, J.D., Boland, M.P., Hynes, N. and Roche, J.F.: Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 88:569-579 (1990).
137. Schams, D., Schallenberg, E., Gombe, S. and Karg, H.: Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *J. Reprod. Fertil.* 30(Suppl.):103-110 (1981).
138. Schillo, K.K., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R.: Regulation of luteinizing hormone secretion in prepubertal heifers: increased threshold to negative feedback of estradiol. *J. Anim. Sci.* 54:325-336 (1982).
139. Schillo, K.K., Hansen, P.J., Kamwanja, L.A., Dierschke, D.J. and Hauser, E.R.: Influence of season on sexual development in heifers: age at puberty as related to growth and serum concentrations of gonadotropins, prolactin, thyroxine and progesterone. *Biol. Reprod.* 28:329-341 (1983).
140. Schillo, K.K., Hall, J.B. and Hileman, S.M.: Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:3994-4005 (1992).
141. Schrick, F.N., Spitzer, J.C., Jenkins, T.C., Henricns, D.M. and Althen, T.G.: Effect of dietary energy restriction on metabolic and endocrine responses during the estrous cycle of the suckled beef cow. *J. Anim. Sci.* 68:3313-3321 (1990).
142. Shimizu, H., Toyoda, Y., Takeochi, S., Kawai, T. and Ada-chi, S.: Synchronization of oestrus and subsequent fertility of beef cattle following the intravaginal administration of gestagen. *J. Reprod. Fertil.* 13:555-558 (1967).

143. Short, R.E. and Bellows, R.A.: Relationships among weight at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Anim. Sci.* 32:127-131 (1971).
144. Short, R.E., Randel, R.D., Staigmiller, R.B. and Bellows, R.A.: Factors affecting reproduction in the postpartum cow. *J. Anim. Sci.* 39:226 (Abstr.) (1974).
145. Short, R.E., Bellows, R.A., Carr, J.B., Staigmiller, R.B. and Randel, R.D.: Induced or synchronized puberty in heifers. *J. Anim. Sci.* 43:1251-1258 (1976).
146. Short, R.E. and Adams, D.C.: Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *J. Anim. Sci.* 68:29-39 (1988).
147. Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G. and Custer, E.E.: Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816 (1990).
148. Shotton, S.M., Roy, J.H. and Pope, G.S.: Plasma progesterone concentrations from before puberty to after parturition in British Friesian heifers reared on high planes of nutrition and inseminated at their first oestrus. *Anim. Prod.* 27:89-98 (1978).
149. Silvia, W.J., Lewis, G.S., McCracken, J.A., Thatcher, W.W. and Wilson, L.: Hormonal regulation of uterine secretion of prostaglandin F₂ α during luteolysis in ruminants. *Biol. Reprod.* 45:655-663 (1991).
150. Sirois, J. and Fortune, J.E.: Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317 (1988).
151. Sirois, J. and Fortune, J.E.: Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 127:916-925 (1990).
152. Smith, M.F., Burrell, W.C., Shipp, L.D., Sprott, L.R., Songster, W.N. and Wiltbanck, J.N.: Hormone treatments and use of calf removal in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 48:1285-1294 (1979).
153. Smith, M.F., Lishman, A.W., Lewis, G.S., Harms, P.G., Ellersieck, M.R., Inskip, E.K., Wiltbanck, J.N. and Hmoss, M.S.: Pituitary and ovarian responses to gonadotropin releasing hormone, calf removal and progestagen in anestrus beef cows. *J. Anim. Sci.* 57:418-424 (1983).
154. Southee, J.A., Hunter, M.G., Law, A.S. and Haresing, W.: Effect of hysterectomy on the short life cycle corpus luteum produced after GnRH-induced ovulation in the anoestrous ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:149-155 (1988).
155. Spicer, L.J. and Echtenkamp, S.E.: Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 62:428-451 (1986).

156. Spicer, L.J., Tucker, W.B. and Adams, G.D.: Insulin-like growth factor-1 in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 73:929-937 (1990).
157. Spitzer, J.C., Jones, D.L., Miksch, F.D. and Whitman, R.W.: Synchronization of estrus in beef cattle: III: Field trials in heifers using a Norgestomet implant and injections of Norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 10:223-229 (1978).
158. Srikandakumar, A., Ingranham, R.A., Ellsworth, M., Archbald, L.F., Liao, A. and Godke, R.A.: Comparison of solid-phase, no extraction radioimmunoassay for progesterone with an extraction assay for monitoring luteal function in the mare, bitch and cow. *Theriogenology* 26:779-793 (1986).
159. Staigmiller, R.B., England, B.G., Webb, R., Short, R.E. and Bellows, R.A.: Estrogen secretion and gonadotropin binding by individual bovine follicles during estrus. *J. Anim. Sci.* 55:1473-1482 (1982).
160. Stumpf, T.T., Roberson, M.F., Wolfe, M.W., Zalesky, D.D., Cupp, A.S., Werth, L.A., Kojima, N., Hejl, K., Kittok, R.J., Grotjan, H.E. and Kinder, J.E.: A similar distribution of gonadotropin isohormones is maintained in the pituitary throughout sexual maturation in the heifers. *Biol. Reprod.* 46: 442-450 (1992).
161. Tortonese, D.J. and Inskeep, E.K.: Effects of melatonin treatment on the attainment of puberty in heifers. *J. Anim. Sci.* 70:2822-2827 (1992).
162. Troxel, T.R. and Kesler, D.J.: Ability of indomethacin to alter prostaglandin metabolite concentration and to enhance function of induced corpora lutea in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 59:177-181 (1984).
163. Turzillo, A.M. and Fortune, J.E.: Suppression of the secondary FSH surge with bovine follicular fluid is associated with delayed ovarian follicular development in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 89:643-653 (1990).
164. Ungerfeld, R.: Gonadotropina corionica equina: Caracterización y utilización. Center for reproductive Biology. *Swedish University of Agricultural Science*. Report. 15 Uppsala (1998).
165. Villa-Godoy, A. y González, D.J.: Factores técnicos que limitan la productividad del ganado de doble propósito en los trópicos. *Memoria de la III Reunión Anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Veracruz*. Veracruz, México (1990).
166. Villa-Godoy, A.: Problemas reproductivos en ganado de doble propósito mantenido en el trópico húmedo: soluciones generadas a través de la investigación. XVIII Simposium de Ganadería Tropical: Reproducción y Forrajes, *INIFAP*. Veracruz, México. Págs. 37-56 (1994).
167. Vizcarra, J.A., Wetteman, R.P., Lusby, K.S., Selk, G.E. and Yelich, J.V.: Body condition score is a precise tool to evaluate beef cows. *Anim. Sci. Research Report*. O.S.U. (1995).

168. Whisnant, C.S., Kiser, T.E.W. and Thompson, F.N.: Effect of calf removal on serum luteinizing hormone and cortisol concentrations in postpartum cows. *Theriogenology* 24:119 (1985).
169. Wishart, D.F.: Identification of steroids of high activity for control of the oestrus cycle in the dairy heifers. *J. Reprod. Fertil.* 30:333-334 (1972).
170. Wishart, D.F. and Young, M.I.: Artificial insemination of progestin (SC21009) treated cattle at predetermined times. *Vet. Rec.* 95:503 (1974).
171. White, L.M., Keisler, D.H., Dailey, R.A. and Inskeep, E.K.: Characterization of ovine follicles destined to form subfunctional corpora lutea. *J. Anim. Sci.* 65:1595-1601 (1987).
172. Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Roberson, M.S., Wolfe, P.L., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Estradiol influences on pattern of gonadotropin secretion in bovine males during the period of changed responses to estradiol feedback in age-matched females. *Biol. Reprod.* 41:626-634 (1989).
173. Yelich, J.V., Wettemann, R.P., Marston, T.T. and Spicer, L.J.: Luteinizing hormone, Growth hormone, Insuline-like growth factor-1, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. *Dom. Anim. Endoc.* 13:325-338 (1996).
174. Zarco, Q.L., Stabenfeldt, G.H., Quirke, J.F., Kindahl, H. And Bradford, G.E.: Release of prostaglandin F₂ α and the timing of events associated with luteolysis in ewes with oestrous cycles of different lengths. *J. Reprod. Fertil.* 83:517-526 (1988).
175. Zollers, W.G., Garverick, H.A. and Smith, M.F.: Oxytocin-induced release of prostaglandin F₂ α in postpartum beef cows: comparison of short versus normal luteal phases. *Biol. Reprod.* 41:262-267 (1989).

ANEXO

Conceptos evaluados y puntuación utilizada para medir el nivel tecnológico de los ranchos.

CONCEPTO / ESCALA	0	1	2	3
A) El productor.				
1 Escolaridad.		Básica	Técnica	Profesional
2 Capacitación.	Nunca	Una vez	Algunas Veces	Regularmente
B) Nutrición.				
3 Tipo de pastos.		Nativo	Nativo/Introd.	Introducido
4 No. de potreros.		1-3	4-8	más de 8
5 Sistema de pastoreo.		Continuo	Rotacional	
6 Control de Malezas.		Ocasional	± Regular	Rutinario
7 Suplementación.	No da	Sólo a VP*	A VP y HD**	
8 Suplem. Mineral.	No da	Sí da		
C) Reproducción.				
9 Tipo de servicio.		Monta directa	Insem. artificial	
10 Diag de gest. por PR***	No hace	Sí hace		
11 Presencia de registros	No llevan	Sólo de nac.	Reg. reprod.	
D) Sanidad				
12 Vacunaciones.		Por prob.	No calend.	Sí calend.
13 Desparasitaciones y vitam.		Por prob.	No calend.	Sí calend.
14 Servicio médico vet.		Ocasional	± Regular	Rutinario
E) Los animales.				
15 Genotipo.		A	B	

*Vacas en producción.

**Hembras en desarrollo.

*** Palpación rectal.

Nota: genotipo A= proporción *Bos indicus* > *Bos taurus* / *Bos indicus*,
genotipo B= proporción *Bos taurus* / *Bos indicus* > *Bos indicus*.