

17.1663  
2  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**



**EFFECTO DE LA EPOCA DEL AÑO SOBRE LA  
REPRODUCCION DE VACAS Y VAQUILLAS  
RECEPTORAS DE EMBRIONES MANTENIDAS  
EN ZONAS SEMIARIDAS**

**T E S I S**

Presentada para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias en el area de

**REPRODUCCION ANIMAL  
P O R**

**LUIS EDUARDO GASTELUM PERALTA**

**ASESOR: Ph. D. Alejandro Villa Godoy**

**Ajuchitlán, Qro.**

**Abril 1994**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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

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

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

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

**DEDICATORIA**

**A Jesusita, Susana y Guadalupe E.  
por su motivación y sacrificio**

**A mi madre y hermanos  
por su apoyo y confianza en mi**

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi mas sincero agradecimiento a mi asesor Dr. Alejandro Villa Godoy, por su guía y disposición durante el desarrollo de este trabajo. Así mismo por su paciencia y enseñanza.

Quiero agradecer al Dr. Moises Montaña su invaluable apoyo en la realización del estudio, pero principalmente por sus enseñanzas.

Mi mas sincera gratitud para el Dr. Antonio Zapien por su apoyo para la realización del presente estudio.

Al Dr. Marcelino Menendez por su apoyo y consejos durante la realización de mis estudios.

Asi mismo quisiera darle las gracias a mis maestros y compañeros de la Mestría por su apoyo, consejos y amistad en los momentos difíciles, los cuales me ayudaron para mantener una actitud positiva.

L. EDUARDO GASTELUM PERALTA

## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
I.-RESUMEN.....	1
II.-INTRODUCCION.....	3
III.-REVISION DE LITERATURA.....	5
Presentación y duración del estro.....	6
Concepción.....	7
Viabilidad y desarrollo embrionario.....	8
Medio uterino.....	9
Concentración de progesteróna al momento del estro...11	
Función del cuerpo lúteo.....11	
IV.-HIPOTESIS.....	14
V.-OBJETIVOS PARTICULARES.....	14
VI.-MATERIAL Y METODOS.....	16
VII.-RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
VIII.-CONCLUSIONES.....	63
IX. LITERATURA CITADA.....	65
APENDICE.....	74

## INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1. Características climáticas promedio de las épocas del año evaluadas (1991).....	17
2. Distribución de animales por edad, raza y época utilizados en la evaluación de las variables relacionadas con estro, gestación y concentración de progesterona.....	18
3. Características de la ración utilizada en el estudio...	20
4. Distribución de animales por edad, raza y época utilizados en la evaluación de las variables relacionadas con duración del ciclo estral y función lútea.....	22
5. Promedios de peso inicial, ganancia de peso y condición corporal en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....	31
6. Promedios de duración e intensidad de estros en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....	34
7. Proporción de vacas y vaquillas productoras de carne detectadas en estro durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....	36

CuadroPágina

8. Porcentajes de gestación obtenidos al transferir embriones frescos o congelados en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....40
9. Porcentaje de gestación y calidad de embriones frescos en vacas y vaquillas durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....42
10. Porcentaje de gestación y calidad de embriones congelados en vacas y vaquillas durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....43
11. Porcentaje de gestación en vacas y vaquillas productoras de carne por calidad del embrión transferido durante el estudio.....44
12. Concentración sérica de progesterona (pg/ml) al momento del estro en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....47
13. Concentración sérica de progesterona (pg/ml) al momento de la transferencia (día 6 ó 7 poestro) de embriones en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....50
14. Duración del ciclo estral y del cuerpo lúteo en vacas y vaquillas productoras de carne durante tres épocas del año en zonas semiáridas.....52

## INDICE DE GRAFICAS

<u>Gráfica</u>	<u>Página</u>
1. Efecto de tres épocas del año sobre el desarrollo del cuerpo lúteo.....	56
2. Efecto de tres épocas del año sobre la regresión del cuerpo lúteo.....	57
3. Pico de progesterona en la fase lútea.....	59
4. Area bajo la curva durante la fase lútea.....	60

## I.- RESUMEN

GASTELUM PERALTA LUIS EDUARDO. 1994. EFECTO DE LA EPOCA DEL AÑO SOBRE LA REPRODUCCION DE VACAS Y VAQUILLAS RECEPTORAS DE EMBRIONES EN ZONAS SEMIARIDAS. ASESOR: VILLA GODOY ALEJANDRO. TESIS, M.C. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN. UNAM.

Se determinó el efecto de tres épocas del año sobre: El comportamiento del estro, porcentaje de gestación, concentración de progesterona (P4) sérica durante el estro (E) y a la transferencia del embrión (TE) e independientemente de época se caracterizó la asociación entre gestación y P4 al E y a la TE en receptoras de embriones frescos y congelados. también se determinó el efecto de época sobre: Duración del ciclo estral y función lútea en vacas y vaquillas ciclando. El estudio se realizó en clima semidesértico Bw(h'). De acuerdo a las temperaturas máximas y mínimas promedio se compararon las épocas: T/T) Temperaturas templadas de día (30 C) y noche (9 C), C/T) Cálidas de día (35 C) y templadas de noche (14 C) y C/Ca) Cálidas de día (34.5 C) y noche (21.9 C). La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en la C/Ca no se produjeron embriones frescos, incluyéndose otro período de muestreo, que correspondió a la subépoca C/Cb (34.3 y 18.8 C día y noche respectivamente). Se utilizaron 125 vacas y 170 vaquillas de las razas Brangus, Charolais y cruzadas. En cada época los animales se sincronizaron con implantes subcutaneos (Sincro mate-B), se observaron estros y se transfirieron a los 6 o 7 días poestro. Se determinó la concentración de P4 al E y a la TE por radioinmunoanálisis. Se realizó un diagnóstico de gestación a los 60 días postransferencia. Para medir la duración del ciclo

estral y función lútea se utilizaron 19 animales distribuidos en las épocas T/T, C/T y C/Ca, a los cuales se determinó la concentración de P4 diariamente, a través de un ciclo estral. Se utilizó un diseño totalmente al azar con arreglo factorial incluyendo los efectos principales de raza, edad y época y las interacciones de primer orden en las variables estro, gestación, P4 al E y P4 a la TE. El porcentaje de animales en estros (88%), la duración (11.8 h) e intensidad (69 montas) del estro, fueron similares entre épocas. El porcentaje de gestación no difirió entre épocas al transferir embriones frescos (29%) y embriones descongelados (16%), no existiendo diferencia entre épocas por tipo de embrión. La P4 al E y a la TE tuvo un comportamiento similar entre animales gestantes y no gestantes, así como entre épocas. La duración en días del ciclo estral (20.3) y del cuerpo lúteo (12.4) no presentaron diferencias en las tres épocas. El desarrollo y la regresión del cuerpo lúteo (CL) tuvieron un comportamiento similar entre épocas. La época C/C influyó en una mayor ( $P < .05$ ) liberación de P4 durante la fase lútea, sin que esto afectara los porcentajes de gestación. Se concluye que la transferencia de embriones puede efectuarse en todas las épocas del año con las mismas posibilidades de éxito en zonas semiáridas.

## II.-INTRODUCCION

La República Mexicana tiene una superficie aproximada de 2 000 000 km<sup>2</sup> caracterizada por una gran diversidad de climas, que van desde las nieves perpetuas hasta las zonas desérticas.

Las regiones árida y semiárida se encuentran principalmente en el norte de México y son las de mayor extensión geográfica, representando un 40% del territorio nacional (INEGI, 1982).

El estado de Sonora está constituido principalmente por la región árida y semiárida. Las condiciones climáticas prevalecientes en esta zona son: de mayo a julio un intenso calor durante el día (38 C) y temperaturas templadas (18.6 C) por la noche (época cálida/templada), mientras que el periodo comprendido entre agosto y septiembre se caracteriza por altas temperaturas durante el día (36 C) y la noche (22.4 C) (época cálida/cálida), con aumento en la humedad relativa del 50-60% por causa de las lluvias. El resto del año las condiciones climáticas son templadas durante el día (26.4 C) y la noche (9 C) (época templada/templada), con una humedad relativa del 30-35% (SARH, 1991).

Los factores citados provocan periodos cortos de buena alimentación del ganado, seguidos de periodos prolongados de escasez de forraje y estacionalidad marcada de partos y destetes (De Alba, 1976).

De acuerdo a las estadísticas oficiales (SPD, 1988) los índices productivos y reproductivos en las regiones áridas del norte del país son bajos, indicando pesos al destete de 150 kg, fertilidad del 60% para las vacas y una edad al primer parto de

vaquillas entre los 3 y 3.5 años.

Entre los factores que más afectan los índices productivos y reproductivos están el escaso volumen de lluvia durante el año y su efecto en la disponibilidad de nutrientes, deficientes prácticas de manejo y probablemente las altas temperaturas durante el verano.

El uso de la técnica de transferencia de embriones ha venido cobrando gran interés dentro de las empresas dedicadas a la producción de animales de alta calidad genética, principalmente al permitir un incremento del número de crias de hembras seleccionadas por su potencial genético (Elsden, 1989). Sin embargo, existe escasa información relacionada con los efectos de las temperaturas altas sobre la sobrevivencia de embriones transferidos a hembras bovinas.

Las temperaturas ambientales altas que ocurren en Sonora durante la época cálida/cálida y cálida/templada, podrían afectar en forma negativa la reproducción del ganado sujeto a transferencia de embriones, sin embargo actualmente no se han definido los efectos de época sobre la eficiencia reproductiva del ganado bovino productor de carne al utilizar dicha técnica.

Los argumentos anteriores condujeron a la planeación de la presente tesis, cuyo objetivo general fue el determinar el efecto de tres épocas del año sobre la reproducción, tanto en receptoras de embriones bovinos, como en vacas y vaquillas ciclando mantenidas en un ambiente semiárido.

### III.-REVISION DE LITERATURA

Hahn (1981) menciona que las condiciones requeridas tanto para la sobrevivencia, como para la obtención de índices óptimos de producción y reproducción del ganado bovino productor de carne, se encuentran dentro del rango de temperatura de 4 y 29 C y una humedad relativa menor al 75%.

El efecto de las temperaturas ambientales altas, tanto en el macho como en la hembra, provocan una disminución de la actividad productiva y reproductiva, debido a un mayor gasto metabólico del animal para disipar el calor y mantener su homeotermia. Con las lluvias aumenta la humedad relativa del ambiente y se incrementa la incomodidad del animal, imponiendo un estrés calórico adicional al reducir la eficiencia de los mecanismos termorreguladores (Thatcher et al., 1990).

En estudios llevados a cabo en regiones tropicales (Thatcher, 1974; Ingraham et al., 1974; Castillo et al., 1983; Villagomez, 1990) y en zonas áridas (Stott et al., 1972; Rosenberg et al., 1977; Wise et al., 1988), han observado que existen épocas del año cuando la fertilidad del ganado se disminuye.

De lo anterior sobresale la importancia de determinar los efectos de época en cada región, donde la actividad ganadera desempeña un papel importante en la producción de alimentos.

Se ha documentado que las temperaturas ambientales altas afectan la fertilidad alterando varias funciones reproductivas.

El uso de semen congelado juega un papel muy importante en

la disminución de la fertilidad por temperaturas ambientales altas. El manejo del semen inmediatamente antes de la inseminación artificial, puede ser más susceptible a sufrir alteraciones durante las épocas cálidas que en las templadas y adicionalmente, los incrementos de temperatura ambiental uterina también pueden afectar a los espermatozoides depositados en el aparato reproductor de las hembras antes de la fertilización (Ulberg y Burfening, 1967).

Los factores relacionados con la contribución de los gametos masculinos en la infertilidad debida a factores climáticos, no intervienen cuando se intenta una gestación mediante la transferencia de embriones. Por lo tanto, la revisión de literatura será enfocada hacia los fenómenos que ocurren en las hembras receptoras de embriones que son expuestas a condiciones de temperaturas elevadas y (o) humedad.

**Presentación y duración del estro:** De acuerdo con varios autores la duración promedio del estro varía de 11 a 21 horas en el ganado Bos taurus (Wiltbank et al., 1957; Vries et al., 1973), mientras que en ganado Bos indicus oscila entre 6.6 y 17 horas (Villacorta, 1966; Villagomez, 1990).

Se ha observado que existe una reducción en la duración del estro durante los meses cálidos de 5 a 10 horas (Wolff y Monty, 1974; Vaugh, 1976; Thatcher, 1990), así como una mayor frecuencia de anestros asociados a temperaturas altas (Labhsetwar et al., 1963; Gaswar et al., 1965). Por consiguiente, las posibilidades de usar hembras bovinas como receptoras, disminuyen durante las

épocas de mayor tensión térmica al no detectar signos de estro.

**Concepción:** Trabajos realizados en cámaras climáticas indican que las altas temperaturas cerca del momento de la inseminación artificial, reducen la fertilidad (Stott y Wiersma, 1972; Gwazdauskas et al., 1973; Putney et al., 1989a).

En condiciones de campo utilizando ganado especializado en producción de leche, se ha observado una reducción en la tasa de concepción durante los meses cálidos del año (Gwazdauskas et al., 1973; Thatcher, 1974; Stott et al., 1973, 1974).

Algunos estudios muestran que el promedio del índice de temperatura-humedad (ITH), durante los dos días que preceden a la inseminación artificial, estuvo relacionado con fallas reproductivas (Ingraham et al., 1974). Otros autores han documentado que temperaturas superiores a 30 C durante los días posteriores (1 ó 2) a la inseminación artificial, disminuyen los porcentajes de gestación hasta en un 10 a 15%, con relación a vacas inseminadas cuando la temperatura ambiental estuvo dentro del rango confortable (Gwazdauskas et al., 1973; Badinga et al., 1985; Wise et al., 1988).

Sin embargo, existe información en Sonora (Gastelum, 1985) con ganado productor de carne, bajo condiciones extensivas y con monta natural, la cual indica que pueden alcanzarse altos porcentajes de gestación durante los meses mas calurosos del año.

Lo anterior, permite especular que temperaturas ambientales relativamente elevadas, durante parte del día con descensos de temperatura como ocurre en condiciones naturales, no afectan la

fertilidad en forma marcada como las condiciones de temperaturas altas constantes de las cámaras climáticas. De cualquier manera, los posibles efectos de época sobre la concepción son irrelevantes cuando se emplea la transferencia de embriones, ya que al seleccionar embriones con características morfológicas que indiquen un desarrollo óptimo, estos se correlacionan con porcentajes de gestación altos.

**Viabilidad y desarrollo embrionario:** Recientemente, las técnicas de superovulación y transferencia de embriones han sido utilizadas para evaluar algunos efectos de las temperaturas altas sobre la viabilidad y desarrollo embrionario (Putney et al., 1988a, 1989; Ryan et al., 1990).

En ganado lechero superovulado sometido a periodos de 10 h de temperaturas altas (42 C) al inicio del estro (Putney et al., 1989) o temperaturas altas durante siete días posteriores al estro (Putney et al., 1988), aumenta el número de óvulos no fertilizados, embriones anormales y (o) embriones con crecimiento retrasado, en comparación a resultados obtenidos con vacas mantenidas en termoneutralidad (24 C).

Por su parte, Monty y Racowsky (1987) cultivando in vitro embriones provenientes de vacas superovuladas, detectaron una menor viabilidad de los embriones colectados en la época de calor, en comparación con aquellos colectados durante la época fría.

Entre la literatura disponible no se encontró información sobre el efecto de la época del año en la fertilidad, al

transferir embriones congelados a vacas receptoras cuando los embriones son obtenidos en condiciones de termoneutralidad y mantenidos en congelación.

La información relacionada con el tema presenta omisiones importantes entre las que destaca el desconocimiento del comportamiento reproductivo de hembras bovinas receptoras de embriones de viabilidad adecuada, frescos o descongelados en condiciones que exceden el límite superior de termoneutralidad.

**Medio uterino:** A pesar de que en esta tesis no se examinarán los efectos de época en el medio uterino de vacas receptoras, a continuación se analiza la información disponible con relación a la posible participación de los cambios del medio uterino, como mecanismo de acción de las temperaturas ambientales altas sobre la fertilidad de las hembras bovinas y la sobrevivencia del embrión.

La temperatura uterina el día de la inseminación artificial, ha sido relacionada negativamente con la tasa de concepción. De tal manera que un incremento de 0.5 C arriba del promedio de la temperatura del útero (38.6 C), disminuyó la tasa de concepción en 12.8% (Gwazdauskas et al., 1973).

Gwazdauskas et al. (1974) relacionó la temperatura del útero y de la arteria aorta abdominal en vacas con la temperatura ambiental, observando que al aumentar la temperatura ambiental se elevaba la temperatura uterina y de la sangre aórtica en un período de seis horas; así mismo, la temperatura del útero aumentó mas que la sangre de la aorta y a un ritmo mayor.

Lo anterior indica que los cambios en la temperatura uterina

y sangre aortica, reflejan alteraciones del flujo sanguineo al útero en vacas mantenidas en tensión térmica.

En otro estudio (Roman, et al., 1978), con vacas lecheras para medir el efecto de las temperaturas altas sobre el flujo sanguineo del útero, se aplicó 17 beta estradiol (200 ug) via intravenosa, observando que el flujo sanguineo se incrementaba en un 17.4% más en vacas mantenidas en sombra, en comparación a vacas bajo tensión térmica (sin sombra).

Estos resultados indican que vacas con temperaturas elevadas, el flujo sanguineo al útero se reduce al aplicar estradiol. La disminución del flujo sanguineo al útero puede afectar la disponibilidad de nutrientes, agua, electrolitos y hormonas al útero, necesarios para el desarrollo del embrión.

Trabajos realizados in vitro indican que las temperaturas altas provocan modificaciones del tejido uterino, que pueden estar relacionados con la disminución en el peso del embrión y sus anexos detectados bajo dichas condiciones. Los cambios registrados son: aumento en la secreción de Prostaglandina F dos alfa (Geisert et al., 1988; Putney et al. 1989b) y reducción en la secreción de proteína trofoblástica bovina (bTP-1) (Putney et al., 1988a).

La prostaglandina F dos alfa (PGF), es un agente luteolítico producido principalmente en el útero, mientras que la bTP-1 es una sustancia embrionaria que prolonga la vida del cuerpo lúteo (Helmer et al., 1987).

Lo anterior, indica que el estrés térmico altera el medio uterino aumentando la actividad secretora de la PGF y (o)

alterando la señal bioquímica emitida por el embrión, para prevenir la regresión del cuerpo lúteo durante la gestación temprana, la cual causaría la muerte del embrión.

Sin embargo, existe escasa información que indique si en condiciones de campo las variaciones de la temperatura ambiental al momento de la transferencia de embriones, influyen en el medio uterino, lo que sería capaz de afectar la fertilidad.

**Concentración de progesterona al momento del estro:** En vacas Holstein y Jersey inseminadas artificialmente, De Silva et al. (1981) encontraron que la concentración de progesterona sérica (< 1 ng/ml) a las 12 horas de iniciado el estro, presentó una correlación negativa con la tasa de concepción .

Esta información no ha sido corroborada y se ignora si existe algún efecto de la época del año sobre la concentración de progesterona circulante durante el estro; tampoco se ha determinado si las variaciones de progesterona al momento del estro, están relacionadas con la sobrevivencia de embriones transferidos.

**Función del cuerpo lúteo:** El nivel funcional del cuerpo lúteo puede ser estudiado con alta precisión a través de las concentraciones séricas de progesterona (Shemesh et al., 1971). Las concentraciones séricas o plasmáticas de progesterona al momento del estro y durante el día de la transferencia embrionaria, se han utilizado en la selección de vacas cebuinas como receptoras de embriones.

Jordt y Lorenzini (1988) sugieren que concentraciones menores a 1 ng/ml durante el estro y de 5 ng/ml o más durante el momento de la transferencia de embriones, coinciden con porcentajes elevados de gestación, en comparación a realizar una detección de estro y palpación de un cuerpo luteo el día de la transferencia del embrión.

Aparentemente, no existe en la literatura un estudio con control suficiente para determinar, que en vacas que efectivamente presenten estro y que contaban con un cuerpo luteo funcional al transferirles un embrión, las concentraciones de progesterona sérica estén asociadas con la sobrevivencia embrionaria.

Por otra parte, algunos investigadores han intentado relacionar los patrones de liberación hormonal con fallas reproductivas de vacas mantenidas en ambientes cálidos.

Estudios realizados con ganado europeo en cámaras climáticas a 45 C y 50% de humedad relativa, se presentaron incrementos de las concentraciones de progesterona (Wiersma y Stott., 1969; Abilay et al., 1975). Mientras que Biggers et al. (1987) utilizando temperaturas de 37 C entre los días 8 a 16 posinseminación, observaron una reducción del peso del cuerpo lúteo y en la concentración de progesterona plasmática en vacas con estrés calórico.

Bajo condiciones ambientales de temperaturas altas, Gwazdauskas et al. (1973) y Vaugh (1976) quienes trabajaron con vacas Bos taurus, encontraron concentraciones de progesterona elevadas durante el verano en comparación con la época de

invierno. Wolff et al. (1977) asociaron la baja fertilidad de vacas lecheras durante la época cálida con valores de progesterona elevados. Sin embargo, otros investigadores no han encontrado efectos de la época cálida sobre la progesterona sérica de vacas lecheras (Lee et al., 1971; Miller y Alliston, 1974). Por otra parte, Rosenberg et al., (1977), al igual que Stott y Wiersma (1973) encontraron que la progesterona y la fertilidad de vacas en lactancia se reduce durante el verano en comparación con el invierno.

De acuerdo a esto último, no hay consistencia en las observaciones relacionadas con los efectos de la época cálida sobre las concentraciones de progesterona. Por lo tanto se especula que algunos de los factores que pueden alterar estos resultados son: el estado fisiológico de los animales (lactantes o no), manejo reproductivo (inseminación artificial, monta natural o ausencia de éstos), fase del ciclo estral al momento de colectar las muestras, frecuencia de muestreo, duración de exposición a las temperaturas altas, ambientes diferentes (cámaras climáticas, trópicos, templado o árido), variaciones en temperaturas dentro de épocas calurosas (diferencial diario de temperatura y humedad), entre otros.

El análisis de la información que aparece en la revisión de literatura, permitió formular las hipótesis y plantear los objetivos que se describen a continuación:

#### IV.-HIPOTESIS

-La eficiencia reproductiva en vacas y vaquillas productoras de carne usadas como receptoras de embriones, es menor durante la cálida/cálida son mediados por: a) una disminución en la presentación de estros, b) un acortamiento en la duración del estro, c) una disminución en la intensidad del estro, d) un aumento en la concentración sérica de progesterona al momento del estro, e) una disminución de la función del cuerpo lúteo o f) una combinación de los mecanismos previos.

#### V.-OBJETIVOS PARTICULARES:

V.1.-Determinar el efecto de tres épocas del año sobre los siguientes fenómenos reproductivos en vacas y vaquillas receptoras de embriones:

- a) comportamiento del estro.
- b) concentración de progesterona sérica durante el estro.
- c) porcentaje de gestación.

V.2.-Independientemente de los efectos de época, se determinará en vacas y vaquillas receptoras de embriones la asociación entre porcentaje de gestación y:

- a) concentración de progesterona sérica al momento del estro.
- b) concentración de progesterona sérica al momento de la transferencia del embrión.

V.3.-Determinar en vacas y vaquillas ciclando el efecto de tres épocas del año sobre:

a) duración del ciclo estral.

b) función del cuerpo lúteo.

## VI.-MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora A.C. (CIPES), el cual esta ubicado en la región central del estado de Sonora a una latitud de 29° 41' 00", longitud de 111° 57' 50" y altitud de 464 m.s.n.m.. El clima es semiárido BW(h')hw según García, (1973), con precipitación pluvial promedio anual de 294 mm/año. Las lluvias ocurren principalmente entre los meses de julio y septiembre.

Las épocas evaluadas (Cuadro 1) correspondieron a: época templada/templada (T/T), del 31 de marzo al 30 de abril; época cálida/templada (C/T), del 27 de mayo al 26 de junio; época cálida/cálida (C/Ca), del 10 de agosto al 9 de septiembre y época cálida/cálida (C/Cb), del 16 de septiembre al 7 de Octubre. La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas, la subépoca C/Cb fue planteada a posteriori debido a que en la subépoca C/Ca no se obtuvieron embriones frescos para transferir y evaluar dicha época, por lo cual se realizó otro periodo de trabajo (C/Cb) dentro de la misma época cálida/cálida.

Los factores climáticos que caracterizaron cada época, fueron registrados al tomar lecturas diarias de temperatura ambiental (máxima, mínima y promedio), humedad relativa y precipitación pluvial.

En el Cuadro 2 se presenta el número de vacas y vaquillas utilizadas en las variables relacionadas con el comportamiento del estro, porcentaje de gestación y concentración de

**Cuadro 1. CARACTERISTICAS CLIMATICAS PROMEDIO DE LAS EPOCAS DEL AÑO EVALUADAS (1991).**

	EPOCA <sup>1</sup>				<sup>2</sup>
	TEMPLADA/ TEMPLADA	CALIDA/ TEMPLADA	CALIDA/ CALIDA a	CALIDA/ CALIDA	
Promedios de:					
TEMPERATURA MAXIMA (C)	30	35	34.5	34.3	
TEMPERATURA MINIMA (C)	9	14.4	21.9	18.8	
PRECIPITACION PLUVIAL (mm ) <sup>3</sup>	0	0	7.2	1.8	
HUMEDAD RELATIVA 0600 h (%)	74.3	57.4	66.8	68.4	
HUMEDAD RELATIVA 1600 h (%)	21	32	31.7	36	

<sup>1</sup> 31 días en cada época. Templada/templada del 31 marzo al 30 de abril; cálida/templada del 27 de mayo al 26 de junio; cálida/cálida a del 10 de agosto al 9 de septiembre y cálida /cálida b del 16 de septiembre al 7 de octubre.

<sup>2</sup> La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en la C/Ca no se produjeron embriones frescos, se incluyó otro período de muestreo que correspondió a la C/Cb.

1

**Cuadro 2. DISTRIBUCION DE ANIMALES POR EDAD, RAZA Y EPOCA UTILIZADOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON ESTRO, GESTACION Y CONCENTRACION DE PROGESTERONA.**

EPOCA <sup>2</sup>	VACAS			VAQUILLAS			TOTAL
	BR	CH	CR	BR	CH	CR	
TEMPLADA/TEMPLADA	22	19	8	5	2	14	70
CALIDA/TEMPLADA	17	13	2	12	16	16	76
CALIDA/CALIDA a	15	12	4	8	10	39	88
CALIDA/CALIDA b <sup>3</sup>	7	4	2	7	7	34	61

1 BR = brangus; CH = charolais; CR = cruzadas.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas, debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, incluyéndose otro período de muestreo que correspondió a C/Cb.

progesterona al estro y al momento de la transferencia del embrión. La edad de las vacas en su mayoría (82%) fue entre 4 y 9 años, el resto entre 11 y 12 años. La edad de las vaquillas fue de 18 a 24 meses.

El manejo general fue el siguiente: Los animales se mantuvieron en 4 potreros de zacate buffel (Cenchrus ciliaris). Al inicio de cada época experimental, con el objeto de tener grupos uniformes, los animales se seleccionaron trasladándose a un corral, tomando en cuenta las estructuras ováricas a la palpación (folículo de Graff, cuerpo lúteo o cuerpo hemorrágico) y condición corporal entre cinco y ocho (calificación de 1 a 9; donde, 1=cauquético y 9=obeso; Fox et al., 1988).

Los animales seleccionados se mantuvieron en corrales durante 15 días como periodo de adaptación, en los que se proporcionó 14 kg/animal/día de la misma dieta (Cuadro 3) en todas las épocas, la cual se formuló para cubrir en promedio las necesidades de mantenimiento (NRC, 1984). Las vacas y vaquillas se pesaron dos veces dentro de cada época, al entrar a corrales y al retiro del implante para sincronización de estros (épocas T/T y C/Cb) o a la transferencia del embrión (épocas C/T y C/Ca). El acceso al agua fué ad libitum y se contó con sombreaderos artificiales.

El estro de las hembras se sincronizó con implantes subcutáneos de progestina sintética (norgestomet; 6 mg) por nueve días y una inyección de la misma progestina (3 mg) y estrógenos (valerato de estradiol, 5 mg) al momento de colocar el implante (Synchro Mate-B, Laboratorios Ceva). Los animales fueron

observados para detección del estro durante 6 días posteriores al retiro del implante, por 6 períodos al día de media hora cada uno, a intervalos de 4 horas. Para identificar una hembra en estro se usó el criterio de la aceptación de monta homosexual por lo menos durante dos segundos.

Se tomó una muestra de sangre entre las 2 y 22 horas posteriores a la detección del estro. Las muestras se tomaron mediante punción de una de las venas yugulares. De esta muestra se obtuvo el suero por centrifugación y se almacenó a -20 C. La concentración de progesterona sérica se determinó (Apendice A) por radioinmunoanálisis (Jimenez et al., 1985).

De las hembras sincronizadas en cada época, los animales que presentaron estro después de los 4 días posteriores al retiro del implante, debido a la asincronía en la presentación del estro con las donadoras, no se utilizaron como receptoras. Estos animales sirvieron para evaluar las variables relacionados con el efecto de tres épocas del año sobre la duración del ciclo estral y la función lútea (Cuadro 4).

Para medir la duración del ciclo estral, los animales se observaron por dos estros consecutivos; el primer estro fue consecuencia del tratamiento de sincronización y la detección se realizó de la forma descrita anteriormente. Durante los días del 7 al 15 postretiro del implante, la detección de estros se efectuó dos veces al día por una hora en cada ocasión (0630 a 0730 y 1730 a 1830 h). Del día 16 al 25 la observación de estros se realizó como se describió en los primeros seis días.

Para evaluar las variables relacionadas con la función

<sup>1</sup>  
**Cuadro 4. DISTRIBUCION DE ANIMALES POR EDAD, RAZA Y EPOCA UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON DURACION DEL CICLO ESTRAL Y FUNCION LUTEA.**

<sup>2</sup> EPOCA	VACAS			VAQUILLAS			TOTAL
	BR	CH	CR	BR	CH	CR	
TEMPLADA/TEMPLADA	1	3	0	2	0	1	7
CALIDA/TEMPLADA	3	2	0	0	1	1	7
CALIDA/CALIDA	0	0	0	1	2	2	5

1 BR = brangus; CH = charotais; CR = cruzadas.

2 Templado/templado del 31 de marzo al 30 de abril; cálida/templada del 27 de mayo al 26 de junio y cálida/cálida del 10 de agosto al 9 de septiembre. El numerador indica día y el denominador noche.

lútea, se tomaron muestras de sangre diariamente durante el período comprendido entre dos estros consecutivos. De esta muestra se determinó la concentración de progesterona en la forma descrita anteriormente.

Todos los animales que presentaron estro en los primeros cuatro días posterior al retiro del implante, fueron preseleccionados como receptoras de embriones, el día seis poestro se les palpó los ovarios por vía transrectal, para determinar la existencia de un cuerpo lúteo.

En todos los casos, aquellos animales que no presentaron estro, que tuvieron una concentración de progesterona mayor a los 600 pg durante el estro o no presentaron un cuerpo lúteo a la palpación antes de la transferencia del embrión, se eliminaron del estudio.

El criterio utilizado para incluir sólo animales en estro con una concentración sérica de progesterona menor a 600 pg fue que el 97% de las muestras analizadas presentaron en promedio  $139 \pm 22$  pg, un 2% promedió 770 pg y el resto fue mayor a 1000 pg.

Se tomó una muestra de sangre el día de la transferencia (día 6 a 7 poestro), para determinación de progesterona con el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

Para determinar la concentración de progesterona, se realizaron 27 ensayos, los cuales tuvieron una sensibilidad de acuerdo a la curva estándar de 13 pg/ml. Los coeficientes de variación intraensayos en los controles altos ( $4100 \pm 103$  pg/ml) y bajos ( $553 \pm 129$  pg/ml) fueron de 4.2 y 5.8 %, respectivamente; mientras que en interensayos fueron de 12 y 18.8

3 para los controles altos y bajos respectivamente.

Los animales recibieron un embrión descongelado o fresco. Los embriones utilizados debieron alcanzar una clasificación de 1, 2, ó 3 antes de la transferencia. Los criterios de clasificación morfológica (Wright, 1981) por microscopía fueron: 1 = excelente.- compacto, esférico, blastómeros poligonales de forma, textura y color uniforme, pocas vacuolas pequeñas, diametro regular, sin desechos celulares y sin retardo en su desarrollo; 2 = bueno.- con imperfecciones insignificantes como asimetría leve, pocos blastómeros extruidos y retardo en el desarrollo ligero; 3 = regular.- degeneración celular, retardo de uno o dos días, blastómeros extruidos, vacuolas grandes, color anormal y material de desecho en el espacio perivitelino y 4 = no transferible.- marcada degeneración celular, blastómeros dispersos, zona pelúcida dañada, sin una masa celular de apariencia viable.

Los embriones descongelados fueron Holstein-Friesian de Nueva Zelanda, obtenidos y congelados por una sola empresa (Genestock New Zealand Ltd.). Los embriones frescos, provenían de vacas Salers las cuales fueron superovuladas e inseminadas en cada época.

La inducción de superovulación se inició el día diez después del estro. Se inyectó (36 mg) hormona folículo estimulante (FSH-P Laboratorios Schering) vía subcutánea, en dosis decrecientes por cuatro días (Pawlyshyn et al., 1986). El tercer día del tratamiento superovulatorio, se inyectó 75 mg de clorprostenol, un análogo de la Prostaglandina F dos alfa (Lutalyse, Lab.

Upjhon) via intramuscular, dividida en dos fracciones (mañana y tarde).

La inseminación artificial se llevó a cabo a las 12, 24 y 36 horas de observadas las vacas donadoras en estro, con una dosis de semen en cada ocasión.

La recuperación de embriones se llevó a cabo el día 7 posterior al estro en forma no quirúrgica (Wright, 1981). Todos los embriones fueron evaluados y transferidos por el mismo técnico.

En la época cálida/cálida las donadoras sólo produjeron un embrión transferible, por lo cual como se explicó anteriormente, fué necesario incluir otro periodo dentro de la misma época para completar las observaciones relacionadas con embriones frescos. A este nuevo periodo experimental se le identifica como C/Cb en los cuadros del 1 al 11 excepto en los 4 y 14, donde se incluyó solo la C/Ca .

Posteriormente se realizó un diagnóstico de gestación mediante un exámen transrectal del útero a los 53 días posteriores a la transferencia de embriones.

Las variables de respuesta relacionadas con estro, gestación y concentración de progesterona, fueron las siguientes:

**Porcentaje de estros.**- Proporción de animales observados en estro, del total de animales sincronizados.

**Intensidad del estro.**- Número de montas recibidas por un animal dentro de los periodos de observación de un estro.

**Duración del estro.**- Número de periodos observados entre el inicio y el final del estro (última monta aceptada, seguida por

lo menos de dos periodos de observación sin aceptación de otra monta).

**Progesterona al estro** .- Concentración promedio de progesterona a partir de las muestras tomadas 2 a 22 horas después del inicio del estro.

**Progesterona al momento de la transferencia de embriones**.- Concentración promedio de progesterona a partir de las muestras tomadas el día 6 ó 7 posterior al inicio del estro.

**Porcentaje de gestación**.- Proporción de animales gestantes del total de vacas y vaquillas que recibieron un embrión.

Las variables de respuesta relacionadas con duración del ciclo estral y función lútea fueron:

**Duración del ciclo estral**.-Tiempo transcurrido en días entre dos inicios de estros (primera aceptación de monta observada) consecutivos. El primer estro fue el sincronizado y el segundo fue natural.

**Desarrollo del cuerpo lúteo**.- Pendiente del perfil de progesterona entre el inicio de la fase lútea y la concentración máxima de progesterona (pico).

**Duración del cuerpo lúteo**.- Se determinó como los días con una concentración de progesterona mayor a la basal más tres desviaciones estandar. La concentración basal de progesterona fue el promedio de las muestras tomadas en el estro (Villa-Godoy et al., 1990).

**Pico del cuerpo lúteo**.- Concentración máxima de progesterona durante la fase lútea.

**Regresión del cuerpo lúteo**.- Pendiente del perfil de progesterona

entre el momento del pico de la fase lútea y el final de la misma.

**Función total del cuerpo lúteo.** - Fué indicada por el area bajo la curva de las concentraciones de progesterona ( $\text{ng ml dia}^{-1}$ ) durante la fase lutea. El área bajo la curva de progesterona, se calculó por el método trapezoidal de acuerdo a la siguiente fórmula (Procknor, 1985):

$$T (h_2 + h_3 + h_4 + \dots + h_{n-2} + h_{n-1} + h_1 / 2 + h_n / 2)$$

donde: T=intervalo de muestreo.

h=valores observados de la hormona.

1,2,3,...n=número de muestra.

$h_{n-2}$  =valor de la antepenúltima muestra de hormona.

$h_{n-1}$  =valor de la penúltima muestra de hormona.

$h_n$  =valor de la última muestra de hormona.

$h_1 / 2$ =valor de la primera muestra de hormona dividida entre dos.

$h_n / 2$ =valor de la última muestra de hormona dividida entre dos.

Para el análisis estadístico, se empleó el procedimiento GLM (modelo lineal generalizado), con el método de cuadrados mínimos del paquete estadístico SAS, (SAS, 1985).

En el modelo se incluyeron los efectos principales de raza (brangus, charolais y cruzadas), edad (vaca y vaquilla), época (T/T, C/T, C/Ca y C/Cb) y las interacciones de primer orden que en análisis preliminares resultaron significativas ( $P < .20$ ), para

las variables: porcentaje de estros, duración del estro, intensidad del estro, progesterona al estro, progesterona al momento de la transferencia del embrión, peso, ganancia de peso y condición corporal.

Las comparaciones entre medias de las variables de respuestas se realizaron por la prueba de T.

Para el análisis de porcentaje de animales en estro y porcentaje de gestación, los animales que presentaron estro y quedaron gestantes se codificaron con 1 y los que no con 0.

En el análisis del porcentaje de gestación, se incluyó en el modelo tipo de embrión (fresco o congelado) y calidad del mismo (excelente, bueno o regular) como dos factores más, así como las interacciones de primer orden. Sin embargo, y debido al gran número de factores incluidos en el modelo para esta variable, se realizó un análisis sin incluir en el modelo el efecto de edad y en otro análisis no se incluyó el efecto de raza.

Debido a que el peso inicial y la ganancia diaria de peso presentaron variaciones entre época, éstas se utilizaron como covariables en los análisis preliminares de duración, intensidad, porcentaje de estros, porcentaje de gestación, progesterona al estro y al momento de la transferencia del embrión; sin embargo, debido a que su efecto no fue significativo, éstas covariables se eliminaron del modelo del análisis definitivo.

Para las variables relacionadas con duración del ciclo estral y función lútea (duración, pico y función total del cuerpo lúteo), se analizaron con un modelo que incluyó los efectos de raza (brangus, charolais y cruzadas), edad (vaca y vaquilla) y

época (T/T, C/T, y C/Ca); sin embargo, debido al reducido número de observaciones no se incluyeron las interacciones en el modelo.

Para analizar las variables desarrollo y regresión del cuerpo lúteo, se calculó la pendiente positiva y negativa respectivamente de cada uno de los animales por regresión simple. Posteriormente estos valores fueron sujetos a análisis, utilizando el modelo anteriormente descrito para función del cuerpo lúteo.

## VII.-RESULTADOS Y DISCUSION

El peso inicial de los animales (Cuadro 5) difirió ( $P < .05$ ) entre las épocas, debido a que las vacas y vaquillas se fueron seleccionando al azar al inicio de cada época de un solo grupo de animales. Por consiguiente, conforme progresó el experimento los animales disponibles para la época subsecuente, eran mas pesados que los utilizados en la época precedente. Debido a lo anterior, los análisis estadísticos preliminares incluyeron el peso inicial como covariable. No obstante, para ninguna de las variables de respuesta se detectó un efecto ( $P > .05$ ) del peso inicial. Por lo tanto, no es factible que el peso que tuvieron los animales al inicio de cada época haya actuado como un efecto confundido que pudiera disminuir o aumentar la influencia de época.

Los animales estudiados en la época T/T ganaron peso más rápidamente que los de las épocas restantes (Cuadro 5). Esta diferencia pudo deberse a mas de un factor:

a) Algunos de los animales que ingresaron al experimento en la época T/T estaban aún en la fase alométrica de crecimiento, por lo que fueron más eficientes que los animales usados en otras épocas, los que pudieron encontrarse en la fase isométrica del crecimiento, para convertir el alimento ingerido en músculo y hueso. Lo anterior ha sido documentado por Shimada et al. (1986); b) La calidad y (o) cantidad de forraje en el agostadero fue mayor en la época T/T que en las otras, por lo que el crecimiento de los animales fué más acelerado y ganaron más peso en T/T (Holenchek et al., 1989); c) En las épocas C/T y C/C probablemente disminuyó el consumo de alimento por efecto de las

temperaturas altas (Hahn, 1981).

Para cumplir con los propósitos del presente estudio, se usó la ganancia diaria de peso como covariable en los modelos estadísticos utilizados. En ninguno de ellos se detectaron efectos de la ganancia diaria de peso ( $P > .05$ ). Por lo tanto las diferencias entre grupos con respecto a la ganancia de peso no influenciaron la variación de las respuestas reproductivas. A pesar de que hubieron diferencias de ganancia de peso, en todas las épocas las vacas y vaquillas ganaron peso.

Con relación a las variaciones de peso y su efecto en la función reproductiva se ha documentado que las hembras bovinas que pierden peso y condición física presentan índices reproductivos inferiores a aquellas que se mantienen con el mismo peso o que tienen ganancias moderadas (Wiltbank, 1987; Short, 1988; Villa-Godoy et al., 1990a).

La condición corporal de las vacas y vaquillas fue en promedio de 6.2 (buena). Durante la subépoca C/Ca (Cuadro 5) los animales presentaron una condición corporal de 6.07, menor ( $P < .05$ ) a las encontradas en otras épocas; aunque esta diferencia pudiera determinar comportamientos reproductivos distintos en los animales, esto es poco probable puesto que se ha comprobado que las vacas y vaquillas productoras de carne con condición corporal de buena a excelente, presentan una eficiencia reproductiva óptima y únicamente cuando la condición corporal es inferior a 5 o cercana a 9, se abaten las tasas de fertilidad (Wiltbank, 1973 y 1987). La condición corporal registrada y la ausencia de pérdida de peso durante el estudio, indican que los

animales estuvieron en balance energético positivo. Existen evidencias de que la fertilidad se ve afectada por deficiencias nutricionales, cuando sus efectos son mediados por un balance energético negativo indicado por pérdidas de peso y condición corporal, tanto en ganado productor de carne como de leche (Wiltbank et al., 1987; Randel, 1990; Villa-Godoy et al., 1990a). Puesto que en el presente estudio los animales ganaron peso y mantuvieron una condición corporal buena o muy buena, fue posible examinar la influencia de la época del año en ausencia de efectos confundidos con deficiencias en alimentación de una magnitud suficiente para comprometer la función reproductiva de vacas y vaquillas.

En el cuadro 6 se muestra el promedio para duración e intensidad de estros. La duración del estro tuvo una media de 2.97 periodos, considerando que los periodos de observación se realizaban cada cuatro horas, la duración del estro fue (2.97 x 4) de 11.8 horas en promedio, lo que coincide con otros trabajos realizados con ganado Bos taurus (11 horas; Vries et al., 1973), y en ganado productor de leche (10 a 15 horas; Esslemont et al., 1976; Pennington et al., 1985; Britt et al., 1986).

En el presente estudio, la duración del estro no difirió ( $P > .05$ ) entre épocas (Cuadro 6), lo que concuerda con la información publicada por Donaldson (1962) en Australia y Adeyemo et al. (1979) en Nigeria, quienes trabajaron con vacas Shorthorn y German Brown, respectivamente, sin encontrar un efecto estacional sobre la duración del estro. Así mismo, Wolff y Monty (1974) en zonas semiáridas, no detectaron diferencias al comparar

**Cuadro 6. PROMEDIOS DE DURACION E INTENSIDAD DE ESTROS EN VACAS Y VAQUILLAS PRODUCTORAS DE CARNE DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS SEMIARIDAS. 1**

EPOCA <sup>2</sup>	n	DURACION <sup>3</sup> DEL ESTRO	INTENSIDAD <sup>4</sup> DEL ESTRO
TEMPLADA / TEMPLADA	30	2.99 ± .2	9.3 ± 1.2
CALIDA / TEMPLADA	56	3.01 ± .2	8.9 ± .8
CALIDA / CALIDA a	78	3.09 ± .1	8.7 ± .8
CALIDA / CALIDA b <sup>5</sup>	44	2.78 ± .2	7.5 ± .9
PROMEDIO		2.97	8.6

1 media ± error estandar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 número de períodos que se observaron en estro.

4 número de montas observadas durante los períodos de estro.

5 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, se incluyó otro muestreo correspondió a la C/Cb.

No se detectaron diferencias entre medias ( $P > .05$ ).

la duración del estro en la época cálida contra la fría en vacas Holstein no lactando. Sin embargo, al utilizar ganado en lactación la duración del estro fué menor por seis horas durante la época cálida, debido probablemente a que el ganado en producción tiene un incremento en la temperatura corporal asociado a la producción de leche, lo que provoca un esfuerzo adicional en los mecanismos de termoregulación (Wolff and Monty, 1974; Thatcher et al., 1990).

En lo referente a la intensidad del estro (Cuadro 6), el promedio de montas durante el estro fue similar ( $P > .05$ ) para todas las épocas, presentando una media general de 8.6 montas; lo que equivale a 2.89 montas (8.6 montas  $\div$  2.97 períodos de duración del estro) cada media hora. La información disponible realizada principalmente en ganado productor de leche (Britt et al 1986., Helmer et al., 1985; Pennington et al., 1985; De Silva et al., 1981), indica que el número de montas durante el estro varía entre 2.5 y 4.35 cada media hora, lo cual concuerda con los datos de este trabajo. A pesar de que Gwazdauskas et al. (1983) detectaron que el número máximo de montas se presenta entre los 25 y 30 C bajo condiciones tropicales, la información generada en la presente tesis, indica que la época no afecta sensiblemente la intensidad del estro en vacas y vaquillas productoras de carne mantenidas en ambientes semiáridos.

El porcentaje de animales en estro (Cuadro 7) después del tratamiento de sincronización fue de 88% para las épocas evaluadas, no habiendose encontrado diferencias ( $P > .05$ ) entre ellas. La proporción de animales inducidos al estro por los

**Cuadro 7. PORCENTAJE DE VACAS Y VAQUILLAS PRODUCTORAS DE CARNE  
DETECTADAS EN ESTRO DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS  
SEMIARIDAS. 1**

EPOCA <sup>2</sup>	n	EN ESTRO (%)
TEMPLADA / TEMPLADA	30	88 ± 3.9
CALIDA / TEMPLADA	56	85 ± 3.7
CALIDA / CALIDA a	78	91 ± 3.5
CALIDA / CALIDA b <sup>3</sup>	44	89 ± 4.3
<b>PROMEDIO</b>		<b>88</b>

1 media ± error estándar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en la C/Ca no se produjeron embriones frescos, se incluyó otro período de muestreo que correspondió a la C/Cb.

No se detectaron diferencias entre medias ( $P > .05$ ).

progestágenos son similares a los obtenidos por otros autores (Wiltbank y Gonzalez-Padilla, 1975; Miksch et al., 1978; Spitzer, 1981), quienes utilizaron el progestágeno empleado en el presente trabajo en ganado productor de carne y en buena condición corporal.

Por otra parte, Bond y McDowell (1972) encontraron que vaquillas mantenidas en cámaras climáticas expuestas a 32 C y 60 % humedad relativa no se afecta la presentación del estro. Sin embargo, cuando se expusieron a temperaturas de 38 C todas entraron en anestro, lo cual indica que un estrés por calor severo puede causar anestro verdadero, aunque las temperaturas y humedades relativas necesarias para ello sean muy difíciles de encontrar bajo condiciones naturales. En el presente trabajo la ausencia de estros debida a efecto de la época no se presentó, lo que indica que las condiciones climáticas presentes en la región donde se efectuó el estudio, no fueron lo suficientemente severas para inhibir la manifestación de la actividad estral, o bien que el ganado utilizado logró adaptarse a dichas condiciones adversas.

En general, no se detectaron efectos de época sobre ninguna de las variables empleadas para estudiar el estro. Si bien estos resultados no concuerdan con los obtenidos en climas tropicales, donde se ha documentado una mayor eficiencia reproductiva en ganado cebú y sus cruzas durante los meses de abril y mayo, en comparación con los meses de junio y julio (Castillo et al., 1983; Donaldson, 1962; Villagomez, 1990), diferencia atribuible a que durante el último período ocurrió una reducción en la

duración del estro, proporción de estros (Villagomez, 1990) y porcentajes de concepción (Fajardo et al., 1989; Rivera et al., 1984). Probablemente las precipitaciones pluviales elevadas del trópico pudieron contribuir, junto con los efectos de temperatura y humedad relativa, a reducir la expresión del estro en forma directa como se ha documentado en otros estudios (Gwazdauskas et al., 1983) o indirectamente (incremento de fango en el piso), y con ello reducir el comportamiento reproductivo de las vacas en algunas épocas; mientras que en ambientes semiáridos, las precipitaciones pluviales anuales equivalen a una sexta parte en comparación a las de zonas tropicales, lo cual disminuye la posibilidad de un efecto en el estro por causa de las lluvias.

Así mismo la humedad relativa presente en las regiones tropicales pudo afectar las manifestaciones del estro como se ha observado en vacas lecheras (Gwazdauskas et al., 1973; Ingraham et al., 1974), mientras que en el presente estudio la humedad relativa nunca llegó a ser mayor al 75%, lo cual se localiza en el rango óptimo para la producción y reproducción del ganado bovino productor de carne (Hahn, 1981).

Otro aspecto importante que probablemente influyó en las diferencias entre estudios, pudo ser las razas usadas, ya que en ésta tesis se usaron principalmente animales de razas europeas o con baja proporción de cebú, y la mayoría del ganado en estudios del trópico contenía predominancia de sangre cebuina, el cual presenta índices reproductivos inferiores cuando se compara con el ganado europeo (Plasse et al., 1970; Bourguetts et al., 1981; Padilla et al., 1982), y es más susceptible a los cambios de

estación debido al fotoperíodo y/o radiación solar (Gonzalez et al., 1990; Lozano, 1986; Villagomez, 1990).

El porcentaje de gestación de vacas y vaquillas a las que se les transfirieron embriones frescos o congelados (Cuadro 8) no fue afectado por la época del año ( $P > .05$ ). Estos resultados son similares a los encontrados por Putney et al. (1988b) donde menciona que al transferir 20,410 embriones frescos en condiciones ambientales donde las temperaturas llegaron a ser mayores a 40 C, la fertilidad no se vió influenciada por la época, tanto en ganado especializado en la producción de leche como de carne. Sin embargo, en el presente estudio, fue posible evaluar además la transferencia de embriones congelados a receptoras bovinas productoras de carne y documentar que no existe efecto de época sobre los porcentajes de gestación.

Los porcentajes de gestación para embriones frescos en comparación a los embriones congelados, fueron similares ( $P > .05$ ) entre épocas. Sin embargo, al observar los promedios generales (Cuadro 8), el porcentaje de gestación de los embriones frescos presenta una tendencia favorable ( $P < .09$ ) en comparación a los congelados, lo que confirma los resultados obtenidos en múltiples estudios (Trevit y Elsdén, 1981; Sreenan y Diskin, 1987; Leibo, 1983). La reducción en la tasa de gestación para los embriones congelados pueden deberse a: raza del embrión, tipo de crioprotector utilizado, ritmo de congelamiento, ritmo de descongelamiento y retiro del crioprotector (Leibo, 1983; Leibo, 1986; Farrand and Elsdén, 1990). No obstante en el presente estudio no se descarta en forma definitiva la posibilidad de que

**Cuadro 8. PORCENTAJES DE GESTACION AL TRANSFERIR EMBRIONES FRESCOS  
O CONGELADOS EN VACAS Y VAQUILLAS PRODUCTORAS DE CARNE DURANTE  
TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS SEMIARIDAS. 1**

EPOCA <sup>2</sup>	GESTACION	
	<u>EMBRIONES FRESCOS</u>	<u>EMBRIONES CONGELADOS</u>
TEMPLADA / TEMPLADA	35.4 ± 8.8 (23) <sup>4</sup>	20.9 ± 9.2 (19)
CALIDA / TEMPLADA	12.4 ± 8.0 (25)	17.8 ± 8.9 (21)
CALIDA / CALIDA a <sup>3</sup>		14.7 ± 6.2 (50)
CALIDA / CALIDA b	40.9 ± 8.8 (26)	12.0 ± 11.8 (15)
PROMEDIO	28.6 ± 5.1 (74) c	16.8 ± 4.3 (105) d

1 media ± error estándar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, se incluyó otro muestreo que correspondió a la C/Cb.

4 Entre paréntesis el número de embriones transferidos.

No se detectaron diferencias entre épocas dentro de categoría de embrión (P > .05).

c,d, distintas literales en el mismo renglón indican diferencias (P < .09).

con muestras mayores de animales receptores de embriones sea posible detectar efectos de época con relación a esta variable.

Los porcentajes de gestación obtenidos al transferir embriones frescos (Cuadro 9) o congelados (Cuadro 10) de calidad 1, 2 y 3 a través de las épocas evaluadas, no mostraron diferencias ( $P > .05$ ). En cuanto a la interacción entre época y calidad de embrión, no fue significativa ( $P > .05$ ), tanto para los embriones frescos como para los congelados. Los escasos trabajos realizados con transferencia de embriones frescos en diferentes épocas del año, concuerdan con los del presente estudio (Putney et al., 1989a), lo que sugiere que las temperaturas altas parecen no afectar adversamente los porcentajes de gestación de receptoras de embriones frescos o congelados, siempre y cuando la calidad de dichos embriones sea homogénea entre épocas, como ocurrió en la presente tesis.

Una posible explicación a la ausencia del efecto de época sobre los porcentajes de gestación, es la capacidad de adaptación de los animales y (o) el embrión. Trabajos recientes mencionan que el embrión o su microambiente aumenta la tolerancia a temperaturas elevadas tanto en vacas superovuladas expuestas a períodos cortos de estrés calórico por 2 a 9 horas en los días 3, 5 o 7 postservicio (Ealy et al., 1993), 6 embriones cultivados in vitro, expuestos a 40 C por 20 min en el día seis del desarrollo embrionario (Ryan et al., 1992). Estos resultados indican que el embrión tiene la capacidad para producir moléculas (proteínas del

**Cuadro 9. PORCENTAJES DE GESTACION Y CALIDAD DE EMBRIONES FRESCOS  
EN VACAS Y VAQUILLAS DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO  
EN ZONAS SEMIARIDAS. 1**

EPOCA <sup>2</sup>	CALIDAD DEL EMBRION		
	<u>EXCELENTE</u>	<u>BUENA</u>	<u>REGULAR</u>
TEMPLADA / TEMPLADA	50 ± 14 (8) <sup>4</sup>	38 ± 11 (13)	0 ± 28 (2)
CALIDA / TEMPLADA	19 ± 18 (5)	9 ± 11 (13)	21 ± 12 (7)
CALIDA / CALIDA b <sup>3</sup>	42 ± 10 (15)	21 ± 12 (10)	97 ± 40 (1)

1 media ± error estandar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, incluyéndose otro muestreo que correspondió a la C/Cb.

4 Entre paréntesis el número de embriones transferidos.

No se detectaron diferencias entre épocas dentro de calidad de embrión (P > .05).

**Cuadro 10. PORCENTAJES DE GESTACION Y CALIDAD DE EMBRIONES CONGELADOS  
EN VACAS Y VAQUILLAS DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO  
EN ZONAS SEMIARIDAS. 1**

EPOCA <sup>2</sup>	CALIDAD DEL EMBRION		
	<u>EXCELENTE</u>	<u>BUENA</u>	<u>REGULAR</u>
TEMPLADA / TEMPLADA	16 ± 12 (11) <sup>4</sup>	39 ± 18 (5)	2 ± 23 (3)
CALIDA / TEMPLADA	36 ± 12 (11)	0 ± 14 (8)	0 ± 28 (2)
CALIDA / CALIDA a <sup>3</sup>	30 ± 10 (17)	8 ± 8 (26)	2 ± 15 (7)
CALIDA / CALIDA b	2 ± 20 (4)	23 ± 14 (9)	2 ± 29 (2)

1 media ± error estandar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en la C/Ca no se produjeron embriones frescos, se incluyó otro muestreo que correspondió a la C/Cb.

4 Entre paréntesis el número de embriones transferidos.

No se detectaron diferencias entre épocas dentro de calidad de embrión (P > .05).

**Cuadro 11. PORCENTAJE DE GESTACION EN VACAS Y VAQUILLAS  
PRODUCTORAS DE CARNE POR CALIDAD DEL EMBRION  
TRANSFERIDO DURANTE EL ESTUDIO. 1**

<u>CALIDAD DEL EMBRION</u>	<u>n</u>	<u>GESTACION</u>
EXCELENTE	71	32 ± 4.8 a
BUENA	84	18 ± 4.8 b
REGULAR	24	11 ± 8.3 b

1 media ± error estandar.  
a,b distintas literales indican diferencia (P < .05).

estrés por calor) las cuales limitan al efecto negativo del calor en la función celular.

Al analizar el total de embriones transferidos con respecto a su calidad (Cuadro 11) se observa un porcentaje de gestación mayor ( $P < .05$ ) para los embriones de calidad 1 ó excelente en comparación a los de calidad 2 y 3. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores (Putney et al., 1988b, 1989a; Wright, 1981), en los que se encontraron porcentajes de gestación mayores cuando se transfirieron embriones de calidad excelente en comparación a los de calidad buena y estos últimos, a su vez con los embriones de calidad regular o pobre.

En el presente estudio no se encontraron diferencias en los porcentajes de gestación entre los embriones de calidad buena y los de calidad regular, lo cual probablemente fue influenciado por el número de observaciones, ya que en el caso de embriones de calidad 3 ó regulares el número de observaciones fue limitado.

La información mostrada hasta el momento indica que en zonas semiáridas, con ganado productor de carne en buena condición corporal y ganando peso, las variables relacionadas con el estro y la tasa de gestación al transferir embriones frescos o congelados, no se ven influenciadas por la época. Estos resultados no concuerdan con los de otros autores (Stott et al., 1974; Thatcher, 1974; Gwazdauskas et al., 1973; Ingraham et al., 1974) que mencionan un efecto detrimental de las épocas cálidas sobre la tasa de concepción en ganado inseminado artificialmente o con monta natural.

Bajo las condiciones climáticas descritas en estos trabajos,

existe la posibilidad de que el calor y (o) humedad puedan afectar la sobrevivencia de los espermatozoides, el tiempo de ovulación, la capacitación y transporte del óvulo y espermatozoide, el proceso de fertilización y el desarrollo del embrión en fases más tempranas que los de este trabajo.

Se ha documentado que en condiciones climáticas controladas los días más críticos para la sobrevivencias embrionaria son los primeros 6 días (Monty and Rackowsky, 1987; Putney et al., 1988a, 1989a), donde las temperaturas altas en útero y (u) oviducto pueden alterar las secreciones de diversas sustancias y los nutrientes presentes en el medio uterino de tal manera que afecten adversamente el desarrollo del embrión (Geisert et al., 1988; Biggers et al., 1987; Putney et al., 1989, 1988). Así mismo bajo condiciones de monta natural, temperaturas por arriba del límite máximo de termoneutralidad pueden afectar la capacidad de monta de los sementales (Chenoweth, 1981; Perry et al., 1991).

Por lo cual la transferencia de embriones el día siete poestro, con embriones transferibles frescos o congelados, permiten evitar el período crítico de desarrollo del embrión cuando es más sensible al estrés calórico y los efectos del calor sobre el macho que efectúa la cópula. Lo anterior sugiere que la transferencia de embriones puede ser una alternativa que sustituya a la inseminación artificial, en aquellos hatos donde se pretenda la producción homogénea de ganado de alto registro a lo largo del año.

La concentración de progesterona (P4) sérica al momento del estro (Cuadro 12) fue similar ( $P > .05$ ) entre épocas. Estos

**Cuadro 12. CONCENTRACION SERICA DE PROGESTERONA (pg/ml) AL MOMENTO DEL ESTRO EN VACAS Y VAQUILLAS PRODUCTORAS DE CARNE DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS SEMIARIDAS.** <sup>1</sup>

EPOCA <sup>2</sup>	n	GESTANTES	n	NO GESTANTES	PROMEDIO
T/T	9	153.3 ± 33	15	148.5 ± 26	150.9 ± 21
C/T	6	113.2 ± 41	35	141.7 ± 17	127.4 ± 22
C/C a	7	116.1 ± 38	33	117.1 ± 17	116.6 ± 21
C/C b <sup>3</sup>	8	141.8 ± 45	28	163.2 ± 19	152.5 ± 24
PROMEDIO		131.1 ± 19		142.7 ± 10	136.9

<sup>1</sup> media ± error estándar.

<sup>2</sup> T = templada; C = cálida. El numerador indica el día y el denominador la noche.

<sup>3</sup> La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, incluyéndose otro muestreo que correspondió a la C/Cb.

No se detectaron diferencias entre medias (P > .05).

resultados concuerdan con lo mencionado por De Silva et al. (1981) quien midió la concentración de P4 a las 12 horas de detectado el estro, utilizando ganado lechero. Si bien en el referido estudio la temperatura máxima promedio fué de 25.7 C, muy inferior a la registrada en este trabajo (34.5 C, época C/Ca). El presente estudio parece ser definitivo en el sentido de que la P4 al momento del estro, no es afectada por las variaciones climáticas.

En las concentraciones de P4 al momento del estro no se detectaron diferencias ( $P > .05$ ) entre las receptoras que resultaron gestantes y las que no quedaron gestantes (Cuadro 12). De Silva et al. (1981) registraron una correlación negativa entre los porcentajes de gestación y las concentraciones séricas de P4 durante el estro. Esta discrepancia pudo deberse a la meticulosa detección de estros realizada en el presente estudio, mientras que en el conducido por De Silva et al. (1981) la detección de estros se realizó solo dos veces al día, lo cual aumentó las posibilidades de incluir en el análisis animales detectados erróneamente en estro.

El presente estudio sugiere que la concentración de P4 al momento del estro no se asocia con la tasa de fertilidad de receptoras de embriones, sin embargo estos resultados no refutan los obtenidos por De Silva et al. (1981) donde las vacas fueron inseminadas artificialmente. Consecuentemente la posibilidad de que las concentraciones de P4 en el momento del estro afecten la fertilización y sobrevivencia de los embriones a edad temprana, aun no puede ser descartada.

Las concentraciones séricas de P4 al momento de realizar la transferencia de embriones (Cuadro 13), tuvieron un comportamiento similar ( $P > .05$ ) entre épocas. Así mismo las concentraciones de P4 séricas no fueron diferentes ( $P > .05$ ) para vacas gestantes y no gestantes, ni las interacciones entre estado reproductivo y época resultaron significativas ( $P > .10$ ).

Los resultados anteriores no concuerdan con los trabajos en los cuales se han utilizado las concentraciones séricas de P4 al momento de la transferencia del embrión para seleccionar receptoras (Jordt y Lorenzini., 1988), ya que en éstos, los mejores porcentajes de gestación en receptoras estuvieron asociados con concentraciones de P4 mas altas que las de vacas no gestantes.

Una posible explicación a las diferencias mencionadas, es que en el presente estudio las condiciones de riguroso control en que se realizó, tales como selección de receptoras, detección meticulosa del estro corroborada con la concentración de P4 sérica y presencia de un cuerpo lúteo palpable antes de la transferencia del embrión, provocó que los grupos de animales incluidos como receptoras fueran mas homogéneos que en el trabajo de Jordt y Lorenzini (1988). Sin embargo, existen trabajos que coinciden con los resultados obtenidos en el presente, puesto que recientemente Payas et al. (1989) encontró que los niveles de P4 plasmática 24 horas antes de la transferencia de embriones no difieren en vaquillas gestantes y no gestantes.

Lo anterior no difiere del uso de los niveles de P4 para identificar animales con niveles relativamente altos o muy bajos

**Cuadro 13. CONCENTRACION SERICA DE PROGESTERONA (pg/ml) AL MOMENTO DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (día 6 ó 7 posestro) EN VACAS Y VAQUILLAS DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS SEMIARIDAS.** 1

EPOCA <sup>2</sup>	n	GESTANTES	n	NO GESTANTES	PROMEDIO
T/T	11	1198 ± 174	26	1185 ± 113	1191 ± 103
C/T	6	1110 ± 235	39	962 ± 92	1036 ± 126
C/C a	6	1505 ± 235	34	1120 ± 99	1312 ± 127
C/C b <sup>3</sup>	11	1487 ± 174	28	1329 ± 109	1408 ± 102
PROMEDIO		1325 ± 103		1149 ± 51	1237

1 media ± error estandar.

2 T = templada; C = cálida. El numerador indica el día y el denominador la noche.

3 La época cálida/cálida se dividió en dos subépocas debido a que en C/Ca no se produjeron embriones frescos, incluyéndose otro muestreo que correspondió a la C/Cb.

No se detectaron diferencias entre medias ( $P > .05$ ).

de P4 al momento de la transferencia del embrión, los cuales se asocian con una tasa baja de sobrevivencia de los embriones (Niemann et al., 1985; Arave et al., 1987), debida posiblemente a animales detectados en estro erróneamente.

La duración del ciclo estral y del cuerpo lúteo (Cuadro 14) no presentaron diferencias ( $P > .05$ ) entre épocas, los cuales tuvieron un promedio de 20.2 y 12 días para el ciclo estral y cuerpo lúteo respectivamente.

Algunos estudios coinciden con la falta de efecto de época sobre la duración del ciclo estral (Wolff and Monty, 1974; Adeyemo et al., 1979), no obstante existen trabajos en los cuales se observó un alargamiento (Gangwar et al., 1965) o bien una reducción (Rakha and Igboeli, 1971; Villagomez, 1990; Hishelwood et al., 1982) del ciclo por efecto de época.

Las diferencias mencionadas anteriormente en la duración del ciclo y los resultados del presente estudio pueden deberse a varias razones; a) la utilización de ganado cebú, el cual parece ser más susceptible al fotoperíodo (Gonzalez et al., 1990; Lozano, 1986; Villagomez, 1990); b) efectos confundidos de época debido a la disponibilidad de forraje, ya que si bien los animales alimentados adecuadamente no presentan diferencias en la duración del ciclo, animales con niveles por debajo de sus requerimientos nutricionales, el ciclo estral se ve alargado (Rakha and Igboeli 1971); c) errores en la detección del estro, que pueden contribuir a la variación aparente del ciclo estral, ya que se ha visto que en hatos grandes de vacas lecheras, es común encontrar

**Cuadro 14. DURACION (días) DEL CICLO ESTRAL Y DEL CUERPO LUTEO EN VACAS Y VAQUILLAS PRODUCTORAS DE CARNE DURANTE TRES EPOCAS DEL AÑO EN ZONAS SEMIARIDAS. 1**

<sup>2</sup> EPOCA	n	DURACION DEL CICLO ESTRAL	DURACION DEL CUERPO LUTEO
TEMPLADA / TEMPLADA	7	20.5 ± 0.5	11.9 ± 0.7
CALIDA / TEMPLADA	7	19.9 ± 0.5	11.3 ± 0.7
CALIDA / CALIDA	5	20.4 ± 0.7	13.0 ± 0.9

1 media ± error estandar.

2 El numerador indica el día y el denominador la noche.  
No se detectaron diferencias entre medias ( $P > .05$ ).

ciclos estrales menores a 18 o mayores a 25 días debido a fallas de los encargados de observar estros (MacMillan and Watson, 1971). y d) periodo posparto de los animales estudiados, puesto que al reinicio de la actividad ovárica posparto, se ha visto que las vacas presentan ciclos estrales cortos (Odde et al., 1980; Ramirez-Godinez et al., 1982), los cuales pueden estar confundidos en los efectos de época.

En el presente estudio, el efecto del fotoperíodo probablemente no influyó sobre los resultados, ya que en las épocas evaluadas (abril a septiembre) no ocurren los cambios transicionales de horas luz, en comparación a otros meses (octubre-noviembre y febrero-marzo), que aparentemente influyen en la actividad reproductiva del ganado cebú (Lozano 1986; Villagomez 1990) y Holstein (Petitclerc et al., 1983).

La duración del cuerpo lúteo (CL) funcional (Cuadro 14), no fue diferente ( $P > .05$ ) entre épocas, lo cual es corroborado ya que existe una estrecha relación entre la duración del CL y la del ciclo estral (Smith, 1986). Algunos autores (Hishelwood et al., 1982) mencionan que el acortamiento del ciclo estral por efecto de época, está relacionado con un desbalance endocrino que pudiera reducir la vida del CL, no obstante en el presente estudio la vida del CL no varió, lo cual refuerza el hecho de no haber encontrado influencia de la época sobre la duración del ciclo estral.

Al evaluar el desarrollo del CL por medio de la pendiente ascendente de la regresión de P4 y la regresión del CL medida por la pendiente negativa de la regresión de P4, no se identificaron

FALTA

PAGINA

54

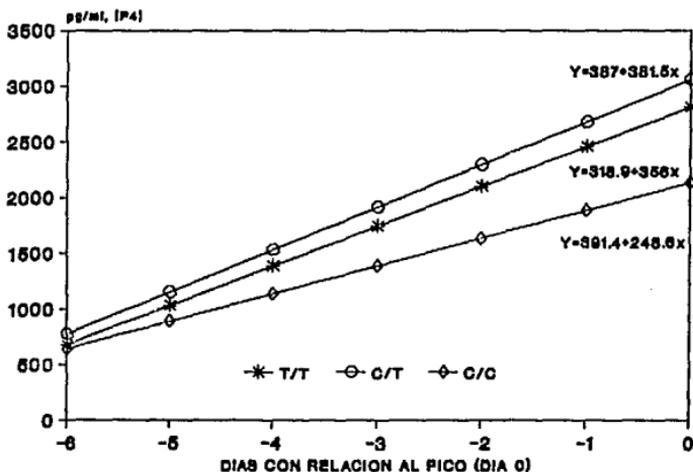
efectos debido a época (Gráficas 1 y 2). Si bien en la literatura disponible no se encontraron trabajos en que se evaluaran los efectos de época sobre el desarrollo del CL como en el presente estudio, en algunos estudios (Adeyemo, 1979; Wolff and Monty, 1974) a través de las concentraciones séricas de P4 durante los primeros días del ciclo, no se encontraron efectos debido a época.

Por otra parte Biggers et al. (1986), con vacas gestantes, observó que el desarrollo del CL evaluado como la regresión de P4 en los días 8 al 16 del ciclo, no se afectó en vacas mantenidas en estrés calórico moderado (37 C; 27% humedad relativa). Sin embargo, al someter a las vacas a un estrés calórico severo (37 C; 40% humedad relativa), el desarrollo del CL fue mayor.

En bovinos, el desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo depende fundamentalmente de la hormona luteinizante (LH) que es el principal agente luteotrópico en esta especie (Hansel and Convey, 1983). Los perfiles de estrógenos (E) y LH alrededor del estro son importantes debido a que estas dos hormonas causan el estro y regulan el tiempo de ovulación por parte del folículo y por consiguiente el inicio del desarrollo del futuro CL.

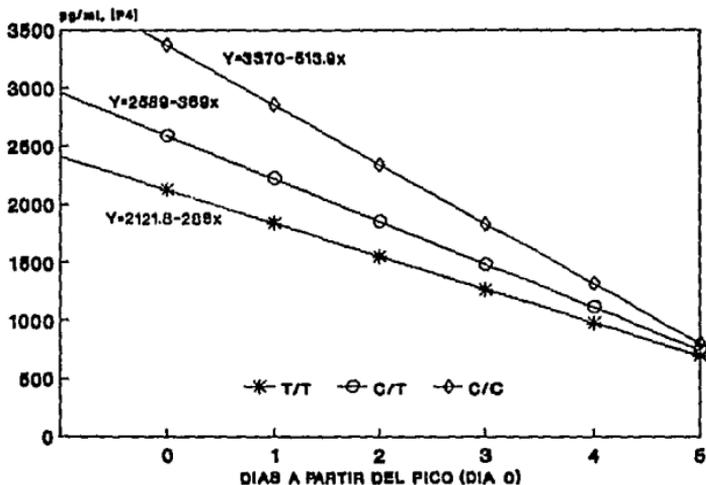
El perfil de secreción de P4 después de la ovulación es importante ya que ésta sincroniza la función del útero (Lawson, 1983) con el desarrollo del embrión. Si la P4 se eleva muy rápido durante este período, induce un útero de edad relativa más avanzada que el de las donadoras del embrión, lo cual parece ser incompatible con la sobrevivencia del mismo (Putney et al., 1988b). La ausencia de efecto de época sobre el desarrollo del

**Gráfica 1. EFECTO DE TRES EPOCAS DEL AÑO  
SOBRE EL DESARROLLO DEL CUERPO LÚTEO.**



- Indicada por la pendiente ascendente de la regresión de progesterona sobre los días del inicio al pico de la función lútea. El número de observaciones fue: T/T = 7, C/T = 7 y C/C = 6. Las pendientes no difirieron entre sí ( $P > .05$ ).

**Gráfica 2. EFECTO DE TRES EPOCAS DEL AÑO  
SOBRE LA REGRESION DEL CUERPO LÚTEO\***



- \* Indicada por la pendiente descendiente de la regresión de progesterona sobre los días del pico al fin de la función lútea. El número de observaciones fue: T/T = 7; T/C = 7 y C/C = 6. Las pendientes no difirieron entre sí ( $P > .05$ ).

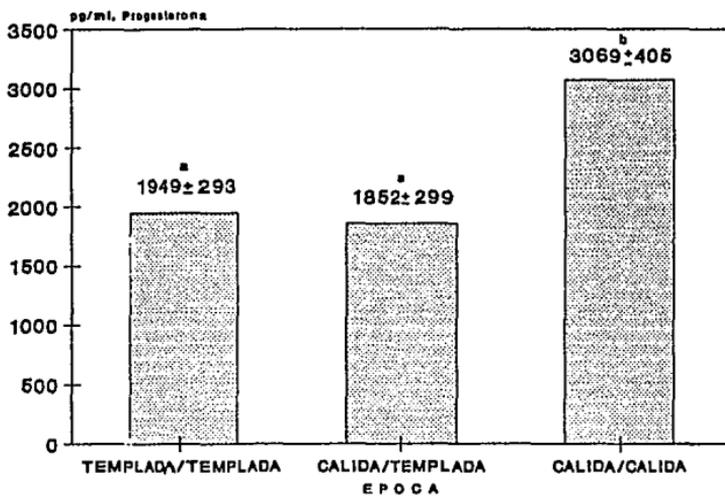
CL, también indica que las condiciones ambientales de las épocas estudiadas no afectan el desarrollo ni la función del folículo que dió origen al CL. De la misma manera los perfiles de P4 observados indican que probablemente la época no altera la edad fisiológica del útero cíclico.

Otro indicador de la función normal del CL es la regresión del mismo (Gráfica 2), la cual tampoco presentó variaciones por efecto de época. Lo anterior concuerda con las variables relacionadas con la función del CL evaluada en este estudio, donde no se presentaron diferencias ( $P > .05$ ) debidas a época.

Al analizar tanto el pico de secreción del CL (Gráfica 3) como la función total lutea (medida por el área bajo la curva) durante la vida del CL (Gráfica 4), se observa que la época cálida/cálida presenta un mayor ( $P < .05$ ) pico de secreción de P4, en comparación a las otras épocas evaluadas, lo cual provoca que el area bajo la curva tenga mayores ( $P < .05$ ) concentraciones de P4 en la misma época.

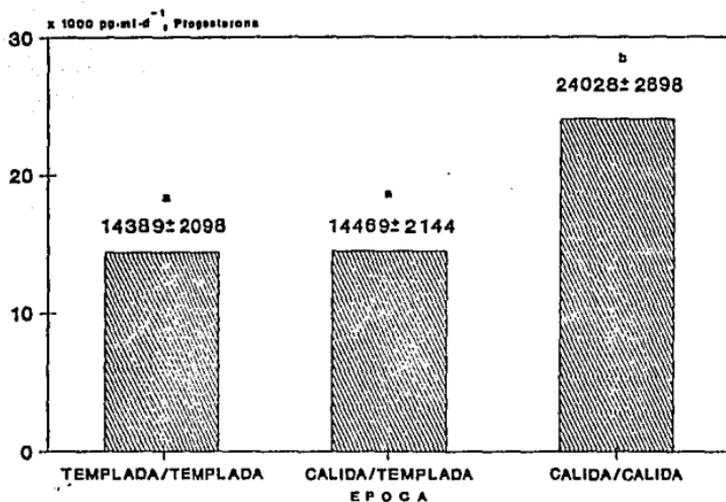
Los resultados aquí presentes en relación a la cantidad total de P4 durante la fase lutea coinciden con varios trabajos realizados con ganado lechero en zonas tropicales (Gwasdauskas et al., 1973; Vaught, 1976; Collier et al., 1982) y zonas áridas (Wolff and Monty, 1977), y con ganado productor de carne (Dunlap and Vincent, 1971). No obstante existe controversia sobre la concentración de P4 en hembras bovinas, así por ejemplo en zonas áridas o semiáridas, Stott et al. (1972) utilizando ganado lechero y muestreando una vez al mes, encontró una disminución en la concentración de P4 en la época calurosa. Por su parte

Gráfica 3. PICO DE PROGESTERONA  
EN LA FASE LÚTEA



El número de observaciones fue: T/T = 7; C/T = 7 y C/C = 5.  
a,b distintas literales indican diferencia ( $P < .05$ ).

Gráfica 4. FUNCION TOTAL  
DEL CUERPO LUTEO\*



\* Indicada por el area bajo la curva de las concentraciones de progesterona (pg·ml·d<sup>-1</sup>). El número de observaciones fue: T/ T = 7; C/ T = 7 y C/ C = 5.

a,b distintas literales indican diferencia ( P < .06 ) .

Rosemberg et al. (1977) con ganado lechero en su primer ciclo estral posparto, encontró bajas concentraciones de P4 durante los meses de verano en comparación a los meses de invierno. Igualmente Wise et al. (1988) al someter durante el verano vacas lecheras a sistemas de enfriamiento o refrigeración posterior a la inseminación artificial encontró una disminución de la P4 alrededor del día 15 del ciclo estral en los animales mantenidos en condiciones de enfriamiento.

Otro factor que podría explicar las diferencias entre algunos de los estudios citados y el presente es la utilización de ganado lechero, en el cual se presenta durante las primeras semanas de lactación un balance energético negativo, ya que sus requerimientos de energía exceden los consumidos por el animal (Chalupa et al., 1988), a diferencia del ganado productor de carne el cual puede presentar un balance energético positivo durante el período posparto, cuando es bien alimentado.

Las diferencias con el presente estudio, tales como: la frecuencia de muestreo, si fueron inseminadas o no, intensidad y tiempo del estrés por calor, el estado fisiológico de los animales o bien los períodos de refrigeración a que se sometió el ganado, probablemente influyeron en la magnitud de la respuesta a los efectos de las temperaturas altas.

Trabajos realizados en laboratorio (Abilay, 1975; Wiersma and Stott, 1969; Dunlap and Vincent, 1971) indican que la concentración de P4 se ve aumentada al exponer a los animales al estrés por calor, sin embargo, las concentraciones de P4 disminuyen conforme los animales se aclimataron. Biggers et al.

(1987) quienes utilizaron vacas productoras de carne gestantes, no observaron diferencias en las concentraciones de P4 cuando el ganado fue sometido a estrés calórico moderado. No obstante al someterlo a un estrés mas severo las concentraciones de P4 se aumentaron.

Lo anterior sugiere que bajo condiciones controladas, las concentraciones de P4 se ven aumentadas, las cuales decrecen conforme los animales llegan a aclimatarse. Alternativamente los animales requieren de exposiciones a condiciones ambientales muy severas para provocar los incrementos de P4 sérica.

Las diferencias entre los trabajos realizados en laboratorio y los llevados a cabo en condiciones naturales, son que en éstos últimos la exposicion al calor es gradual al pasar de una época a otra, lo cual favorece el proceso de adaptación de los animales a los cambios estacionales.

Independientemente de cuales son las condiciones que determinan los aumentos de P4, los resultados obtenidos en esta tesis con respecto al aumento del pico y función total del cuerpo luteo durante la época cálida/cálida, indican que la baja fertilidad asociada a la época cálida mencionada por otros autores, no es mediada por una mayor secreción de P4 durante la fase lutea.

### VIII.-CONCLUSIONES

En el presente estudio las ganancias de peso de las vacas y vaquillas, así como su adecuada condición corporal, mostraron que las condiciones de alimentación fueron satisfechas en todas las épocas de estudio, eliminándose así un posible efecto confundido de época y nivel de alimentación sobre la actividad reproductiva. Consecuentemente los resultados obtenidos permiten las siguientes conclusiones:

En vacas sin cría y vaquillas productoras de carne, la duración e intensidad del estro no se ven afectadas por las épocas. El porcentaje de animales en estro tampoco es influenciado por las épocas de estudio.

Las concentraciones séricas de progesterona durante el estro o al momento de la transferencia de embriones no son afectadas por la época y no existe asociación entre los porcentajes de gestación y la concentración de progesterona al momento del estro o al momento de la transferencia del embrión.

Tanto la duración del ciclo estral como la del cuerpo lúteo no se ven afectadas por las épocas de estudio.

El desarrollo del cuerpo lúteo y la regresión del mismo presentan un comportamiento similar entre las épocas evaluadas.

La época cálida/cálida influyó en una mayor liberación de progesterona durante la fase lútea, sin embargo este fenómeno no se asoció con los porcentajes de gestación de vacas y vaquillas que recibieron un embrión en el día siete postestro.

Adicionalmente, se determinó que el porcentaje de gestación

en vacas y vaquillas receptoras de embriones frescos o congelados no varía entre las épocas estudiadas.

La información generada en la presente tesis indica que la transferencia de embriones bovinos puede efectuarse en todas las épocas del año con las mismas probabilidades de éxito en zonas semiáridas.

## IX. LITERATURA CITADA.

- Abilay, T.A., H.D. Johnson, and W. Madan. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58:1836-1840.
- Adeyemo, O., U.U. Akpokodje, and P.I. Odili. 1979. Control of estrus in Bos indicus and Bos taurus heifers with PGF2 alpha. *Theriogenology* 25:225.
- Arave, C.W., T.D. Bunch., C.H. Mickelsen, and K. Warnick. 1987. Factors affecting survivability of transferred whole and demi-embryos in a commercial dairy herd. *Theriogenology* 28:373.
- Badinga, L., R.J. Collier, W.W. Thatcher, and C.J. Wilcox. 1985. Effects of climate and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68:78.
- Biggers, B.G., R.D. Geisert, R.P. Wetteman, and D.S. Buchanan. 1986. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512.
- Borguetts, L.R., A. Zapien S. y G. Lugo. 1981. Parámetros reproductivos de vacas Brangus, Charolais, Gyr y Criollas en zonas semiáridas. XV Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. México D.F. Dic 1981. 62.
- Bond J., and R.E. McDowell. 1972. Reproductive performance and physiological response of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. *J. Anim. Sci.* 35:820.
- Britt, J.H., R.G. Scott., J.D. Armstrong, and M.D. Whitacre. 1986. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 69:2195.
- Castillo, R.H., R. Padilla, J.A. Rivera M., J. Fajardo G. y J. Perez. 1983. Ciclo anual de las fecundaciones en Bos Indicus y Bos taurus por Bos indicus mantenidas en clima tropical. Memoria, Reunion de Investigación Pecuaria en México. 86.
- Chalupa, W., and J.D. Ferguson. 1988. La importancia de la nutrición en la reproducción de la vaca alta productora. Memoria del Seminario Internacional. La importancia de la nutrición en la reproducción de bovinos. IX Aniversario del Centro de Ganadería. Colegio de Posgraduados. 41.
- Chenoweth, P.J. 1981. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology* 16:155.

- SARH. 1991. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. 1975-1991. Estación climatológica de la Comisión Nacional del Agua. Carbo; Sonora.
- De Alba, J.M. 1976. Panorama actual de la ganadería mexicana. Memorias del Seminario Internacional de Ganadería Tropical F.I.R.A. México, D.F. 41.
- De Silva, A.W.M.V., G.W. Anderson, F.C. Gwazdauskas, M.L. Mc Gilliard, and J.A. Lineweaver. 1981. Interrelationships with estrous behavior and conception in dairy cattle. J. Dairy Sci. 64:2409.
- Donaldson, L.E. 1962. Some observations of the fertility of beef cattle in North Queensland. Aust. Vet. J. 34:447.
- Dunlap, S. E., and C. K. Vincent. 1971. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate en beef cattle. J. Anim. Sci. 32:1216.
- Ealy, A.D., M. Drost, and P.J. Hansen. 1993. Developmental changes in embrionic resistance to adverse effects of maternal heat stress. J. Anim. Sci. 76:2899.
- Elsden, R.P. 1989. Mexican Government uses embryo transfer to increase production of National dairy herd. Theriogenology 31:47.
- Esslemont, R.J., and M.J. Bryant. 1976. Oestrous behaviour in a herd of dairy cows. Vet. Rec. 99:472.
- Fajardo, G.J., H. Roman-Ponce, C. Vazquez. y H. Castillo R. 1989. Eficiencia reproductiva en ganado Indobrasil en clima tropical (Am). Memorias de la Reunión Anual de Investigación Pecuaria en México. 173.
- Farrand, G.D., and R.P. Elsden. 1990. Freezing of embryos. Bovine embryo transfer. 1990 Short course proceedings. Colorado State University. Ft. Collins, Co. U.S.A. 133.
- Fox, D.G., C.J. Sniffen, and J.D. O'Connor. 1988. Nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. J. Anim. Sci. 66:1475.
- Ganswar, P.C., C. Branton, and D.L. Evans. 1965. Reproductive and physiological responses of Holstein heifers to controlled and climatic conditions. J. Dairy Sci. 48:222.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. (2a Ed.). Universidad Nal. Autónoma de México.

- Gastelum, P. L. E. 1984. Producción intensiva de carne a partir de un sistema integral de manejo en zonas semiaridas. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. México, D.F.
- Geisert, R.D., M.Y. Zavy, and B.G. Biggers. 1988. Effect of heat stress on conceptus and uterine secretion in the bovine. *Theriogenology* 5:1075.
- Gonzalez, D.J.J., Villa, G.A., Roman P.H. y Vasquez, P.C. 1990. Factores que afectan la productividad de las vacas de doble propósito III. Distribucion estacional de fecundaciones y su asociación con los grupos genéticos o sistemas de manejo reproductivo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Tabasco, Nov. 1990. 444.
- Gwzdauskas, F.C., J.A. Lineweaver, and M.L.McGillard. 1983. Environmental and management factors affecting estrous activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:1510.
- Gwzdauskas, F.C., W.W. Thatcher, and C.J. Wilcox. 1973. Physiological, environmental and hormonal factors of insemination wich affect conception. *J. Dairy Sci.* 57:476.
- Gwzdauskas, F.C., W.W. Thatcher, C.A. Kiddy, M.J. Paape, and C.J. Wilcox. 1974. Hormonal response to heat stress after PGF 2 alpha. *J. Anim. Sci.* 39:209.
- Hahn, G.L. 1981. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *J. Anim. Sci.* 53:175.
- Hansel, P.J., and M. convey. 1983. Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 57 (suppl):404.
- Helmer, S.D., P.J. Hansen, R.V. Anthony, W.W. Thatcher, F.W. Bazer, and R.M. Roberts. 1987. Identification of bovine trophoblast protein-1 a protein secretory protein immunological related to ovine trophoblast protein-1. *J. Reprod. Fertil.* 79:83.
- Helmer, S.D., and J.H. Britt. 1985. Mounting behavior as affected by stage of estrous cycle in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 68:3023.
- Hinshelwood, M.M., P.J. Hansen, and E.R. Hauser. 1982. Short estrous cycles in postpartum cows as influenced by level of milk production, suckling, diet, season of calving and interval to first estrus. *Theriogenology* 18:383.
- Holenchek, J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1989. Range management principles and practices. Chapt. 11 Range animal nutrition. Edit. Prentice Hall, New Jersey 07632. USA.

- INEGI. 1982. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. Cartografía Topográfica. 2a. edición. Aguascalientes, Ags.
- Ingraham, R.H., D.D. Gillette, and W.D. Wagner. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 57:476.
- Jimenez, F., C.S. Galina, B. Ramirez, and R. Navarro-Fierro. 1985. Comparative study of the concentration of peripheral progesterone before and after PGF2a injection between Bos taurus (Brown Swiss) and Bos Indicus (Indobrasil) in the tropics. *Anim. Reprod. Sci.* 9:333.
- Jordt, T., and E. Lorenzini. 1988. Superovulation, collection and transfer of embryos and demi-embryos from Boran (Bos indicus) cows and heifers. *Theriogenology* 30:355.
- Labhsetwar, A.P., W.J. Tyler, and L.E. Casida. 1963. Genetic and environmental factors affecting quiet ovulations in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 46:843.
- Lawson, R.A.S., and L.P. Cahill. 1983. Modification of the embryo-maternal relationship in ewes by progesterone treatment early in the oestrous cycle. *J. Reprod. Fertil.* 67:473.
- Lee, J.A., J.F. Beatty, and J.D. Roussel. 1971. Effect of thermal stress on circulating levels of cortisol and progesterone. *J. Dairy Sci.* 54:768.
- Leibo, S. 1983. Field trial of one step frozen bovine embryos transferred non-surgically. *Theriogenology* (Abstr.). 19:139.
- Leibo, S. 1986. Commercial production of pregnancies from one-step diluted frozen-thawed bovine embryos. *Therio.* 25:116.
- Lozano, D.R.R. 1986. Estacionalidad reproductiva de vacas cebu en el trópico. Tesis de Maestría. Fac. Estudios Superiores Cuautitlán. U.N.A.M. México, D.F.
- MacMillan, K.L., and J.D. Watson. 1971. Short estrous cycles in New Zeland dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 54:1526.
- Miller, H.L., and C.W. Alliston. 1974. Bovine plasma progesterone levels at programmed circadian temperatures of 17 to 21 C and 21 to 34 C. *Life Sci.* 14:705.
- Miksch, E.D., D.G. Lefever., G. Mukembo., J.C. Spitzer, and J.N. Wiltbank. 1978. 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.

- Monty, D.E. Jr., and C. Racowsky. 1987. In vitro evaluation of early embryo viability and development in summer heat stressed superovulated dairy cows. *Theriogenology* 4:451.
- Niemmann, H., B. Sacher, and F. Elsaesser. 1985. Pregnancy rates relative to recipient plasma progesterone levels on the day of non-surgical transfer of frozen-thawed bovine embryos. *Theriogenology* 23:631.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of beef cattle* (5th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Odde, K.G., H.S. Ward., G.H. Kiracofe., R.M. McKee, and R.J. Kittok. 1980. Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cattle. *Theriogenology* 14:105.
- Padilla, F.J., H. Castillo, J.A. Peña y R. Belchez. 1982. Reproducción y producción del ganado comercial en la zona centro del estado de Veracruz. VIII Congreso Nacional de Buiatría. 48.
- Pawlyshyn, V., C.E. Lindsell, M. Brouthwise, and R.J. Mapletoft. 1986. Superovulation of beef heifers with FSH-P; a dose response trial. *Theriogenology* 25:179.
- Payas, J.A., P.J. Broadbent., D.F. Dolman, and W.B. Christie. 1989. Factor affecting pregnancy rate in embryo transfer recipient with reference to plasma progesterone. *Theriogenology* 31:238.
- Pennington, J.A., J.L. Albright., M.A. Diekman, and C.J. Callahan. 1985. Sexual activity of Holstein cows: Seasonal effects. *J. Dairy Sci.* 68:3023.
- Perry, V.E.A., P.J. Chenoweth, T.B. Post, and R.K. Munro. 1991. Patterns of development of gonads, sex-drive and hormonal responses in tropical beef bulls. *Theriogenology* 35:473.
- Petitclerc, D., L.T. Chapin, R.S. Emery, and H.A. Tucker. 1983. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 57:892.
- Plasse, D., A.C. Warnick, and M. Koger. 1970. Reproductive behavior of *Bos indicus* female in subtropical environment. IV. Length of estrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *J. Anim. Sci.* 30:63.
- Proctor, M. 1985. Effects of negative energy balance on endogenous and on LHRH-induced LH release in ovariectomized heifers. Tesis Doctoral de Filosofía. Texas A&M University.

- Putney, D.J., and W.W. Thatcher. 1988. Embryonic development in dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* 30:195.
- Putney, D.J., J.R. Malayer, T.S. Gross, W.W. Thatcher, P.J. Hansen, and M. Drost. 1988a. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. *Biol. Reprod.* 39: 717.
- Putney, D.J., W.W. Thatcher., M. Drost., J.M. Wright and M.A. De Lorenzo. 1988b. Influence of environmental temperature on reproductive performance of bovine embryo donors and recipients in the southwest region of the United States. *Theriogenology* 30:905.
- Putney, D.J., S. Mullins, W.W. Thatcher, M. Drost, and T.S. Gross. 1989. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19:37.
- Putney, D.J., M. Drost, and W.W. Thatcher. 1989a. Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology* 31: 765.
- Putney, D.J., C.A.A. Torres, T.S. Gross, W.W. Thatcher, C. Plante and M. Drost. 1989b. Modulation of uterine prostaglandin biosynthesis by pregnant and non pregnant cows at day 17 post-estrus in response to in vivo and in vitro heat stress. *Anim. Reprod. Sci.* 20:31.
- Randel, R.O., 1990. Nutrition and postpartum reebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853.
- Rakha, M.A., and G. Igboeli. 1972. Effects of nutrition, season and age on estrous cycle of indigenous Central African cattle. *J. Anim. Sci.* 32:943.
- Ramirez-Godinez, J.A., G.H. Kirakofe, D.L. Carnahan., M.F. Spire., K.B. Beeman., J.S. Stevenson, and R.R. Sehalles. 1982. Evidence for ovulation and fertilization in beef cows with short estrous cycles. *Theriogenology* 17:409.
- Rivera, J.B., Piña, J. Fajardo, M. Leal, E. Villagomez, H. Castillo, J. Perez, H. Hernandez y E. Gonzalez. 1984. Epocas cortas de empadre en ganado bovino en clima tropical. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México.* 300.
- Roman, P.H., W.W. Thatcher, D. Caton, D.H. Barron, and C.J. Wilcox. 1978. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46:175.

- Rosenberg, M., Z. Herz, M. Davidson, and Y. Folman. 1977. Seasonal variations in post-partum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 51:365.
- Ryan, D.P., E.G. Blakewood, J.W. Lynn, L. Munyakazi, and R.D. Godke. 1992. Effect of heat-stress on bovine embryo development in vitro. *J. Anim. Sci.* 70:3490.
- Ryan, D.P., J.F. Prichard, E. Kopel, and R.A. Godke. 1990. Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. *Theriogenology* 33:314.
- SAS. 1985. SAS User's guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shimada, A.J., F. Rodriguez G., J. Cuaron I. 1986. Engorda de ganado bovino en corrales. Capitulo 1. El Ganado: peso, edad, talla y condición física. Edit. Consultores en producción animal, S.C. 1ª ed. México.
- Shemesh, M., H.R. Linder, and N. Ayalon. 1971. Competitive protein-binding assay of progesterone in bovine jugular venous plasma during the oestrous cycle. *J. Reprod. Fert.* 26:167.
- Short, R.E. 1988. Efectos de la nutrición sobre el anestro posparto y la infertilidad del ganado productor de carne: Una revisión general. Memoria del Seminario Internacional. La importancia de la nutrición en la reproducción de bovinos. IX Aniv. del Centro de Ganadería. Colegio de Posgraduados. 24.
- Smith, F.M. 1986. Symposium: ovarian function; Recent advances in corpus luteum physiology. *J. Dairy Sci.* 69:911.
- Sreenan, J.N., and M.G. Diskin. 1988. Factors affecting pregnancy rate following embryo transfer in the cow. *Theriogenology* 27:99.
- Spitzer, J.C., S.E. Mares, and L.A. Peterson. 1981. Pregnancy rate among beef heifers from timed insemination following synchronization with a progestin treatment. *J. Anim. Sci.* 53:1.
- S.P.D. Secretaría de Planeación del Desarrollo. 1988-1989. Agenda Estadística. Gobierno del Estado de Sonora. p.182.
- Stott, G.H., and F. Wiersma. 1973. Climatic thermal stress, cause of hormonal depression and low fertility in bovine. *Int. J. Biometeor.* 17:115.
- Stott, G.H., F. Wiersma, and J.M. Woods. 1972. Reproductive health program for cattle subjected to high environmental temperatures. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 161:1339.

- Thatcher, W.W., 1974. Effect of season, climate and temperature on reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.* 75:360.
- Thatcher, W.W., D.J. Putney and M.D. Drost. 1990. Physiological aspects of heat stress in cattle. *Proceeding of The Southwest Nutrition and Management Conference*. February 5-6. 1987. Tempe, Arizona. 26.
- Trevit, H.R., and R.P. Elsdon. 1981. Development and viability of frozen-thawed embryos. *Theriogenology* 15:395.
- Ulberg, L.C., and P.J. Burfening. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.* 26: 571.
- Vaugh, L.K. 1976. Some effects of high environmental temperatures on reproductive, endocrine and physiologic characteristics of lactating and nonlactating Holstein Friesian cows in Arizona. *Diss. (Abstr. Int. 37:1982)*.
- Villagomez, A.M.E. 1990. Influencia estacional sobre el estro y ciclo estral en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Tesis de Maestría. Fac. Est. Sup. Cuautitlán, U.N.A.M. México, Mex.*
- Villa-Godoy, A., T.L. Hughes, R.S. Emery, W.J. Enright, A.D. Ealy, S.A. Zinn, and R.L. Fogwell. 1990. Energy balance and body condition influence luteal function in Holstein heifers. *Domest. Anim. Endocrinol.* 7:135.
- Villa-Godoy, A., T.L. Hugues, R.S. Emery, E.P. Stanisiewski, and R.L. Fogwell. 1990 a. Influence of energy balance and body condition on estrus and estrous cycles in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 73:2759.
- Vries, S. de., A. Osinga, and J. Zeinstra. 1973. Length and frequency of oestrus in Friesian milking cows in Kenia. *East African Agric. Forest. J.* 39:176.
- Wiersma, F., and G.H. Stott. 1969. New concepts in the physiology of heat stress in dairy cattle of interest of engineers. *Transactions of the ASAE.* 12:130.
- Wiltbank, J.N. 1973. Level of energy and protein in Cows. Factors affecting calf crop. *Edit. by T.J. Cunha, A.C. Warnick and M. Koger. University of Florida press. Gainesville. 3d.print. p.44.*
- Wiltbank, J.N., A.C. Cool, R.E. Davis, and Warnick. 1957. The effect of different combinations of energy and protein on the occurrence of estrus, length of estrous period and time of ovulation in beef heifers. *J. Anim. Sci. (Abstr.).* 16:1100.

- Wiltbank, J.N., and E. Gonzalez-Padilla. 1975. Synchronization and induction of estrus heifers with a norgestomet implant in heifers and cows. *Theriogenology* 10:201.
- Wiltbank, J.N. 1987. Cambio del comportamiento reproductivo en hatos de ganado de carne. IV Simposium Internacional de Gnadería. mayo 1987. Hermosillo, Sonora, México. p.3-41.
- Wright, J.M. 1981. Non-surgical embryo transfer in cattle embryo-recipient interactions. *Theriogenology* 15:43.
- Wise, M.E., R.E. Rodriguez, and D.V. Armstrong. 1988. Fertility and hormonal responses to temporary relief of heat stress in lactating dairy cows. *Theriogenology* 29:1027.
- Wolff, L.K., and D.E. Monty. 1974. Physiologic response to intense summer heat and its effect on the estrous cycle of nonlactating and lactating Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 35:187.
- Wolff, V.L., D.E. Monty, and W.C. Foote. 1977. Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 38:1027.

#### APENDICE

#### Apéndice A: Determinación de Progesterona.

Se realizó el análisis de progesterona (P4) por el procedimiento de radioinmunoanálisis (Jimenez, 1985) en fase líquida. Se desarrollaron 27 ensayos, en cada uno de ellos se determinó la P4 de 33 muestras de suero problema (MTRA), dos muestras de suero de controles altos proveniente de vacas gestantes (CTR A) y dos muestras de suero de controles bajos provenientes de vacas en estro (CTR B).

De cada muestra de suero (MTRA, CTR A y CTR B), se tomó .200 ml en un tubo de ensayo de 20 ml, agregándose .300 ml de solución salina buferada con 0.1% de gelatina (PBS-G), agitándose por cinco segundos. A la solución preparada, se agregó 5 ml de éter etílico, se agitó por 30 seg y dejó reposar por 10 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se congelaron las muestras en vapor de nitrógeno por ocho min, descongelándose cada tubo por fricción manual y vaciando el contenido líquido en un tubo de ensayo de 15 ml, con el objeto de separar el éter y la P4 del resto del suero. Los tubos de 15 ml y su contenido, se colocaron en baño maría a 37 C por 15 min bajo una campana de extracción para evaporar el éter y desecar la muestra de P4.

La muestra desecada se resuspendió con 2 ml de PBS-G, incubándose a 37 C por 30 min, al terminar dicho período se agitó por 30 seg, se tomó por duplicado .500 ml de la muestra resuspendida y se vació en tubitos de ensayo de 3 ml.

En cada ensayo también se incluyeron las siguientes muestras: dos tubitos para determinar uniones no específicas (UNE) las cuales sólo contenían .600 ml de PBS-G; dos tubitos

para determinar uniones máximas (UMAX) conteniendo .500 ml de PBS-G; una curva estandar con progesterona (Sigma Chem. Co.) diluida en cantidades de 200 (ST1), 100 (ST2), 50 (ST3), 25 (ST4) y 12.5 (ST5) pg/.5 ml de PBS-G por duplicado en tubitos de 3 ml; cuatro viales de 10 ml con tapón de plástico (viales de centelleo) para determinar cuentas totales (CT), los cuales contenían .800 ml de PBS-G y .100 ml de hormona marcada (1,2,6,7-[<sup>3</sup>H]-progesterona con 20,000 dpm), dejándose reposar éstas últimas por 18 a 24 h a temperatura ambiente.

Se agregó .100 ml de un anticuerpo (antiprogesterona en dilución 1:7,500) a los tubitos MTRA, CTR A, CTR B, ST1, ST2, ST3, ST4, ST5 y UMAX, agitándose por 15 seg, posteriormente se adicionó .100 ml de hormona marcada a los tubitos MTRA, CTR A, CTR B, ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, UMAX y UNE, agitándose por dos seg, se incubó a 4 C por 18 a 24 h. Finalizado el período de incubación se agregó .200 ml de una solución de carbón : dextrán (6.25 mg : 62.5 mg en 100 ml de PBS-G) a los tubitos MTRA, CTR A, CTR B, ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, UMAX y UNE, agitándose por dos segundos y dejándose en reposo a 4 C por 15 min.

Posteriormente, todas las muestras (excepto CT) fueron centrifugadas a 3,000 rpm por 15 min a 4 C. El sobrenadante de los tubitos se vertió en viales de centelleo y se adicionó a todas las muestras 5 ml de solución de centelleo (42 ml liquifluor + 21 ml etanol absoluto + 937 ml tolueno), agitándose por 30 seg. Finalmente las muestras contenidas en los viales se dejaron reposar por 10 min y se colocaron en un contador de centelleo para determinar las cuentas por minuto.