

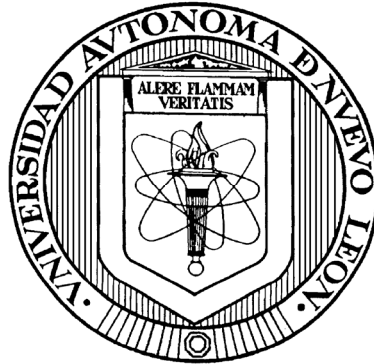
RECTOR
ING. JOSE ANTONIO GONZALEZ TREVIÑO

SECRETARIO GENERAL
DR. JESUS ANCER RODRIGUEZ

SECRETARIO ACADEMICO
DR. UBALDO ORTIZ MENDEZ

DIRECTOR GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DR. CARLOS ALBERTO GUERRERO SALAZAR

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CARACTERIZACION
DEL REINICIO DE LA ACTIVIDAD
OVARICA POSTPARTO EN EL GANADO BOVINO

Por

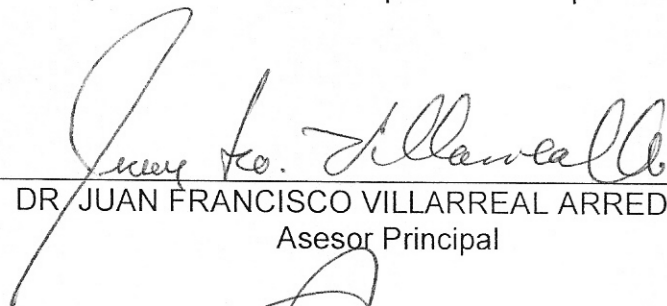
J. RUBEN CERVANTES VEGA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS

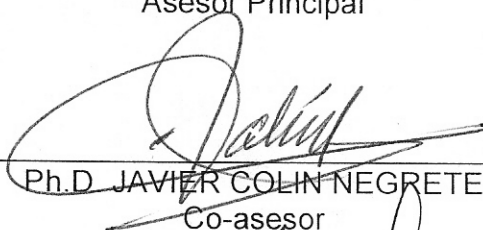
Febrero, 2007

CARACTERIZACION DEL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVARICA
POSTPARTO EN EL GANADO BOVINO

Aprobación de la tesis por el comité particular:



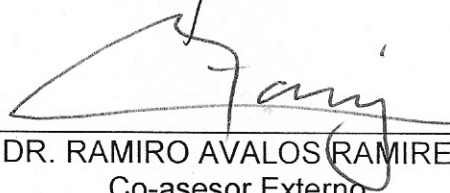
DR. JUAN FRANCISCO VILLARREAL ARREDONDO
Asesor Principal




Ph.D. JAVIER COLIN NEGRETE
Co-asesor



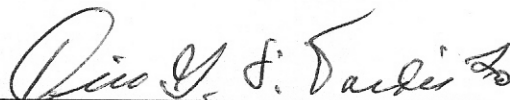
Ph.D. EMILIO OLIVARES SAENZ
Co-asesor



DR. RAMIRO AVALOS RAMIREZ
Co-asesor Externo



DRA. MAYELA PATRICIA GALLEGOS DE LA HOYA
Co-asesor Externo



Ph.D. CIRO G. S. VALDÉS LOZANO

Subdirector de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios, por permitirme gozar de su amor, en nombre de su hijo amado.

Agradezco a mi esposa, la Lic. María Lourdes Macías Reyna por compartir conmigo la visión, el hacer el sueño realidad, por apoyarme incondicionalmente en la culminación de mis objetivos. Agradezco a mis hijas María Esther y Diana Laura, por convertirse en el combustible que mueve mi espíritu.

A mis Padres Sr. Rafael Cervantes Castañeda y Juana Vega Contreras les agradezco la vida, les agradezco su amor al campo, característica que termino moldeando mi vida, pero sobre todas las cosas les agradezco por ser mi familia, núcleo de mi formación, y de mi cultura.

A mi hermana, la maestra María Esther Cervantes Vega, le doy gracias por su amor, por la educación, por el ejemplo de humildad, ímpetu y fortaleza en las adversidades, le debo y le deberé por siempre un profundo respeto.

A mis hermanos, Humberto, Alicia, José Joel, Angelina, Irma, Juan Rafael, Sergio, Ana Silvia, a sus cónyuges y sus hijos les agradezco el cariño que me tienen.

Expreso mi más sincero agradecimiento y aprecio al Dr. Sergio Ramiro Temblador Alcocer, mi gran amigo y padrino por enseñarme a desafiar lo cómodo.

Es pertinente agradecer a las personas que físicamente hicieron posible este trabajo, así pues, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) quien me otorgó fondos que hicieron posible éste esfuerzo colectivo. Reconozco de igual manera el apoyo otorgado para la divulgación de los resultados del presente trabajo a la Fundación Produce Nuevo León.

De manera especial agradezco las atenciones de mi asesor principal el Dr. Juan Francisco Villarreal Arredondo, del Ph.D. Javier Colín Negrete, del Ph.D. Emilio Olivares Sáenz, coasesores y del Dr. Ramiro Avalos Ramírez y de la Dra. Mayela Patricia Gallegos de la Hoya, coasesores externos, quienes me auxiliaron para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco, al Ph.D. Javier García Cantú y al Dr. Mario Ramírez de la Garza, que integraron en alguna época el Comité doctoral que supervisó éste trabajo las atenciones que para con mi persona tuvieron.

Un agradecimiento especial a los miembros del Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, la máxima casa de estudios de nuestro país quienes desinteresadamente me ayudaron a procesar el radioinmunoanálisis a que se hace referencia en este estudio, así, gracias pues al Dr. Joel Hernández Cerón, a la MVZ. Susana Rojas Maya, a la MVZ. Clara Murcia Mejía y al Biol. Gerardo Perera Marín, así como a los alumnos de ese laboratorio que en su momento me auxiliaron.

Doy las gracias al Ing. Raúl Hernández Macías, Ing. Adrián Rivera Moxica, Ing. Gerardo Guerrero Guevara, Ing. Gerardo Cantú, Ing. Javier Castillo García, al M.C. Carlos Alberto Hernández Martínez, y al Ing. Silvestre Martínez quienes colaboraron desinteresadamente en algunas de las partes del trabajo.

Agradezco también a los ganaderos y funcionarios públicos, que han sido parte significativa de mi vida laboral, al Ing. Manuel García Garza y al MVZ. Juan Antonio de León Garza, quien en la más reciente etapa de mi vida profesional me han dispensado de su confianza y me han brindado la oportunidad de tener un crecimiento profesional.

De igual manera aprecio significativamente al Ing. Ricardo Maldonado González, al Ing. Norberto Elizondo Garza, al Ing. Jesús Segovia Padilla, al MVZ. Sergio I. Valdez Borroel, al Ing. Luís Alberto Mena Garza, al Ing. Hugo

Reyna Muñoz y al MVZ. José Juan Cantú García, por las facilidades otorgadas a un servidor a la consecución de este estudio.

Agradezco a la comunidad de Académicos y a la comunidad estudiantil de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por haber compartido su casa, pido una disculpa a todos aquellos que de alguna manera facilitaron el llevar a término este trabajo y que no los refiero por su nombre.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

J. Rubén Cervantes Vega

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias con especialidad en Reproducción Animal.

Titulo de la tesis:

Caracterización del reinicio de la actividad ovárica postparto en el ganado bovino

Áreas de Estudio:

Ciencias Pecuarias, Zootecnia, Reproducción Animal.

Datos Personales:

Lugar y fecha de nacimiento: Nieves de Gral. Francisco R. Murguía, Zacatecas; 2 de octubre de 1964.

Profesión: Médico Veterinario Zootecnista.

Escolaridad

Maestro en Ciencias con especialidad en Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, egresado en enero de 1994.

Especialidad en Producción Animal por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Egresado en febrero de 1989.

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Egresado en junio de 1985.

Actividades Profesionales:

Extensionista en el Comité Para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Nuevo León de 1 de julio de 2003 a la fecha.

Gerente técnico de Compañía Integrada de Tecnología, Asesoría y Servicios S.A. de C. V. en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, de octubre de 1997 a 2001.

Consultor del Rancho el Salitre, en Cerralvo, N.L., de junio de 1998 a junio de 2003.

Coordinador en la Dirección Técnica de la Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de Nuevo León de mayo de 1994 a septiembre de 1997.

Maestro de tiempo completo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.A.N.L., de febrero de 1989 a junio de 1989.

Asesor del programa de desarrollo comunitario con la participación de la mujer, (ISSSTE-PINMUDE), de diciembre de 1986 a diciembre de 1987, México, D.F.

Monterrey, Nuevo León, febrero de 2007

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
TABLA DE CONTENIDO	viii
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xv
NOMENCLATURA.....	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xxi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Definición de período postparto (pp).....	3
2.2 Involución uterina postparto	5
2.3 Factores que influyen en el inicio de la actividad ovárica en el ganado productor de leche después del parto.....	6
2.3.1 Nutrición.....	6
2.3.1.1 Relación entre consumo de energía en la dieta y el índice de ovulación	6

2.3.1.2	Relación entre ingestión de proteína en la dieta y fertilidad	8
2.3.2	Condición corporal (CC)	8
2.3.3	Péptidos Opioides Endógenos.....	10
2.3.4	Factores climáticos	11
2.3.5	Número de parto	14
2.4	Factores que influyen en el inicio de la actividad ovárica en el ganado productor de carne después del parto.	15
2.4.1	Amamantamiento.....	15
2.4.2	Nutrición.....	16
2.4.3	Efecto de los péptidos opiodes endógenos sobre el anestro postparto.....	17
2.4.4	Condición corporal (CC)	18
2.5	Actividad ovárica postparto.....	21
2.5.1	Reinicio de la actividad ovárica en ganado productor de leche. .	21
2.5.2	Reinicio de la actividad ovárica en ganado productor de carne..	29
2.5.2.1	Reanudación de la ciclicidad posparto en ganando productor de carne.	35
2.6	Programas de sincronización o inducción de estro postparto.....	39
2.6.1	Agonistas del GnRH en ganado productor de leche.....	39
2.6.2	Agonistas del GnRH en ganado productor de carne.....	41
2.6.3	Progestágenos.....	42
2.6.3.1	Utilización de progestágenos para la inducción y/ o sincronización del ciclo estral en ganado productor de leche.	42

2.6.3.2	Utilización de progestágenos para la inducción y/o sincronización del ciclo estral en ganado productor de carne.....	44
2.6.4	Utilización de prostaglandinas (PGF _{2α}) para la sincronización del ciclo estral en ganado productor de leche.....	46
2.6.5	Utilización de prostaglandinas (PGF _{2α}) para la sincronización del ciclo estral en ganado productor de carne	47
2.7	Utilización de progesterona (P ₄) como indicador de actividad ovárica...	49
2.7.1	Medición de la P ₄ en leche, suero o plasma.	49
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	52
3.1	Localización del sitio de trabajo	52
3.2	Infraestructura.....	53
3.2.1	Ganado Holstein productor de leche.....	53
3.2.2	Ganado Charoláis productor de carne	53
3.3	Material experimental.....	54
3.3.1	Ganado productor de leche	54
3.3.1.1	Alimentación.....	54
3.3.1.2	Manejo reproductivo.....	55
3.3.1.3	Condiciones ambientales	56
3.3.2	Ganado productor de carne	57
3.3.2.1	Alimentación del ganado Charoláis.....	57
3.3.2.2	Manejo	58
3.3.2.3	Condiciones ambientales	58
3.4	Evaluación de la condición corporal (CC).....	59

3.5	Toma y manejo de las muestras sanguíneas.....	62
3.6	Programas de sincronización de ciclo estrual utilizados en las vacas productoras de carne	63
3.7	Cuantificación de progesterona en suero	63
3.8	Análisis estadístico de datos.....	66
4.	RESULTADOS.....	69
4.1	Vacas productoras de leche.....	69
4.2	Vacas productoras de carne	86
5.	DISCUSIÓN.....	99
5.1	Período postparto en ganado Holstein productor de leche	99
5.2	Período postparto en ganado Charoláis productor de carne.....	102
6.	CONCLUSIONES	108
6.1	Ganado productor de leche.	108
6.2	Ganado productor de carne.....	110
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	111

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de la ración alimenticia de vacas lecheras	55
Cuadro 2. Condiciones ambientales prevalecientes en el campo experimental “El Canadá” durante el período de experimentación.	57
Cuadro 3. Condiciones ambientales prevalecientes en el campo experimental de Zootecnia “Marín” durante el período de experimentación.	59
Cuadro 4. Progestágenos usados en los programas de sincronización de estros en las vacas productoras de carne.	63
Cuadro 5. Variables utilizadas en éste estudio, para la determinación del reinicio de actividad ovárica postparto	67
Cuadro 6. Valores de tendencia central y dispersión de variables en estudio obtenidos en vacas lecheras Holstein, ordenadas por presentación (1) ó no (2) de actividad ovárica postparto	70
Cuadro 7. Análisis de extracción de los componentes principales que explican los causales de varianza en estimadores obtenidos en vacas lecheras Holstein.....	73
Cuadro 8. Matriz de correlaciones de las variables consideradas en el análisis de componentes principales y los componentes (variables) obtenidos en dicho análisis en las vacas lecheras Holstein utilizadas	74
Cuadro 9. Correlación entre los componentes principales extraídos, con las variables indicativas de la actividad ovárica postparto en vacas lecheras Holstein.....	76

Cuadro 10. Coeficientes de regresión de los componentes principales extraídos sobre el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas lecheras Holstein.....	77
Cuadro 11. Reinicio de la actividad ovárica postparto en las vacas lecheras (d), ordenado por época de parto.....	79
Cuadro 12. Intervalo parto-primer estro detectado por observación visual, en las vacas lecheras Holstein, ordenado por estación del año en que ocurrió el parto	82
Cuadro 13. Coeficientes de regresión de los componentes principales extraídos sobre el primer estro detectado en forma visual, en el ganado lechero de raza Holstein.....	82
Cuadro 14. Día de inicio de la fase lútea postparto en vacas lecheras Holstein	83
Cuadro 15. Duración de la fase lútea postparto en vacas lecheras Holstein	84
Cuadro 16. Período (días) entre fases lúteas postparto, detectado mediante concentración de progesterona en vacas lecheras Holstein.....	84
Cuadro 17. Concentración acumulada de progesterona en ciclos postparto en las vacas lecheras Holstein	85
Cuadro 18. Valores de tendencia central y dispersión de variables en estudio obtenidos en vacas Charoláis, ordenadas por presentación (1) ó no (2) de actividad ovárica postparto	87
Cuadro 19. Análisis de extracción de los componentes principales que explican los causales de varianza en estimadores obtenidos en el ganado productor de carne de raza Charoláis.....	89
Cuadro 20. Importancia de las variables, en el análisis de extracción de dos componentes principales que explican las causales de la varianza, en la muestra de vacas productoras de carne Charoláis utilizadas en el estudio	90
Cuadro 21. Correlación entre los factores principales extraídos con el reinicio de la actividad ovárica en ganado Charoláis productor de carne	91
Cuadro 22. Coeficientes de regresión de los factores principales extraídos sobre el reinicio de la actividad ovárica, en el ganado Charoláis productor de carne.....	91

Cuadro 23. Inicio, duración y concentración sérica de progesterona de acuerdo al número de ciclos estruales en vacas Charoláis, durante el período postparto.....	92
Cuadro 24. Período (días) entre fases luteínicas en vacas Charoláis postparto de acuerdo a la concentración de progesterona sérica	93
Cuadro 25. Concentración promedio de progesterona en vacas Charoláis al iniciar y finalizar el programa de sincronización, de acuerdo al estado ovárico previo	95
Cuadro 26. Concentración de progesterona en vacas Charoláis al inicio y término del programa para la sincronización de estro	96
Cuadro 27. Presentación del estro después de quitar el tratamiento progestágeno en vacas Charoláis	96
Cuadro 28. Concentración de progesterona en vacas Charoláis, al retirar los dispositivos de progestágenos, por fase ovárica al inicio del programa de sincronización	97
Cuadro 29. Servicios por concepción en vacas Charoláis inseminadas de acuerdo al tratamiento	97
Cuadro 30. Porcentaje de fertilidad por tratamiento, fase ovárica y actividad ovárica en vacas Charoláis amamantando	98

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Reinicio de actividad ovárica y comportamiento cíclico reproductivo en ganado Holstein productor de leche basado en las concentraciones de progesterona sérica -----	99
Figura 2. Reinicio de actividad ovárica en ganado Charoláis productor de carne amamantando -----	104
Figura 3. Intervalo de retiro de los tratamientos de inducción y sincronización de ciclo estrual al inicio de características visibles de estro en vacas Charoláis-----	105

NOMENCLATURA

AGNE	Ácidos grasos no esterificados
AM	Antes meridiano
BEN	Balance energético negativo
CC	Condición corporal
CIDR	Dispositivo de liberación controlada de progesterona
CL	Cuerpo lúteo
CNA	Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México
COTECOCA	Comisión técnico consultiva para la determinación de los coeficientes de agostadero. Gobierno de México
dL	Decilitro
E ₂	Estradiol 17 β
EN _L	Energía Neta para Lactación
FAD	Fibra acido detergente
FAUANL	Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León
FSH	Hormona Folículo Estimulante
GnRH	Factor liberador de gonadotropinas.
h	Hora
hCG	Hormona gonadotropina coriónica humana.
Kg	Kilogramos
LH	Hormona Luteinizante
Mcal	Megacalorías
mg	Miligramos
MGA	Acetato de melengestrol
mL	Mililitro
N.L.	Nuevo León
ng	Nanogramos
P ₄	Progesterona
PGF ₂ α	Prostaglandina F ₂ α
PM	Pasado meridiano
pp	Período postparto
RIA	Radioinmunoanálisis
rpm	Revoluciones por minuto
NMT	Norgestomet mas valerato de estradiol
TND	Total de nutrientes digestibles

RESUMEN

J. Rubén Cervantes Vega

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias con especialidad en Reproducción Animal.

Titulo:

Caracterización del reinicio de la actividad ovárica postparto en el ganado bovino

Áreas de Estudio:

Ciencias Pecuarias, Zootecnia, Reproducción Animal.

Palabras clave:

Ganado bovino, período postparto, anestro postparto, progesterona,

Propósito y métodos de estudio: Considerando que la actividad ovárica postparto en las vacas explotadas en la región noreste de México es afectada por las condiciones climáticas, se caracterizó el reinicio de la actividad ovárica, a través de medir en el suero sanguíneo la secreción de progesterona, en vacas con diferente función zootécnica como un indicador de que la secreción de gonadotropina se ha recuperado en el período postparto.

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se utilizaron 113 vacas productoras de leche de raza Holstein, además de 29 vacas productoras de carne de raza Charoláis. Para la cuantificación de progesterona se procesaron 4000 muestras.

En las vacas lecheras, se obtuvieron 2830 muestras de suero sanguíneo de todas las vacas que parieron durante 15 meses del período experimental, cada tercer día desde el parto hasta que se hubo detectado un estro, o cuando las vacas cumplieron hasta 102 días después del parto, en las vacas productoras de carne, dado que sus nacimientos se encuentran agrupados por el uso de empadre controlado, el período experimental duró hasta 107 días de noviembre a febrero, obteniendo 1170 muestras de suero sanguíneo, desde el día del parto, hasta que se inició el programa de sincronización del ciclo estral, en promedio a los 90.6 días después del parto.

Conclusiones: El reinicio de la actividad ovárica en las vacas productoras de leche se presentó a los 31 días en promedio en el 77% (87/113) de las vacas en el estudio. En el 23% (26/113) de las vacas no se encontró evidencia de reinicio de actividad ovárica durante los 102 días postparto del período de prueba.

Utilizando un análisis de componentes principales con la finalidad de reducir el número de variables y agrupar aquellas que estuvieran indicando las mismas tendencias y considerando el reinicio de la actividad ovárica como variable dependiente se encontró que vacas lecheras Holstein con una mayor producción de leche y con pesos pre y postparto mas elevados, que paren en verano y otoño y que tienen una mejor condición corporal al parto tuvieron un menor intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica.

Las vacas que paren en verano son detectadas en estro en forma visual en promedio a los 56 días, ligeramente más temprano que el promedio de todas las estaciones que es de 68 días y se determinó que tienen de 2 a 4 fases lúteas que podemos inferir como ciclos estruales silenciosos antes de presentar un comportamiento característico de estro.

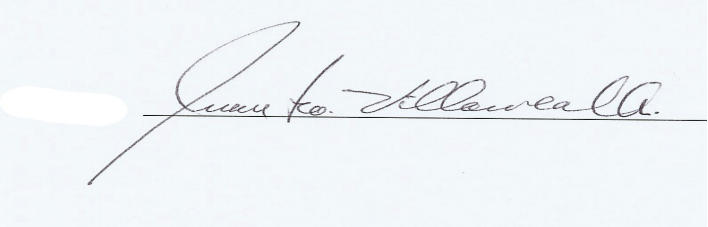
En las vacas productoras de carne, el 59 % (17/29) de las vacas amamantando reiniciaron su actividad ovárica a los 53 días postparto en promedio mientras que el 41% (12/29) permaneció en anestro hasta que fueron sometidas al régimen de sincronización del ciclo estral, resultando en promedio a los 90.62 ± 8.83 días.

Utilizando un análisis de componentes principales con la finalidad de reducir el número de variables y agrupar aquellas que estuvieran indicando las mismas tendencias y considerando el reinicio de la actividad ovárica como variable dependiente se encontró que vacas productoras de carne Charoláis que parieron crías más pesadas, tuvieron mayor peso al parto y sus crías mayores aumentos de peso en los primeros 100 días postparto tuvieron un intervalo mayor entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica.

En las vacas Charoláis, que mostraron actividad ovárica postparto se encontraron desde 1 hasta 3 ciclos estruales previos al programa de sincronización del ciclo estral. El primer ciclo después del parto es de corta

duración y conforme se incrementa el período postparto los cuerpos lúteos producen una mayor cantidad de progesterona y tienen una duración más uniforme.

Firma del Asesor Principal:

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and reads "Juan F. Alvarado". The signature is written over a horizontal line.

SUMMARY

J. Rubén Cervantes Vega
Candidate to Doctoral Degree in Animal Science.

Title of research work:
Bovine resumption of postpartum ovarian activity.

Subjects of research:
Animal Production, Animal reproduction.

Key Words:
Cattle, postpartum period, anoestrus, progesterone.

Purposes and methods for research: Considering that postpartum ovarian activity in cows allocated in the Northeastern region of Mexico is affected by the environmental conditions, resumption of ovarian activity through measuring progesterone in blood serum was characterized in cows as an indicator of gonadotrophic hormones effect have been recovered in postpartum cows.

This trial was carried out in the experimental campus of Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. 113 lactating dairy Holstein cows; plus 29 nursing beef Charoláis cows were used. For quantification of progesterone, 4000 serum samples were processed by

radioimmunoassay. In dairy cows, 2830 blood serum samples were obtained during 15 months of experimental period. Cows were bled each third day from calving to first estrus detected, or when cows reached 102 d postpartum. In beef cows, since offspring were grouped by breeding season, experimental period lasts up to 107 d from November to February, obtaining 1170 blood serum samples, from parturition, until program of estrus cycle synchronization began on day 91 postpartum.

Conclusions: Resumption of ovarian activity in dairy cows appeared at 31 d in average (87/113) meaning 77%. In 23% (267/113) of cows evidenced resumption of ovarian activity was not during the 102 days postpartum period. Main factors, that explain pattern of correlations founded between resumption of ovarian activity and variables in this trial, were milk production, pre and postpartum body weight, offspring season, and corporal condition at birth.

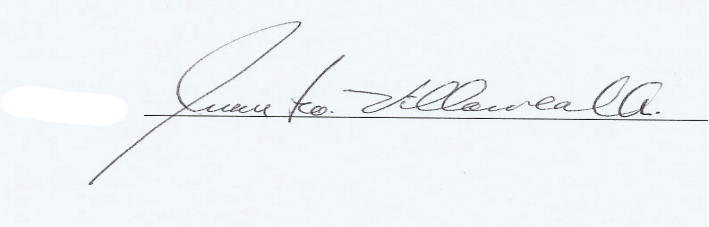
Dairy cows calving in summer were detected by visual estrus in average at 56 postpartum days, slightly earlier than average of all the seasons that was 68 days. Then, dairy cows had 2 and up to 4 luteous phases as silence estrus cycles presenting before dairy cows displaying a characteristic behavior of estrus.

Fifty nine% (17/29) of beef milking cows, reinitiated their ovarian activity to the 53 postpartum days in average, whereas 41% (12/29) of beef cows remained in anoestrus until they were placed under the regime of

synchronization of the estrual cycle, in average to 91 days. Pre and postpartum body weight, calves birth and average weight gain, were grouped as main factor, which explained the pattern of correlations founded between resumption of ovarian activity and these variables.

One to three estrous cycles previous to synchronization program were seen on Charoláis cows with ovarian postpartum activity. The first cycle after birth had short duration and increased the postpartum period, the corpora lutea produced a greater amount of progesterone and lasts more uniform.

Main advisor signature:

A handwritten signature in black ink on a light blue background. The signature is written in a cursive style and appears to read "Juan F. Alvarado". The signature is positioned above a horizontal line.

1. INTRODUCCIÓN

Una característica de las culturas con mayor desarrollo económico, es que poseen un fácil acceso a la información generada a través de la investigación, lo que convierte el conocimiento en una herramienta mediante la cual se evoluciona hacia importantes avances en sus sistemas de producción.

La difusión de la información generada en México es escasa. Incluso en los centros de investigación nacionales se conoce poco acerca de lo que en nuestro medio se considera normal y de lo que se debe mejorar. En lo concerniente a la generación de información local, éste trabajo pretende aportar información relativa al período postparto (pp) del ganado bovino en las condiciones medioambientales del noreste de México.

La revisión del pp en el ganado bovino, dentro del desarrollo de la presente investigación se define en dos grandes líneas, una de estas la constituye la revisión del ganado productor de leche explotado en condiciones intensivas en un medioambiente poco propicio. La otra gran vertiente es la explotación de ganado productor de carne en agostadero bajo el sistema de vaca-becerro.

En cada una de estas líneas de investigación la manera de obtener la información, es mediante la observación directa y la utilización de herramientas técnicas como la detección de hormonas en suero sanguíneo mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA).

La caracterización del período postparto (pp) en el ganado productor de leche en lo que se refiere a la restauración cíclica y ovárica, así como la caracterización del pp aunado a la aplicación de técnicas de inducción y sincronización del estro en el ganado productor de carne, constituyen los objetivos particulares de este proyecto.

La relación que se presenta entre las condiciones medioambientales y de manejo y la fertilidad, sugieren que el reinicio temprano del ciclo estral, proporciona una ventaja al posibilitar la nueva concepción en un período mas corto, por esto, en esta investigación se consideran los factores que influyen en el intervalo postparto a la primera ovulación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definición de período postparto (pp)

El puerperio o período postparto (pp) es el intervalo transcurrido del parto a la aparición del primer estro y en el que puede o no ocurrir la nueva concepción. Dentro de éste período se lleva a cabo la involución uterina, que es el restablecimiento de las dimensiones y función normal del útero después del parto. Este proceso depende de las contracciones miométricas, prevención de infecciones y regeneración del endometrio. Los loquios o secreción uterina presente en el puerperio, están compuestos por moco, sangre, fragmentos de membrana y líquidos fetales, así como tejido materno (descamación de las carunculas). Los loquios cesan al término de la primer semana postparto (Hafez y Hafez, 2002).

El pp es caracterizado por la involución del útero y el reinicio de las actividades ováricas para preparar al animal para un nuevo período de preñez; este período puede ser influenciado por disturbios alrededor del parto como distocia, endometritis, mastitis. Durante el postparto ocurre una gran variedad de cambios hormonales concomitantes con la involución uterina (Kask *et al.*, 2000).

El objetivo en las explotaciones de bovinos es el obtener una cría destetada por vaca al año. Para lograrlo, las vacas deberán quedar preñadas entre los 80 a 90 días después del parto. Sin embargo, para que las vacas queden nuevamente gestantes deberán haber reiniciado su actividad cíclica postparto. Yavas y Walton (2000b) han reportado que la actividad ovárica cíclica ovulatoria en las vacas que están amamantando se reinicia entre 30 a 60 días después del parto o en un período mayor. Generalmente, solo entre el 30 al 50 % de vacas en un hato ya están ciclando para éste período, debido a esto, la cosecha de becerros usualmente es menor al 80% durante un año. Al respecto, Nett (1987) comenta que, el período prolongado de anestro postparto o acíclico en las vacas que están amamantando, reduce la eficiencia de la sincronización de estros. Asociándose este factor a una reducción en la cosecha de becerros con la consiguiente baja económica de los productores.

Por su parte Lamming y Darwash, (1998) mencionan que existen por lo menos dos componentes de subfertilidad que pueden ser identificados:

a) Síntomas reconocibles de disfunción como: descarga vaginal, ausencia de ciclos estruales por un pp prolongado o ciclos frecuentes pero irregulares (éste comportamiento) generalmente asociado a folículos quísticos y

b) Patrón hormonal anormal. Este causa, entre otras manifestaciones ciclos estruales demasiado largos provocados por: un cuerpo lúteo persistente o por mortalidad embrionaria tardía.

Ambos componentes no son posibles de identificar con seguridad sin la medición de hormonas.

Aunque durante muchos años se han utilizado en la literatura algunos términos técnicos, actualmente no existe un acuerdo para identificar un patrón anormal como la actividad lútea prolongada. McLeod y Williams (1991), le llaman ovulación retardada, mientras que Nakao *et al.*, (1992) mortalidad embrionaria tardía. Se ha propuesto la detección del patrón de progesterona en la leche como un método objetivo para caracterizar la actividad reproductiva postparto (Lamming y Darwash, 1998).

2.2 Involución uterina postparto

El pp se caracteriza por la involución del útero y el reinicio de la actividad ovárica, lo que prepara a la vaca para un nuevo período de preñez. Este período está influenciado fuertemente por disturbios como partos distócicos, endometritis o mastitis que generalmente se encuentran asociados con microorganismos patógenos u oportunistas (Mateus, *et al.*, 2002).

Durante éste lapso ocurre algunos cambios hormonales como la liberación de prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$) conjuntamente con la involución uterina, aunque ésta combinación de factores hace que en las vacas que presentan su primer ciclo estral después del parto sea muy alta la incidencia de ciclos estruales cortos, debido a que la liberación incontrolada de $PGF2\alpha$ en el

útero, que aún no alcanza su función normal, provoca la regresión prematura del cuerpo lúteo (Kask et al., 2000). Por otro lado, el desarrollo folicular aumenta en vacas en el pp y en vacas ciclando conforme aumenta la $PGF2\alpha$ (Guilbault et al., 1987). El-Din Zain et al., (1995) no encontraron diferencia significativa en el reinicio de la actividad ovárica entre vacas de primer parto y vacas multíparas. Sin embargo, si hubo diferencia entre el período transcurrido entre el parto y la involución uterina, involucionando más rápido las vacas de primer parto que las multíparas.

2.3 Factores que influyen en el inicio de la actividad ovárica en el ganado productor de leche después del parto

2.3.1 Nutrición

La mejora genética en este tipo de ganado ha posibilitado el incremento en la producción láctea. No obstante, esto se ha asociado con una disminución en tasa de concepción; así de tener 66% de concepción en 1950, se ha reducido a menos del 50% en la actualidad en las vacas en lactación, aunque se ha mantenido en altos porcentajes en vaquillas. La demanda metabólica de la alta producción, puede estar relacionada con la disminución en el comportamiento reproductivo de las vacas (Butler, 1998).

2.3.1.1 Relación entre consumo de energía en la dieta y el índice de ovulación

La nutrición es un factor que influye notablemente en la regulación de la secreción del GnRH y por consecuencia de la frecuencia pulsátil de LH. La

interacción entre el balance de energía y la secreción pulsátil de LH en el período postparto temprano de vacas lecheras, sugieren que la frecuencia pulsátil de LH se incrementa conforme aumenta el intervalo postparto antes de la primera ovulación (Canfield y Butler, 1991).

Durante la lactación temprana, la ingestión dietética no alcanza a cubrir los nutrientes que demanda la alta producción alcanzada (Butler, 1998). Esta condición llamada balance energético negativo (BEN) causa una movilización de la grasa corporal de las vacas lecheras, como consecuencia se acumula una gran cantidad de triacilglicerol en el hígado, lo que se asocia con el incremento en el intervalo del parto a la primera ovulación (Rukkwamsuk *et al.*, 1999).

En vacas productoras de leche la frecuencia pulsátil de LH permite el desarrollo folicular y la primera ovulación 3 días después de que se alcanza el punto más bajo en el desequilibrio del balance energético y el BEN, particularmente durante el primer mes de lactación tiene un efecto detrimental sobre la recuperación de la función ovárica en vacas en primera lactación (Senatore *et al.*, 1996). Canfield y Butler, (1991) encontraron que vacas multíparas en BEN ovularon más tarde durante el período postparto temprano.

La restricción de la energía consumida en la dieta de vacas y vaquillas puede influenciar la liberación de la LH directamente a nivel de la glándula pituitaria, así como indirectamente en el ámbito de efectos en la producción de esteroides ováricos (Beal *et al.*, 1978).

2.3.1.2 Relación entre ingestión de proteína en la dieta y fertilidad

La producción de leche y la ingestión de materia seca por las vacas lecheras se estimulan en respuesta al incremento de la proteína en la dieta. Desafortunadamente esta estrategia de alimentación a menudo esta asociada con la disminución de la fertilidad. La proteína degradable en el rumen o la proteína no degradable en el rumen en exceso, puede contribuir a reducir la fertilidad en las vacas en lactación. Así la concentración >19 mg/dL de nitrógeno ureico en plasma o en leche, se ha asociado con un pH uterino alterado y fertilidad reducida (Butler, 1998).

2.3.2 Condición corporal (CC)

Un indicador del balance energético es la evaluación de la CC (De Vries y Veerkamp, 2000). La disminución de la CC esta correlacionada con la capacidad para la movilización de grasa (Komaragiri Madhav *et al.*, 1998), por esto, las vacas que paren en buena CC, tienen una reserva de grasa suficiente para soportar la producción de leche, pero si no tienen una ingestión de alimentos adecuada el BEN retarda el inicio de la actividad ovárica, aparentemente porque la actividad metabólica de la glándula mamaria tiene prioridad sobre las funciones ováricas (Butler y Smith, 1989). La reserva de energía en las vacas lecheras es almacenada en el tejido adiposo y sostiene durante el primer mes de lactación, alrededor del 33 % de la producción de

leche (Bauman y Currie, 1980). Después del parto, la lipogénesis y la esterificación disminuyen y la lipólisis y la liberación de ácidos grasos libres se incrementa por causas hormonales, entre las que se puede mencionar la disminución de insulina (McNamara, 1991). Mas aun, los adipositos de vacas con un alto mérito genético son más sensibles a las señales lipolíticas provenientes de los nervios de los sistemas endócrinos (Smith y Mc Namara, 1990).

Villa-Godoy *et al.*, (1988) No encontraron relación significativa del BEN con el número de partos, o con el cambio en la CC después del parto. La variación en el balance energético la explican en gran medida por la ingesta de energía y en menor proporción por la producción de leche. Un 19% de vacas no experimentaron BEN aunque la producción de leche no fue significativamente diferente de las vacas que en alguna etapa del postparto experimentaron BEN, por lo que concluyeron que algunas vacas ingieren suficientes nutrientes para satisfacer sus necesidades y altos niveles de producción de leche, pero otras vacas fallan en la conversión o convierten menos eficientemente la ingesta en leche. La producción de leche tiene un efecto menor en la variación del balance energético por lo que no se puede utilizar como un predictor del balance energético o del estado metabólico de las vacas en producción.

2.3.3 Péptidos Opioides Endógenos

Existe un estrecho enlace entre el BEN y la disminución en la secreción de LH que incluye la activación de las vías neuroendocrinas opioides. Uno de las funciones fisiológicas más significantes de los péptidos opioides neurológicos, es su asociación con el comportamiento durante la alimentación. La activación de las vías opioides estimula la alimentación y al inactivar los receptores opioides con el antagonista naloxona, inhibe la ingesta de alimento. Se ha sugerido una relación directa del BEN y la disminución de la secreción de LH en ratas ovariectomizadas en ayuno, lo que puede prevenirse con un pretratamiento con naloxona. El efecto del ayuno fue una reducción de la amplitud de la secreción de LH. En el mismo estudio el ayuno disminuyó la liberación de LH durante la excitación del tracto noradrenérgico ventral en el cerebro, igualmente la naloxona previene los efectos inhibitorios del ayuno (Dyer *et al.*, 1985).

Las vacas lecheras presentan un anestro lactacional más corto cuando son comparadas con las vacas productoras de carne. La diferencia en el estímulo de la ordeña en contra del amamantamiento y la mejor CC de las vacas lecheras en que generalmente paren, permite sugerir que la inhibición opioide juega un papel menor en el postparto de las vacas lecheras (Cosgrove *et al.*, 1993). Los péptidos opioides endógenos no parecen modular la secreción de LH durante el período temprano postparto de las vacas lecheras (Canfield y Butler, 1991). En algunos estudios la administración de naloxona, no

incremento la liberación o la pulsabilidad de la LH en el postparto temprano de ganado lechero (Kadokawa *et al.*, 1999; Cervantes Vega, 1994). Aunque Kadokawa *et al.*, (1999), reportan que un antiopioide de mayor vida media como la nalotrexona, activa la liberación pulsátil de LH en las vacas en período temprano postparto.

La secreción de β -endorfina dentro de la circulación periférica se incrementa junto con el cortisol al momento del parto, pero estas dos hormonas no siempre se secretan concomitantemente en el período temprano postparto de las vacas lecheras. La β -endorfina puede no jugar un papel importante en la respuesta de la LH a la administración de GnRH exógeno, pero podría ser parte de la regulación de la secreción de LH y por lo tanto del reinicio de la actividad ovárica en el postparto de las vacas lecheras (Osawa *et al.*, 1998).

2.3.4 Factores climáticos

La baja fertilidad durante el verano en el ganado, es de origen multifactorial. Una de las causas es la hipertermia de diferentes órganos del cuerpo que se reflejan en alteraciones de la función de estos. Dentro de los órganos afectados están los ovarios, y específicamente una de las estructuras alteradas es el folículo preovulatorio, en donde se altera la capacidad de biosíntesis de androstenediona en las células de la teca interna más que en las células de la granulosa durante el estrés térmico, lo que a su vez puede afectar la secreción de gonadotropinas y el posterior desarrollo del cuerpo lúteo. La

susceptibilidad del folículo dominante al estrés calórico, juega un papel importante en la reducción de la fertilidad de las vacas productoras de leche durante el verano y el otoño (Wolfenson, *et al.*, 1997).

En el ganado productor de leche que se explota en las regiones subtropicales se recomienda el manejo del estrés calórico, pues el incremento de la temperatura actúa sobre los ovarios disminuyendo la concentración de progesterona, alterando los oocitos o retardando el desarrollo del folículo dominante y subsecuentemente la función ovárica. Además de que las funciones motoras se deprimen lo que afecta la manifestación de celo, reduciendo la cantidad de vacas reportadas en calor lo que baja la fertilidad en los establos (Thompson, *et al.*, 1996).

En climas subtropicales la temperatura ambiental alta es un factor importante que determina el comportamiento reproductivo. El estrés por calor disminuye la intensidad y duración del estro lo cual reduce la proporción de inseminaciones que resultan en preñez y el total de inseminaciones. (Hansen, 1994). El estrés por calor altera las concentraciones de progesterona circulante, incrementando la concentración de corticosteroides (Howell *et al.*, 1994). La viabilidad de los embriones se reduce al disminuir la fijación de estos y el ambiente en el útero se altera al disminuir el flujo de sangre y al incrementarse la temperatura uterina (Roman-Ponce *et al.*, 1977). Se han establecido recomendaciones basadas en evidencia experimental como control para la infertilidad estacional. Estas incluyen el uso de aspersores, abanicos

evaporantes, sombreaderos y combinaciones de estos (Thompson, *et al.*, 1996). El-Din Zain *et al.*, (1995) encontraron que la estación del año no tuvo un papel significativo en la reanudación de la actividad ovárica postparto en ganado productor de leche en condiciones de confinamiento.

El estrés calórico inhibe el crecimiento folicular y la dominancia durante el período preovulatorio. La función ovárica anormal en vacas en producción y en vaquillas que sufren estrés por calor, se manifiesta como una disminución del pico de estradiol en el proestro, un menor tamaño de los folículos de la segunda onda, una cantidad mayor de ondas foliculares durante el ciclo estral y una fase lútea con mayor duración. Estos efectos se atribuyen a la disminución del estradiol sérico (Wilson *et al.*, 1998ab).

Wise *et al.*, (1988), no encontraron diferencias en la concentración de estradiol o progesterona entre vacas lecheras con estrés térmico y vacas mantenidas en un ambiente térmico neutral. La concentración de cortisol sérico fue mayor en las vacas con estrés por calor. De igual manera en el día 5 del ciclo estral disminuyeron los pulsos de LH, lo que no ocurrió el día 12 del ciclo estral, por lo que se descarta que el cortisol haya bloqueado la secreción de LH dado que el promedio de la liberación y la amplitud de los pulsos se mantuvo sin cambio entre los tratamientos.

2.3.5 Número de parto

En general, el intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica en las vacas primíparas es mayor que en las multíparas. Este reinicio está influido por la edad de las vacas y el número de crías viables que han parido (Fonseca *et al.*, 1983). Aunque se ha encontrado que el intervalo del parto a la involución uterina completa, es más corto en las vacas de primer parto que en las vacas multíparas (El-Din Zain *et al.*, 1995).

2.4 Factores que influyen en el inicio de la actividad ovárica en el ganado productor de carne después del parto.

La duración de anestro postparto es un factor determinante en la eficiencia reproductiva de las vacas productoras de carne. Se considera que el amamantamiento influye en el intervalo postparto. El peso corporal y la condición corporal al parto, son indicadores funcionales del estado de energía. De igual manera se conoce que las vacas primerizas tienen un anestro mayor que las multíparas. El amamantamiento y la presencia del becerro estimulan la liberación de sustancias opioides que suprimen la liberación de hormona luteinizante (LH).

2.4.1 Amamantamiento

El anestro posparto es un período muy importante que determina la eficiencia reproductiva de las vacas productoras de carne; el amamantamiento y la presencia del becerro estimulan la liberación de opioides que suprimen la liberación de LH. El quitar el becerro o reducir el período de amamantamiento incrementa la frecuencia pulsátil de LH pero no es una manera práctica para acelerar la primera ovulación después del parto en vacas productoras de carne (Roche *et al.*, 1992).

Wright *et al.*, (1994) encontraron que en vacas amamantando que permanecen sin contacto con otros bovinos en un ambiente controlado, solo el 58%, presentaron calor o estro alrededor del día 91 postparto vs. 86% de las vacas que presentaron estro y que fueron manejadas en las mismas

condiciones, pero que tuvieron contacto con otras hembras en celo. Hornbuckle *et al.*, (1995) reportaron el efecto de la introducción de machos 46 días después del parto en lotes de vacas amamantando, lo que tuvo como efecto que éstas vacas presentaron ciclos estruales ya sea cortos o normales en mayor porcentaje que en vacas amamantando que no estaban en contacto con toros (88% vs. 67% respectivamente).

2.4.2 Nutrición

Alimentar vacas con niveles inadecuados de energía o de proteína antes o después del parto resultan en bajo índice de preñez al primer servicio y general, así como un intervalo entre partos prolongado tanto en ganado productor de carne con cría amamantando, como en ganado productor de leche (Randal, 1990).

Las vacas con desnutrición durante el postparto presentan un período prolongado de inactividad ovárica, la cual se caracteriza por la inhibición de la liberación pulsátil de la LH de la glándula pituitaria anterior, la que a su vez esta controlada por la secreción del factor liberador de las gonadotropinas (GnRH), desde el hipotálamo (Randal, 1990). Sin embargo, Sinclair *et al.*, (1994) no encontraron diferencia en la longitud del período de anestro postparto entre vacas productoras de carne alimentadas, desde la segunda y hasta la décima semana postparto, con un porcentaje bajo de energía metabolizable de 80 mj y

vacas con una ingesta alta de energía metabolizable de 130 mj siendo de 35.6 y 39.1 días para el primer y segundo grupo, respectivamente.

2.4.3 Efecto de los péptidos opioides endógenos sobre el anestro postparto.

Bicknell (1985) describe cómo las neuronas noradrenérgicas originadas en la sinapsis de la base del cerebro, excitan las neuronas productoras de GnRH localizadas en el hipotálamo anterior y el área preóptica. La inhibición opioide presináptica de estas neuronas noradrenérgicas proviene desde afuera del hipotálamo (vía de la encefalina), así como desde el hipotálamo basal cerca del núcleo arcuato (vía de las β -endorfinas). Hay evidencias que sugieren que la vía de las β -endorfinas, al terminar cerca de los vasos portales en la eminencia mediana, bloquean directamente la acción de la GnRH. La liberación mayor de las β -endorfinas desde el hipotálamo o la pituitaria anterior podría estar relacionada con la estimulación del apetito o de la ingestión de la dieta que normalmente ocurre en el postparto temprano y que puede por lo tanto tener efecto inhibitorio de la liberación de GnRH desde el hipotálamo o la pituitaria anterior.

Los péptidos opioides endógenos han sido implicados en la supresión de la GnRH, al actuar directamente sobre las neuronas productoras de la GnRH e impedir la liberación de LH. Así, las endorfinas del cerebro modulan la supresión de la liberación de LH (Leshin *et al.*, 1991) al liberarse por efecto del amamantamiento (Nett, 1987; Rund *et al.*, 1989).

Los estudios referentes a la influencia de los sistemas de péptidos opioides endógenos sobre el anestro lactacional en el bovino, se han centrado en el pp, en el cual se ha encontrado evidencia de que la inhibición de la secreción pulsátil de la GnRH por los péptidos opioides endógenos, disminuye conforme éste avanza (Wishnant *et al.*, 1986).

La naloxona (antiopiode) se ha utilizado para incrementar la liberación de LH en vacas amamantando (Whisnant *et al.*, 1986 b) y para acortar el anestro postparto en vacas cárnicas con becerro al pie (Stevenson *et al.*, 1997). El antagonismo opioide favorece la secreción de la LH al destete temprano de las vacas productoras de carne, disminuye el intervalo entre el destete y la concepción y en consecuencia, reduce el intervalo entre partos (Cosgrove *et al.*, 1993).

2.4.4 Condición corporal (CC)

La CC al parto, a pesar de que es una medida imprecisa o subjetiva, es un indicador funcional del estado de energía y del comportamiento reproductivo después del parto (Randal, 1990). Spitzer, *et al.*, (1995) evaluaron el efecto de la CC al parto y la ganancia de peso postparto sobre la respuesta productiva y reproductiva en ganado productor de carne. Encontraron que las vacas primíparas que llegan al parto con una mejor CC, paren becerros con mayor peso al nacimiento sin incrementar las distocias. El porcentaje de vacas

primerizas con actividad luteínica al inicio de la temporada de empadre fue diferente entre locaciones, probablemente debido a diferencias entre genotipos y a los días transcurridos desde el parto hasta el inicio del empadre. Sin embargo la CC al parto no influyó significativamente el porcentaje de vacas con actividad luteínica al inicio de la temporada de empadre.

De Rouen *et al.*, (1994) no encontraron cambios en el comportamiento reproductivo postparto en vacas productoras de carne a las cuales se les evaluó la CC 90 días preparto y hasta el parto. Sin embargo, la CC al momento del parto influye en la tasa de preñez subsiguiente y el intervalo entre partos; lo que indica que la CC de vacas primíparas al parto es un valioso indicador del comportamiento reproductivo siguiente, independientemente de los cambios preparto.

Sinclair *et al.*, (1994) Al evaluar el efecto del suministro de diferentes niveles de energía y proteína a vacas con cría durante el pp sobre el comportamiento reproductivo, se encontró que los animales con mejor CC al momento del parto, movilizan una gran cantidad de grasa corporal durante las primeras diez semanas postparto encontraron altos niveles circulantes de ácidos grasos no esterificados (AGNE). Además, observaron una tendencia en estas vacas de producir un mayor rendimiento de leche, asociada con la pérdida de peso corporal durante las primeras cuatro semanas postparto. Después de éste período, no hay diferencia en la pérdida del peso y la CC entre las vacas que paren en una CC buena o moderada.

El desarrollo folicular y la ovulación postparto en vacas con pobre CC, se puede inducir con la aplicación exógena y en forma de pulsos de GnRH. La capacidad de las células de la granulosa para sintetizar estradiol, se relaciona con los pulsos de GnRH para inducir la cascada de cambios fisiológicos que culminan con la ovulación. Sin embargo, la falta de ovulación en la mayoría de las vacas con buena CC durante el postparto y que también presentan un incremento en la síntesis de estradiol, demuestra que esto no es el único prerrequisito para inducir la ovulación, lo que hace suponer que el umbral de estrogenicidad para que suceden los cambios fisiológicos que preceden a la ovulación no se alcanza (Pinto Andrade *et al.*, 1995).

2.5 Actividad ovárica postparto.

2.5.1 Reinicio de la actividad ovárica en ganado productor de leche.

La involución del útero después del parto afecta la recuperación de la secreción de LH, al igual que a otros aspectos importantes como la actividad ovárica, y presencia de CL. Un signo temprano de que la secreción de gonadotropinas se ha recuperado en vacas productoras de leche en postparto es el incremento en la secreción de progesterona. Esta actividad progestágena de origen luteínico, a menudo precede al primer estro detectable (Butler y Smith, 1989). El reinicio de la actividad ovárica sea como estro o primera ovulación se ha establecido entre los 17 a 42 días. El-Din Zain *et al.*, (1995) postulan que el estado nutricional en vacas de primer y segundo parto, comúnmente se confunde con la edad y paridad. En vacas de primera lactancia, la primera ovulación se ha registrado 30 días después del parto (Senatore *et al.*, 1996).

Los cambios en el eje hipotalámico-hipofisiario-uterino-ovárico durante el puerperio consisten en: la recuperación a la exposición a concentraciones elevadas de estrógenos y progesterona, escape de la inhibición de gonadotropinas inducida por el amamantamiento o lactación, ovulación, desarrollo lúteo y conducta de estro y ovulación (Malven *et al.*, 1986).

Lamming y Darwash (1998) determinaron la concentración de progesterona en 1882 vacas lecheras (2503 lactaciones) teniendo como criterio

de evaluación 3 ng/mL en leche como equivalente a encontrar 1 ng/mL en plasma. Definen a la fase anovulatoria como la ausencia de niveles de progesterona por un período \geq a 45 días, el cual es equivalente a la longitud de un ciclo estral seguido del intervalo promedio del parto a la primera ovulación. En trabajos previos la anovulación fue estimada aleatoriamente como la ausencia de niveles progesterona de 3 ng/mL por un período de \geq 30 días (Nakao *et al.*, 1992).

El intervalo parto-ovulación se correlaciona fenotípica y positivamente con todos los parámetros de fertilidad. Esta correlación es el resultado de la relación recíproca que existe entre la situación uterina, actividad ovárica y el comportamiento reproductivo subsecuente (Darwash *et al.*, 1997). La variación entre el reinicio de la actividad ovárica postparto, puede estar asociada a la disponibilidad de niveles efectivos de LH sistémica, lo cual resulta en un retraso del reinicio del desarrollo folicular postparto y la ausencia de suficientes niveles de estradiol que estimulen la sensibilidad de la pituitaria al GnRH endógeno (Fernandes *et al.*, 1978).

La fase lútea ha sido caracterizada de acuerdo a los niveles de progesterona circulantes. McLeod y Williams (1991) consideran que niveles de progesterona >3 ng/mL por mas de 20 días, indican la presencia de un quiste luteínico y reportan un 8% de vacas con ésta anomalía sin diferenciar si ésta incidencia es durante el primer ciclo estral o subsecuentes. Por su parte

Lamming y Darwash (1998) consideran la actividad luteínica durante un período ≥ 19 días en animales ciclando como una fase atípica, siendo ésta actividad resultado de la presencia de un CL persistente (que no debe ser confundido con un CL quístico) y que en animales inseminados, es un indicador indirecto de la presencia de un embrión después del día 16 de la fertilización. Estos autores definen que la longitud típica de un ciclo estral no debe ser mayor a 25 días (18 días de fase lútea y 7 días de intervalo interluteal) y que la actividad luteínica prolongada en animales ciclando es el resultado del medio ambiente uterino que no es óptimo y que afecta el tiempo en que la actividad luteolítica debe aparecer. Esta anomalía se observó en un 9.92% de las vacas y en el 6.51% de las inseminaciones.

La correlación entre la producción de leche y los días a la primera ovulación, es significativa después del día 40 postparto cuando la mayoría de las vacas ya han ovulado. Sin embargo, el intervalo parto-primera ovulación está influenciado por otros factores, además de la producción de leche (Gwazdauskas *et al.* 2000).

La fertilidad en vacas lecheras se ha relacionado con la cantidad de ciclos ovulatorios antes de la primera inseminación artificial, por lo que se considera que el retraso en la primera ovulación postparto puede disminuir la fertilidad subsiguiente. Senatore *et al.*, (1996) encontraron que un 42% de las vacas inseminadas quedaron preñadas al primer servicio y que estas vacas

tuvieron significativamente más ciclos ovulatorios que las vacas que requirieron mas servicios.

La involución del útero después del parto afecta la recuperación de la secreción de LH, la actividad ovárica y presencia de CLs. Un signo temprano de que la secreción de gonadotropinas postparto se ha recuperado, es el incremento en la secreción de progesterona. Esta actividad progestágena de origen luteínico a menudo precede al primer estro detectable el cual es frecuente que proceda de un ciclo corto que dura entre 4 a 12 días que presentó una ovulación normal. La fase lútea corta se ha sugerido que es el resultado de las grandes cantidades de $PGF_2 \alpha$ durante la involución uterina (Butler y Smith, 1989).

Algunos investigadores han asociado el BEN con el intervalo del parto a la primera ovulación. Canfield y Butler (1991) y Senatore *et al.*, (1996) han encontrado una relación negativa y Villa Godoy *et al.*, (1988) reportan no haber encontrado relación. Sin embargo, debido al limitado número de observaciones utilizado en los estudios de nutrición, ninguno de estos trabajos reportan un componente genético de la variación encontrada entre los animales en cuanto a la reanudación de la ovulación postparto (Lamming y Darwash, 1998).

El inicio temprano de la actividad lútea después del parto, una vez que la involución uterina ha ocurrido, conduce a una fertilidad alta (Senatore *et al.*,

1996). Este efecto parece estar relacionado con el número de ciclos estruales completos antes de la primera inseminación o servicio. Aunque el mecanismo exacto aun no es bien conocido, está relacionado con la secuencia de la dominancia del estradiol y la progesterona y sus efectos sobre el oviducto y el medioambiente uterino para incrementar la supervivencia y el crecimiento del embrión y la tasa de concepción. Lamming y Darwash (1998) encontraron que el retraso en la actividad luteínica postparto sobre los parámetros de fertilidad, son de menor impacto que los de un posterior retraso en la ovulación.

Aunque la relación entre la CC y el peso al parto con los días a la primera ovulación es motivo de controversia, algunos investigadores han encontrado que las vacas más pesadas al parto, tienen un intervalo más corto a la primera ovulación, probablemente por que son más resistentes al BEN al poder movilizar las reservas corporales (Senatore *et al.*, 1996).

Al darle seguimiento al período parto-concepción o hasta los 100 días postparto, se ha encontrado que la duración de la anovulación es de 10 a 52 días, con un promedio de 23.9 días y que el número de partos, producción láctea corregida a 4% de grasa, ingesta de materia seca o el balance energético y la CC, así como la disminución de peso postparto no afectan como factores independientes los días transcurridos desde el parto a la primera ovulación (Villa Godoy *et al.*, 1988). El primer ciclo luteal postparto independientemente de su duración, puede ser atribuido a un CL funcional, y los ciclos cortos si se presentan en vacas saludables no deben ser considerados como disfunción

ovárica (Eger *et al.*, 1988). La CC al parto no tuvo influencia sobre la producción de leche o el intervalo parto primera inseminación artificial, intervalo parto concepción o servicios por concepción (Pedron *et al.*, 1993).

Se ha establecido una correlación positiva entre los pulsos de LH y el desarrollo folicular, así como entre el estradiol plasmático y el IGF I en vacas en postparto (Beam y Butler, 1999). El IGF I que se sintetiza en las células de la granulosa y el IGF II que se sintetiza en las células de la teca folicular, hacen sinergia con las gonadotropinas para el crecimiento y diferenciación del folículo, por lo que el crecimiento folicular y la esteroidogénesis en las vacas durante el postparto se correlaciona con una mayor secreción de LH y del IGF I. La función ovárica postparto probablemente dependa tanto del IGF I como de los pulsos de LH, porque ambas incrementan su concentración durante el período postparto en respuesta a un incremento en la nutrición (Lucy, 2000).

Al caracterizar la distribución ínter ovárica del folículo dominante durante el postparto de vacas en producción, Nation *et al.*, (1999), encontraron que el primer folículo dominante postparto se presenta en el lado opuesto a donde estuvo el CL de la gestación. Este primer folículo se presenta alrededor del día 14 postparto.

Ireland *et al.*, (2000) definen los términos mas usados para describir los fenómenos fisiológicos y dinámicas asociadas al crecimiento folicular en el ganado, como sigue:

Conglomerado: un grupo de folículos en crecimiento sincronizados estrechamente.

Reclutamiento: el proceso mediante el cual un conglomerado de folículos primordiales (folículo primordial es igual a un oocito rodeado por una lámina sencilla de células escamosas) comienza el crecimiento y por lo tanto se hace dependiente de las gonadotropinas y otros factores desconocidos para continuar su crecimiento hasta alcanzar un tamaño ovulatorio.

Onda: el patrón cíclico de crecimiento de los folículos antrales. Una onda folicular en vaquillas está usualmente caracterizada por el crecimiento de un conglomerado de ~24 folículos antrales de ~3 mm de diámetro y la atresia de todos, excepto del folículo dominante que continúa su crecimiento hasta que alcanza el tamaño ovulatorio. Una onda termina en cuanto ocurre la ovulación o la atresia del folículo dominante.

Selección: es el proceso que resulta en la reducción del número de folículos en un conglomerado en crecimiento hasta llegar a la cuota específica por especie de folículos que ovulan.

Emergencia. En el primer día de crecimiento de un conglomerado en una onda de crecimiento folicular, el más grande mide de 4 a 5 mm de diámetro.

Dominancia: el proceso mediante el cual un folículo previene el crecimiento de otros folículos. El inicio de la dominancia es definido en imágenes de ultrasonido cuando el primer día del ciclo estral en que un folículo es mayor al menos 1 o 2 mm que el folículo que le sigue en tamaño y que el crecimiento de los folículos subordinados cesa. El fin de la dominancia en una onda folicular es definido como el día en que inicia la dominancia de la siguiente onda folicular.

En relación a la foliculogénesis Ireland *et al.*, (2000) concluyen que:

Los folículos antrales se desarrollan en distintos patrones u ondas foliculares de 7 a 10 días de longitud.

Usualmente ocurren de dos a tres ondas de crecimiento folicular durante un ciclo estral de 21 días de duración.

Durante cada onda folicular, un folículo dominante desarrolla un tamaño ovulatorio y usualmente sufre atresia u ovulación.

Durante el crecimiento de un conglomerado de folículos antrales en una onda, los folículos pasan por etapas: reclutamiento, selección, dominancia, fin de la dominancia y ovulación.

2.5.2 Reinicio de la actividad ovárica en ganado productor de carne

Después del parto la adenohipófisis contiene bajos niveles de LH, durante el período de gestación tardía y el primer día después del parto su nivel es comparable al del día de la ovulación en las vacas que están ciclando. La adenohipófisis almacena gradualmente LH comenzando alrededor del día 20 postparto, hasta que alrededor del día 30 después del parto alcanza niveles similares a los de la fase luteínica (Moss *et al.*, 1985; Nett *et al.*, 1988). Algunos investigadores sugieren que la disminución en el almacenamiento, es el factor primario que limita la reanudación de pulsabilidad de la LH y la ciclicidad ovulatoria en el postparto temprano de las vacas productoras de carne (Nett *et al.*, 1988). La primera ovulación postparto ocurre generalmente sin manifestación de estro aparente (Perry *et al.*, 1991; Werth *et al.*, 1996) y es seguido por un ciclo corto de 8 a 12 días en la mayoría de las vacas (Perry *et al.*, 1991; Stagg *et al.*, 1995; Werth *et al.*, 1996).

En vacas amamantando hay crecimiento folicular alrededor del día 5 a 7 después del parto (Spicer *et al.*, 1986) y el número y tamaño de los folículos se incrementan conforme transcurre el tiempo postparto. Los folículos dominantes son detectados entre los días 10 al 21 postparto (De Fries *et al.*, 1998; Yavas *et al.*, 1999). Sin embargo, la mayoría de estos folículos no llegan a ovular (Yavas *et al.*, 1999). El folículo dominante postparto es más pequeño que el folículo ovulatorio que antecede a un ciclo corto o normal. Este hallazgo indica que el folículo dominante anovulatorio postparto sufre atresia antes de que alcance el

tamaño adecuado para ovular, lo cual es indicativo de que en las vacas amamantando ocurren numerosas ondas foliculares antes de que un folículo dominante ovule (Yavas *et al.*, 1999). La ovulación de estos folículos puede ser inducida por vía exógena, aplicando gonadotropinas.

En el pp, la capacidad ovárica para responder a las gonadotropinas, no es un factor que limite la ovulación en vacas amamantando; aunque el eje hipotalámico hipofisiario en las vacas amamantando es muy sensible a la retroalimentación negativa del estradiol 17β , lo cual retarda el reinicio de la secreción pulsátil de LH y la ciclicidad ovárica (Yavas y Walton, 2000a).

La reanudación de la secreción pulsátil de LH en el pp temprano, es un efecto independiente del amamantamiento (Nett, 1987). Por ésta razón el destete completo inmediatamente después del parto no inicia la secreción pulsátil de LH, lo cual sucede hasta que la adenohipófisis haya almacenado LH después de los 20 días postparto en vacas productoras de carne (Odde *et al.*, 1980; Rund *et al.*, 1989).

Después de que la adenohipófisis haya recuperado sus reservas de LH en el período inmediato posterior al parto, la ausencia de secreción pulsátil de ésta hormona es afectada por el amamantamiento (Nett, 1987). Por lo tanto, el destetar en forma definitiva, temporal (48 a 96 horas) o parcial (restringido una vez o dos al día) incrementa la frecuencia pulsátil de LH (Whisnant *et al.*, 1985; Whisnant *et al.*, 1986a), aumenta la concentración de receptores a la LH y

hormona folículo estimulante (FSH) en los folículos, sucediendo la ovulación pocos días después (Ramírez-Godínez *et al.*, 1982; Bell *et al.*, 1998; Lamb *et al.*, 1999).

Al regresar las crías para seguir siendo amamantadas disminuye la frecuencia pulsátil y la concentración de LH circulante (Dunlap *et al.*, 1981). El amamantamiento restringido a una vez al día durante 30 a 90 minutos, desde el día 21 al 30 postparto, acorta el anestro postparto (Bell *et al.*, 1998). En contraposición, el amamantamiento restringido a dos veces al día, no reduce la duración del anestro postparto. El amamantar a dos crías disminuye la frecuencia pulsátil de LH y prolonga el anestro postparto (Lamb *et al.*, 1999).

La reanudación de la ciclicidad postparto no está relacionada con la disminución de la intensidad del amamantamiento, pues no se han observado diferencias cuando la duración de este ha sido de 2 a 5 minutos cada hora o en su frecuencia de 1.25 a 2.6 amamantamientos cada 6 horas (Spicer *et al.*, 1986; Gazal *et al.*, 1999).

Algunos de los eventos que se han establecido, en relación a los mecanismos mediante los cuales el amamantamiento suspende la pulsabilidad de la LH incluyen:

El contenido del GnRH mayor en vacas amamantando que en vacas ciclando y éste hecho no cambia hasta después del día 30 a 45 postparto (Moss *et al.*, 1985).

El contenido de LH en la adenohipófisis y del GnRH hipotalámico, es similar en vacas amamantando que en vacas no amamantando, al igual que la liberación de LH inducida por el GnRH exógeno (Williams *et al.*, 1982).

El retiro del becerro incrementa la liberación del GnRH (Gazal *et al.*, 1998). Se ha postulado que el amamantamiento inhibe la liberación de la secreción pulsátil de LH, después de que la adenohipófisis ha recuperado sus reservas de LH (Nett, 1987).

La supresión de la secreción pulsátil de LH por el amamantamiento esta modulada por los estrógenos ováricos (Yavas y Walton, 2000a). Aunque el amamantamiento también puede suprimir la liberación pulsátil de la LH.

Independientemente de los ovarios, con el incremento en el intervalo postparto, el generador pulsátil del GnRH se hace menos sensible al estímulo del amamantamiento escapándose del efecto de retroalimentación negativa de los estrógenos ováricos con el incremento en los pulsos de la LH, la elevación preovulatoria de gonadotropinas y la ovulación (García-Winder *et al.*, 1986).

Los glucocorticoides juegan un papel importante en la galactopoyesis y en la lactogénesis (Erb, 1977). Sin embargo, éstos no modulan la supresión de la liberación pulsátil de LH asociada al amamantamiento en vacas productoras de carne durante el pp. Aunque el destete induce un incremento en la frecuencia pulsátil de LH, no ésta asociado a cambios en la concentración de cortisol circulante (Whisnant *et al.*, 1985).

La liberación de prolactina asociada al amamantamiento es producto del contacto inguinal entre la cría y la vaca (Stevenson *et al.*, 1994) y no está relacionada con la modulación de la anovulación en el postparto de las vacas productoras de carne (Yavas y Walton, 2000a).

El efecto de interacción de madre-cría en el anestro mediado por el amamantamiento, es una liberación de oxitocina causada por el estímulo táctil en el área inguinal de la vaca que provoca la cría (propia o ajena), siempre y cuando se realice una relación vaca-cría durante el amamantamiento (Stevenson *et al.*, 1994; Lamb *et al.*, 1997).

Por otro lado, se han encontrado datos contradictorios respecto al papel que juega el Factor de crecimiento insulínico (IGF-I). Se especula que la concentración circulante o intra-folicular, puede ser un indicador de la ciclicidad postparto. (Yavas y Walton 2000 b). La concentración circulante del IGF-I durante los primeros 30 días postparto está inversamente relacionada con la duración del anestro en las vacas productoras de carne (Simpson *et al.*, 1992) y

su concentración se incrementa en el período postparto hasta la primera ovulación (Roberts *et al.*, 1997).

Los animales que paren con una CC buena o moderada, tienen un período anovulatorio de 44.7 y 41.3 días postparto respectivamente. Las vacas mantenidas con una dieta baja en proteína no degradable, tienen un período anovulatorio de 40.6 días comparado con 45.3 días de vacas con alta proporción de proteína no degradable. El período anovulatorio en vacas con una cría vs. vacas con dos crías es de 29.5 y 56.5 días, respectivamente (Sinclair *et al.*, 1994).

Los ciclos cortos no resultan de la ovulación de folículos pequeños, ya que se ha probado que los folículos en la primer y segunda ovulación del ganado productor de carne tienen un tamaño similar (Perry *et al.*, 1991; Yavas *et al.*, 1999). Se ha demostrado que los ciclos cortos son provocados por la liberación prematura de $\text{PGF}_2\alpha$ endometrial que induce la lúteolisis prematura (Salfen *et al.*, 1994) así como por la liberación de oxitocina inducida por el amamantamiento (Troxel y Kesler, 1984).

El ciclo corto se acompaña por una onda corta de crecimiento folicular (Murphy *et al.*, 1990; Yavas *et al.*, 1999) un cuerpo lúteo (CL) más pequeño del que se produce en un ciclo estral normal y concentraciones bajas de progesterona circulante (Murphy *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1991). Los ciclos cortos son comunes después de una ovulación inducida por el destete

(Ramírez- Godínez *et al.*, 1982) ó por el destete más la administración de una dosis de GnRH (Troxel y Kesler, 1984); aplicaciones intermitentes de GnRH ó de infusión continúa de GnRH (Jagger *et al.*, 1987). La tasa de concepción de un programa de inseminación artificial es alta si el estro fue antecedido por un ciclo corto (Werth *et al.*, 1996).

2.5.2.1 Reanudación de la ciclicidad posparto en ganado productor de carne.

Durante la última fase de la preñez el GnRH y la FSH se acumulan en el hipotálamo y la hipófisis anterior, en comparación disminuye la LH en la hipófisis anterior, esto provoca que la concentración circulante de la FSH y LH sea baja y la actividad ovárica folicular este ausente durante la preñez avanzada (Yavas y Walton, 2000a).

Después del parto el efecto del CL de la preñez y la placenta fetal ha finalizado, se elimina el efecto de la retroalimentación negativa debido a los esteroides y el contenido adenohipofisario de la FSH, disminuye al mismo tiempo que se eleva el nivel circulante de ésta hormona. Los pulsos de la FSH se mantienen y el patrón de desarrollo folicular semejante a ondas aparece poco después del parto. Estas ondas están asociadas a la alta concentración de estradiol 17β en la circulación. La emergencia de cada onda folicular se asocia con la concentración elevada de FSH.

Los folículos dominantes de estas ondas son más pequeños que los folículos de vacas ciclando, aunque tienen la capacidad de ovular en respuesta a hormona gonadotropina coriónica humana (hCG). La FSH endógena y el potencial folicular no son factores que limiten el reinicio de la actividad cíclica ovulatoria postparto (Yavas y Walton, 2000a).

La maduración de los antros foliculares requiere de una respuesta mayor de la secreción pulsátil de LH similar a aquella que se necesita para la ovulación, pero la adenohipófisis se encuentra vacía y por tanto hace falta una adecuada secreción pulsátil de LH y el pico de estradiol 17β similar al del proestro. En consecuencia los folículos sufren atresia y no llegan a una adecuada maduración. La supresión de la ciclicidad desde el parto y hasta aproximadamente 15 días después del parto es independiente del amamantamiento y está relacionada más a la baja concentración de LH, aunque el amamantamiento disminuye la descarga del GnRH durante este período (Yavas y Walton, 2000b).

La concentración de LH en la adenohipófisis, se acumula gradualmente desde el día 15 hasta el 20 postparto y alcanza una concentración similar a las vacas ciclando el día 30 postparto. Aunque el generador pulsátil del GnRH en el núcleo arcuato permanece sensible a la retroalimentación negativa del estradiol 17β secretado desde los folículos en desarrollo.

El efecto negativo de retroalimentación del estradiol 17β , es modulado por la percepción inguinal de la cría por la vaca durante el amamantamiento por la vía de la liberación en el cerebro materno de péptidos opioides endógenos. Estos péptidos suprimen al generador pulsátil del GnRH inhibiendo la descarga de éste factor. Así una vez que el almacenamiento de LH se encuentre en condiciones normales alrededor del día 15 después del parto la supresión de la ciclicidad se transforma en amamantamiento dependiente. Por ésta causa el destete de crías resulta en el rápido reinicio de la secreción pulsátil de LH y de la ovulación (Yavas y Walton, 2000b).

Después del día 30 postparto el generador pulsátil del GnRH se torna menos sensible a la retroalimentación negativa del estradiol 17β ; lo que permite que se incremente la descarga del GnRH y la secreción pulsátil de LH; esto lleva a la maduración folicular y a un incremento en forma de pico del estradiol 17β que reduce la amplitud e incrementa los pulsos de LH, que estimulan la secreción de estradiol 17β desde el folículo dominante y éste por un efecto de retroalimentación positiva incrementa la liberación de LH cuyo resultado es el pico preovulatorio de LH, FSH y la ovulación.

La primera ovulación postparto, generalmente no se asocia con estro por la falta del efecto de progesterona prestrual sobre el centro de comportamiento en el cerebro. La ovulación es seguida por la formación de un CL similar a los formados en un ciclo estral normal en términos de peso,

número de receptores de LH y soporte lúteotrópico. Sin embargo, generalmente sufre de lúteolisis prematura por la acción de la $\text{PGF}_2 \alpha$ endometrial y la producción de oxitocina liberada por la hipófisis posterior en respuesta al amamantamiento (Yavas y Walton, 2000b).

Bolaños *et al.*, (1997) Para determinar la actividad ovárica en 87 vacas Cebú en anestro, recolectaron muestras sanguíneas dos veces por semana durante 13 semanas (40 días pretratamiento hasta 54 días postratamiento), para determinar los niveles de progesterona mediante RIA de fase sólida. Se consideró que una vaca traía un CL o estaban ciclando si:

- La concentración de progesterona se encontró encima de la línea basal en 2 o más desviaciones estándar en dos muestras consecutivas.
- Las vacas tienen un ciclo estral normal si la concentración de progesterona se encuentra 2 desviaciones estándar encima de la línea basal por 14 a 23 días.
- Las vacas tienen un ciclo corto si la concentración de progesterona se encuentra dos desviaciones estándar arriba de la línea basal por menos de 14 días.

2.6 Programas de sincronización o inducción de estro postparto

Análogos o agonistas del GnRH, han sido utilizados generalmente como agentes terapéuticos en el manejo reproductivo para el tratamiento de quistes foliculares y para estimular la ovulación. Sin embargo, se han incorporado en protocolos de sincronización (Pursley *et al.*, 1998; Nebel y Jobst, 1998; Stevenson *et al.*, 2000).

2.6.1 Agonistas del GnRH en ganado productor de leche.

Para sincronizar la ovulación, la primera consideración debe ser el reclutamiento folicular uniforme que culmine con el desarrollo de un folículo ovulatorio; lo que es posible inducir mediante el uso combinado de los análogos del GnRH (buserelina) y del benzoato de estradiol. (Ryan *et al.*, 1999). La administración de $\text{PGF}_2 \alpha$ en dos dosis con un intervalo de 11 a 14 días entre cada dosis, incrementa el grado de sincronía y disminuye la variabilidad en el tiempo en que vacas productoras de leche en producción presentan el primer estro postparto (Wolfenson *et al.*, 1994; Yañiz *et al.*, 2004).

La administración durante el día 5 del ciclo estral de un agonista del GnRH ó hCG es igualmente efectiva para inducir la ovulación del folículo dominante en la primera onda folicular, con la formación de un CL accesorio. El incremento en la capacidad de sintetizar esteroides por la formación del CL después de la ovulación del folículo dominante en la primera onda folicular tiene aplicaciones potenciales en el manejo reproductivo, pudiéndose inseminar artificialmente vaquillas lecheras a un tiempo predeterminado, y con ello

eliminar la necesidad de detectar el estro cuando el crecimiento folicular y la regresión del CL son sincronizados con una inyección intramuscular de 8 μg de buserelina seguida de una administración de 25 mg de $\text{PGF}_2\alpha$. La ovulación es inducida con una segunda aplicación del agonista del GnRH a 24 ó 48 horas después de la aplicación de la $\text{PGF}_2\alpha$ (Smith *et al.*, 1996; Dawn, 2004).

El GnRH exógeno induce la liberación en forma de pico de la LH en vacas primíparas en pp temprano, lo que indica que existen suficientes receptores de GnRH y LH almacenada en la glándula pituitaria; aunque la insuficiente liberación de LH se debe a factores nutricionales que limitan la actividad cíclica (McDougal *et al.*, 1995). En vacas lecheras en producción, para la sincronización de estros se ha utilizado tanto el GnRH exógeno, como la hCG en conjunto con la administración de $\text{PGF}_2\alpha$ seis días después en ambos sistemas, pero no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (De Rensis *et al.*, 1999; Dawn, 2004).

Al evaluar la hora de la inseminación artificial sobre la tasa de preñez, en vacas lactando a las cuales se sincronizó la ovulación con GnRH + $\text{PGF}_2\alpha$ siete días después y la administración de una segunda dosis de GnRH dos días después de la $\text{PGF}_2\alpha$, se encontró una tasa de preñez similar ($P < 0.05$) en las vacas inseminadas a las 0, 8, 16, y 24 horas después de la segunda aplicación de GnRH, disminuyendo la tasa de preñez en las vacas inseminadas a las 32 horas después de la segunda aplicación (Pursley *et al.*, 1998).

El tratamiento con una aplicación de GnRH en el período temprano postparto, permite una reducción de 2.75 días en el período entre el parto y la nueva concepción del ganado lechero de acuerdo a un análisis de la información generada a nivel mundial que hacen Beckett y Lean, (1997). En este mismo estudio se reporta que la utilización del GnRH disminuye en 0.05 las dosis de semen utilizadas para lograr la concepción.

2.6.2 Agonistas del GnRH en ganado productor de carne

La administración del GnRH seguido por la aplicación de una dosis de $PGF_{2\alpha}$, incrementa el grado de sincronía y disminuye la variabilidad en el tiempo en que vacas productoras de carne presentan estro (Twagiramungu *et al.*, 1994).

Al comparar la efectividad de dos protocolos para la sincronización del estro en vacas productoras de carne en postparto, (con Ovosynch que incluye dos aplicaciones de GnRH y $PGF_{2\alpha}$, contra Norgestomet (NMT) que utiliza norgestomet en implante subcutáneo + valerato de estradiol en inyección) se encontró un porcentaje de preñez mayor para las vacas tratadas con Ovosynch que para aquellas en que se utilizó el NMT (54 vs. 42%). Por lo que se concluye que el Ovosynch es capaz de inducir una ovulación fértil en vacas productoras de carne en anestro y ciclando, y que la inseminación artificial a tiempo predeterminado tiene un porcentaje de preñez tan alto como el obtenido con la utilización de NMT (Geary *et al.*, 1998).

Thompson *et al.*, (1999) y Stevenson *et al.*, (2000). Evaluaron el uso del análogo del GnRH llamado buserelina, en vacas productoras de carne amamantando en los programas de sincronización de estros el programa Select Synch y Co Synch. El Select Synch consiste en la aplicación de 100 µg de buserelina siete días antes de la administración de una dosis de PGF_{2α}, seguido de la detección de estros y la inseminación artificial a celo detectado. Mientras que el programa Co Synch, consiste en la aplicación de 100 µg de buserelina siete días antes de la administración de una dosis de PGF_{2α}, seguido de otra dosis de 100 µg de buserelina inmediatamente después de inseminar. Este programa tiene éxito tanto en vacas en anestro como en vacas ciclando y que la adición de un progestágeno combinado con la primera aplicación de GnRH aumenta la respuesta y el porcentaje de preñez, bajo un programa con detección de estros.

2.6.3 Progestágenos

2.6.3.1 Utilización de progestágenos para la inducción y/ o sincronización del ciclo estral en ganado productor de leche.

Progesterona: el efecto de los programas de sincronización del ciclo estral, mediante la utilización de un dispositivo de liberación controlada de progesterona (CIDR) + una inyección de benzoato de estradiol o de PGF_{2α}, fue evaluado en vacas productoras de leche en producción. Los resultados

obtenidos indican que en vacas en lactación los tratamientos de P_4 y $PGF_2\alpha$ de corta duración, reducen los porcentajes de preñez. Este efecto puede evitarse administrando busserelina o benzoato de estradiol al momento en que se inserta el CIDR. Sin embargo el tratamiento con benzoato de estradiol está asociado a porcentajes reducidos de detección de estro. . (Ryan *et al.*, 1995a).

Ryan *et al.*, (1999) En un estudio de varias combinaciones de CIDR con GnRH y valerato de estradiol en ganado productor de leche, obtuvieron la sincronización mas precisa, sin disminución de la tasa de preñez con un tratamiento de CIDR de 8 días y la administración de 1 mg de benzoato de estradiol 10 horas después de retirar el CIDR. La administración de $PGF_2\alpha$ incrementó la presentación de estros en vacas con ciclos cortos y no afectó los porcentajes de preñez. La administración de 1 mg de estradiol 24 h después del tratamiento con $PGF_2\alpha$ el día ocho del ciclo estral, redujo el intervalo para la presentación del estro y la ovulación.

El retraso en la presentación del celo en las vacas tratadas con benzoato de estradiol, puede estar asociado a la reactivación y desarrollo del folículo ovulatorio. Sin embargo, Bo *et al.*, (1994) reportan que el nuevo folículo dominante emerge 4 días después de tratar a los animales con 5 mg de estradiol 17β en presencia de un progestágeno sin importar el estado de desarrollo folicular al inicio del tratamiento.

La inserción intravaginal de un dispositivo progestágeno por 8 días junto con un tratamiento de 100 µg de buserelina el mismo día del implante del progestágeno y la aplicación de 25 mg de PGF₂ α un día antes del retiro del progestágeno intravaginal, tiene los mejores porcentajes de presentación de estro y de preñez a primer servicio, utilizando inseminación artificial en vacas productoras de leche en producción (Ryan *et al.*, 1995 b).

2.6.3.2 Utilización de progestágenos para la inducción y/o sincronización del ciclo estral en ganado productor de carne.

Norgestomet (NMT): la presentación de estro como respuesta al protocolo de sincronización de calores con NMT, tiene una eficacia de entre el 77 y el 100%. Este protocolo consiste en la utilización de un implante para uso subcutáneo en la oreja que contiene 5 mg de norgestomet, además de una inyección con 3 mg de norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol; está aprobado para uso en vaquillas de razas productoras de leche y en vacas y vaquillas de razas productoras de carne (Odde, 1990).

El NMT es un progestágeno sintético que tiene 8 veces mayor afinidad a los receptores uterinos que la progesterona. Sin embargo, la eficacia de éste protocolo disminuye cuando el tratamiento se utiliza durante el metaestro, registrándose hasta el 23% menos de manifestaciones externas de celo. La respuesta en cuanto a presentación de estro con el NMT, durante el diestro es del 96% (Pratt *et al.*, 1991). La disminución en la presentación de celo se debe

a la existencia de un CL que secreta progesterona (P_4) en concentración mayor a 1 ng/mL después de que el implante subcutáneo en la oreja es extraído (Burns *et al.*, 1993).

Se ha postulado que la retención de CL funcional ($P_4 \geq 1$ ng/mL) en vacas tratadas con NMT, puede ser dependiente de la cantidad y/o duración de exposición del útero a la P_4 o como una alternativa se discute que la distinción entre una vaca destinada a desarrollar un CL funcional en contra de una vaca que desarrolla un CL no funcional ($P_4 \leq 1$ ng/mL) podría originarse de la acción del valerato de estradiol que estimula indirectamente la liberación de $PGF_2 \alpha$ al estimular los receptores endometriales a la oxitocina (Hampton *et al.*, 1999). La liberación de $PGF_2 \alpha$ inducida por la oxitocina es más alta en los estados tempranos del ciclo estral (Silvia y Taylor, 1989).

La administración de $PGF_2 \alpha$ cinco días antes de la utilización del NMT disminuye la tasa de nacimientos, porque la $PGF_2 \alpha$ provoca que más vaquillas se encuentren en el metaestro cuando se inicia el tratamiento con el NMT, etapa del ciclo estral en que se ha demostrado que tiene menos efectividad (Kesler *et al.*, 1997). La sincronización del ciclo estral durante el metaestro utilizando el NMT dependería de la liberación uterina prematura de $PGF_2 \alpha$ y la diferencia se debería al estadio de los folículos al inicio del tratamiento, de la exposición del endometrio a la P_4 y/o estrógeno o por la combinación de estos factores (Hampton *et al.*, 1999).

Acetato de Melengestrol (MGA): otro progestágeno utilizado en la sincronización del estro de vaquillas y vacas durante el pp, incluye el sistema en el cual se complementa la dieta con 5 mg animal por día de MGA con una inyección de 200 mg P_4 y 1 mg de estradiol 17β (E_2) en aceite de sésamo, para provocar regresión del folículo dominante. Este sistema permite que las vacas y vaquillas en anestro antes del tratamiento presenten celo. El porcentaje de preñez después de la inseminación artificial de las vacas y vaquillas en anestro antes del tratamiento con MGA es mayor que el grupo control en donde se utilizó $PGF_2\alpha$ a doble aplicación. La desventaja reportada para este sistema es la dificultad para que los animales consuman el complemento en épocas de abundante alimento en el pastizal (Fike *et al.*, 1999).

2.6.4 Utilización de prostaglandinas ($PGF_2\alpha$) para la sincronización del ciclo estral en ganado productor de leche

La sincronización de ciclo estral en vacas lactando ha estado limitada a la utilización de $PGF_2\alpha$, la cual causa regresión del CL del ovario, la expresión de estro y posterior ovulación de 2 a 5 días después de su administración. Por tanto, el éxito de la sincronización del estro con $PGF_2\alpha$ depende de la presencia de un CL funcional. Desgraciadamente, el estro no está precisamente sincronizado porque la población folicular varía con el tiempo de la regresión lútea. Si se seleccionan vacas en diestro el 90 al 95% de estas estarán en celo en un rango de hasta 7 días después de la administración de $PGF_2\alpha$, de las

cuales entre el 70-90% presenta calor del día 3 al 5 después de la administración (Nebel y Jobst, 1998).

Un programa de cruce sistemático propone la utilización conjunta del GnRH en conjunto con una dosis de $\text{PGF}_2 \alpha$ con el objeto de sincronizar la ovulación (Pursley *et al.*, 1998).

El tratamiento de estro silencioso en vacas lecheras es tan efectivo con el uso de un protocolo de 2 inyecciones de $\text{PGF}_2 \alpha$ con intervalo de 13 días, como con el uso del protocolo denominado Ovosynch. En hatos en donde la detección de estros sea buena, es más apropiado el uso de la $\text{PGF}_2 \alpha$ a 2 inyecciones e inseminar a estro detectado. En hatos en donde la detección de estros se dificulta es conveniente utilizar la secuencia de GnRH, $\text{PGF}_2 \alpha$ más GnRH e inseminar a tiempo predeterminado (Mialot *et al.*, 1999).

2.6.5 Utilización de prostaglandinas ($\text{PGF}_2\alpha$) para la sincronización del ciclo estral en ganado productor de carne

El éxito de la sincronización del estro con $\text{PGF}_2\alpha$ depende de la presencia de un CL funcional, evento que solo ocurre en animales ciclando, el hecho de que tenga éxito solo en hembras ciclando, limita la utilización de las prostaglandinas como tratamiento para la sincronización de calores. No obstante, se han utilizado como complemento en otros sistemas de sincronización de estro.

Prostaglandina F₂ α (PGF₂α): la utilidad de un análogo de la PGF₂α para la sincronización del ciclo estral en vacas productoras de carne, fue probada en un sistema de sincronización que incluye una dosis de 8 μg de buserelina (análogo de GnRH) el día 5 del ciclo estral, aplicando 500 μg de cloprostenol (análogo de la prostaglandina F₂α.) el día 6. La precisión del estro aumenta cuando la buserelina se utiliza en combinación con la PGF₂α, por que se sincroniza la selección de folículos grandes en vacas en diferentes etapas en el ciclo estral (Twagiramungu *et al.*, 1994).

Pursley *et al.*, (1998) mencionan que utilizando el protocolo para sincronizar la ovulación y el posterior servicio de inseminación artificial a tiempo predeterminado (Ovosynch) que consiste en la utilización de 100 μg de GnRH, en el día -10, una inyección de 25 mg de PGF₂α en el día -3 y otra inyección de 100 μg de GnRH el día -1, removiendo las crías el día -3 e inseminando a tiempo predeterminado el día 0, se obtuvo un porcentaje de preñez similar entre vacas que previamente se encontraban en anestro y las vacas que estuvieron ciclando. Se comprobó la habilidad del Ovosynch para inducir una ovulación fértil en vacas anestricas (Geary *et al.*, 1998).

Por su parte Stevenson *et al.*, (2000) han mencionado la utilidad del programa Select Synch, que consiste en la aplicación de 100 μg de GnRH el día -7 y una dosis de PGF₂α, seguido de la detección de estros y la

inseminación artificial a celo detectado, para la sincronización de estros en vacas productoras de carne. Por otro lado, también el programa Co Synch que consiste en la aplicación de 100 μg de GnRH el día -7 y una dosis de $\text{PGF}_2\alpha$, seguido de otra dosis de 100 μg de GnRH después de la inseminación y la combinación de estos programas con el NMT fue evaluado, encontrando que los tratamientos que involucran el GnRH 7 días antes de la inyección de $\text{PGF}_2\alpha$ resuelven parcialmente el problema de anestro antes de que empiece la temporada de empadre, lo cual no puede ser resuelto con la utilización de las $\text{PGF}_2\alpha$ solamente.

2.7 Utilización de progesterona (P_4) como indicador de actividad ovárica

2.7.1 Medición de la P_4 en leche, suero o plasma.

Medir P_4 en leche, suero o plasma sanguíneo, es una manera efectiva de monitorear la actividad ovárica en el ganado, así como un indicador del estado reproductivo. La P_4 puede jugar un papel importante en el manejo reproductivo ya que puede ser usada para:

Detectar gestación temprana

Confirmar el estro al momento de inseminar

Implementar tratamientos específicos para quistes u otros procesos patológicos asociados a la actividad ovárica y

Para determinar el reinicio de la actividad ovárica después del parto
(Ruiz *et al.*, 1989).

La determinación de P_4 en la secreción láctea fue investigada en relación con los signos de comportamiento de estro en un período de dos años. A las vacas remitidas para inseminación por los propietarios, se les colectó leche y de ésta muestra se determinó la concentración de P_4 el día 0 ó día de la inseminación. En esta muestra se encontró que el 7.8% de las vacas se había detectado erróneamente en celo. Se colectó leche en vacas 21 días después de la inseminación y con esta muestra y como único dato la concentración de P_4 se predijo el 83.0% de las vacas preñadas. La combinación de baja P_4 el día del estro, con alta concentración de P_4 el día 21 después de la inseminación predijo el 87.4% de vacas preñadas (Kourletaki *et al.*, 1995).

El método del RIA para medir P_4 es confiable, pero tiene el inconveniente de ser demasiado lento y costoso por lo que se han validado otros métodos como el análisis de enzimas inmunoabsorbentes ligadas (ELISA) y el análisis de aglutinación en látex (LA). Con estos métodos la P_4 puede ser medida en las granjas o ranchos y los resultados están en minutos. Los análisis de enzimas inmunoabsorbentes ligadas y de aglutinación en látex, son una medida cualitativa de la concentración de P_4 alta o baja (Ruiz *et al.*, 1989).

Romagnolo y Nebel (1993) determinaron la efectividad de la prueba de ELISA y LA para detectar preñez temprana utilizando muestras de leche el día del servicio y los días 19, 21 y 23 después de la inseminación artificial. El porcentaje promedio de seguridad para la detección de preñez temprana fue de 84.7 y 92.3 % para LA y ELISA respectivamente. El porcentaje de vacas no

preñadas que fue diagnosticado correctamente, mediante la utilización de estas técnicas, fue de 93.9 y 68.2% para LA y ELISA respectivamente.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización del sitio de trabajo

El estudio en vacas Holstein productoras de leche se llevó a cabo en las instalaciones del Campo agropecuario experimental denominado “El Canadá” de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el Kilómetro 3 de la Carretera Monterrey a Colombia en el municipio de Gral. Escobedo, Nuevo León. Este Campo experimental ésta situado en latitud Norte de 25°48.4' y una longitud Oeste de 100°19.4' y tiene una altitud de 482 m.s.n.m. (INEGI,1986). El clima se considera como semiárido (BWhw) con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación pluvial promedio de 573 mm anuales (García, 1973).

El estudio en vacas Charoláis productoras de carne, se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental “Marín” de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el kilómetro 17 de la Carretera Gral. Zuazua – Marín del municipio de Marín, Nuevo León. Este Campo agropecuario está situado en latitud Norte de 23°53' y una longitud Oeste de 100°03' y tiene una altitud de 375 m.s.n.m. (INEGI, 1986). El clima se considera como semiárido (BWhw) con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación pluvial promedio de 573 mm anuales (García, 1973).

3.2 Infraestructura

3.2.1 Ganado Holstein productor de leche

Los corrales son de cerca de alambre liso de acero de $\frac{1}{2}$ de pulgada con postes de tubo. Cada corral tiene forma triangular con una capacidad de 25 vacas y en su parte externa el comedero tipo canoa con separadores individuales cuenta con un bebedero de concreto de 2.0 por 1.0 por 0.80 metros y saladero compartido para dos corrales. Existen 6 corrales triangulados diseñados en forma de abanico con piso de tierra y un área sombreada de 32 m² en cada uno. Desembocan en la sala de ordeña tipo espina de pescado con una capacidad de seis vacas a la vez; cada uno de los corrales. Se sirve el alimento balanceado y el forraje mediante la utilización de un tractor con remolque. Se cuenta con bodegas de almacén de forraje y de alimento, así como una planta de alimento balanceado.

3.2.2 Ganado Charoláis productor de carne

Las vacas están en un potrero de 600 hectáreas divididas mediante cerco de alambre de púas convencional en ocho áreas de pastizal de tamaño irregular dependiendo de la topografía y del acceso al agua. En cada uno de los sectores de pastoreo el acceso al agua es en presas construidas para la retención de agua proveniente de las lluvias en la zona. Se cuenta con un corral de manejo construido con tubo electro soldado dividido en cuatro secciones por el chute central y el baño de inmersión de doce mil litros de capacidad. Se cuenta con prensa de sujeción, y báscula con capacidad de 1000 Kg. Además de una bodega de almacenamiento de forraje y almacén.

3.3 Material experimental.

3.3.1 Ganado productor de leche

Se utilizaron 113 vacas de raza Holstein nacidas en el establo considerado como unidad experimental. Para efecto de este experimento se utilizaron todas las vacas que parieron en este establo, sin considerar edad o número de parto o cualquier otro aspecto productivo en el período comprendido entre el 1 de septiembre de 1995 al 30 de noviembre de 1996.

3.3.1.1 Alimentación

Las vacas fueron alimentadas dos veces al día (6:30 y 15:00 h) de acuerdo a la cantidad de animales en cada corral, al nivel de producción y al número de partos. Fueron agrupadas por producción de leche o estado reproductivo en 8 lotes: vacas altas productoras, medianas productoras, de primer parto, de baja producción, en preparación para el secado, durante el primer mes del secado y vacas y vaquillas preñadas tres semanas preparto. La ración ofrecida se describe en el Cuadro 1. El alimento balanceado utilizado fue elaborado en la planta de alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el campo experimental “El Canadá” sobre la base de los siguientes componentes por tonelada: Sorgo molido 717 Kg., Harina de Soya 123 k.o., Melaza 75 k.o., Premezcla mineral 60 Kg.

Cuadro 1. Características de la ración alimenticia de vacas lecheras

PRODUCCIÓN /VACA / DIA						
(LITROS DE LECHE)						
Concepto	5	10	15	20	25	30
Relación	00:100	10:90	20:80	35:65	48:52	61:39
Alimento Balanceado: Forraje						
Alimento balanceado (Kg.)	00.00	01.80	03.98	07.60	11.35	15.64
Forraje (Kg.)	20.00	16.00	15.00	12.00	10.00	08.00
Materia Seca (Kg.)	14.95	15.68	17.50	19.10	20.81	22.57
Fibra Cruda (k.o.)	04.94	03.92	03.85	04.02	03.95	03.84
Total de Nutrientes Digestibles	08.96	09.80	11.20	12.60	14.15	15.80
Fibra Acido Detergente	04.48	04.39	04.55	04.39	04.57	04.74
Energía Neta para	21.21	22.26	26.60	29.03	33.71	38.82
Lactación (MCal)						

Fuente: FAUANL Información directa.

El forraje se sirvió a libre acceso dos veces al día a las 6:00 y a las 15:00 horas, acorde a la temporada ya fuera sorgo o maíz en el verano y otoño, ó avena, silo de maíz o sorgo durante el invierno y primavera.

3.3.1.2 Manejo reproductivo

Se realizó detección visual de estros por la mañana y por la tarde durante 30 minutos de observación cada vez. Las vacas en estro se inseminaron si el moco cervical era limpio con la siguiente rutina: vacas que

* Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

fueron detectadas en estro en la mañana, fueron inseminadas por la tarde, y las detectadas por la tarde, inseminadas a la mañana siguiente (regla AM/PM).

Las vacas en el estudio, no recibieron tratamientos hormonales ni de otra índole, con el propósito de inducir o sincronizar la presentación del ciclo estrual durante éste período.

Todas las vacas recibieron el mismo manejo sanitario de vacunación contra la prevención de pasteurelisis bovina, carbón sintomático y edema maligno, se desparasitaron y recibieron vitaminas ADE.

El ordeño mecánico se realizó dos veces al día (4:00 y 15:00 h), en una sala tipo espina de pescado de tres unidades por lado.

3.3.1.3 Condiciones ambientales

En el Cuadro 2 se detallan las condiciones climatológicas en el Campo Experimental “El Canadá, de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Se utilizaron las observaciones de la estación de climatología “El Canadá”, ubicada en Gral. Escobedo, N.L. de la Comisión Nacional del Agua, dependencia del Gobierno Federal de México.

Cuadro 2. Condiciones ambientales prevalecientes en el campo experimental “El Canadá” durante el período de experimentación.

Variable	Media \pm D.E.	Mínima	Máxima
Temperatura Máxima °C	30.00 \pm 5.08	9.00	40.00
Temperatura Mínima °C	16.11 \pm 6.21	-1.00	25.00
Evaporación %	6.13 \pm 2.11	0.00	12.90
Precipitación pluvial (mm)	14.01 \pm 19.44	0.00	58.50

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA)[†]

3.3.2 Ganado productor de carne

Durante el período comprendido entre el 20 de agosto de 1995 y el 28 de febrero de 1996, se utilizaron 32 vacas productoras de carne de raza Charoláis, que nacieron y fueron criadas y mantenidas en el Centro de Producción Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León considerada como unidad experimental. Se tuvieron 3 bajas por mortalidad en las vacas por problemas relacionados con el parto (1) y hemoparásitos (2).

3.3.2.1 Alimentación del ganado Charoláis

Durante el período de estudio las vacas estuvieron confinadas en 600 hectáreas de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) con un 50% de cobertura y de agostadero compuesto de vegetación dominante de matorral mediano espinoso formado de plantas arbustivas medianas de 1 a 3 metros de altura con hojas pequeñas, los más abundantes fueron Chaparro prieto, (*Acacia rigidula*), Palo

[†] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de México.

verde (*Cerdium macrum*) Uña de Gato (*Acacia greggi*); Granjeno (*Celtis pallida*); Calderona (*Kramerla ramossima*) y Crucillio (*Condolia lyciodes*). El coeficiente de agostadero determinado fue de 18 hectáreas por unidad animal al año (COTECOCA ,1973). No se proporcionó suplementación proteica o energética solo se puso a disposición a libre acceso una mezcla de minerales con el 12% de Fósforo, 12% Calcio y minerales traza.

3.3.2.2 Manejo

El manejo de estas vacas incluyó el pesaje mensual, para determinar la ganancia de peso diaria y la condición corporal a lo largo del año. El sistema de empadre fue controlado, y se realizó la sincronización de estros mediante la aplicación exógena de hormonas (progestágenos) para la utilización de la inseminación artificial al finalizar el período experimental de 107 días.

3.3.2.3 Condiciones ambientales

En cuanto a las condiciones ambientales en esta zona durante el período experimental que duro del 20 de agosto de 1995 hasta el 28 de febrero de 1996, en el Cuadro 3, se detallan las temperaturas mínimas y máximas, así como la humedad y precipitación pluvial. Datos tomados de los registros de la estación de climatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) en Marín, Nuevo León.

Cuadro 3. Condiciones ambientales prevalecientes en el campo experimental de Zootecnia “Marín” durante el período de experimentación.

Variable	Media \pm DE	Mínima	Máxima
Temperatura Máxima °C	22.90 \pm 9.22	0.00	38.90
Temperatura Mínima °C	6.96 \pm 5.75	-5.00	24.00
Humedad Relativa %	59.24 \pm 15.52	26.33	90.10
Precipitación pluvial (mm)	0.51 \pm 1.58	0.00	8.00

Fuente: FAUANL Información Directa

3.4 Evaluación de la condición corporal (CC)

En los animales incluidos en el experimento, se realizó de acuerdo a la escala propuesta por Wildman *et al.* (1982), del uno al cinco. La condición 1, indica desnutrición severa y la 5 obesidad.

Estas evaluaciones se efectuaron dos meses antes del parto y una más después del mismo. La medición de la CC más cercana a la fecha de parto, fue la que se tomo como referencia final al parto. Para unificar criterios, respecto a la medición de la CC, se efectuaron diversas mediciones en donde dos expertos midieron la CC a la misma vaca que el técnico que asignó la CC para este trabajo, considerándose capacitado este técnico cuando las diferencias entre mediciones no rebasaron un cuarto de unidad de CC.

Las vacas fueron evaluadas sobre la apariencia y mediante la palpación de la los cuartos traseros y delanteros. Los factores considerados fueron las regiones lumbar y torácica de la columna vertebral (espina, lomo y grupa)

procesos espinosos (lomo), vértebra coccígea anterior (base de la cola) tuberosidad sacra y la tuberosidad isquiática. Un solo factor puede ser engañoso sin embargo todos los factores en conjunto proporcionan un puntaje adecuado (Wildman *et al.*, 1982). Cada uno de los grados considerados en este sistema de evaluación, presenta las siguientes características:

Grado 1. Los procesos espinosos tienen una cubierta cárnica limitada y son prominentes, las puntas son delgadas, ásperas al tocarlas y juntos los procesos forman un efecto de pared protectora en la región del lomo. Las vértebras de la espina, lomo y grupa son prominentes y destacan; el sacro y huesos de la cadera son prominentes con una muy poco distinguible cubierta cárnica, se notan depresiones severas entre el sacro y los huesos de la cadera. El área debajo de la base de la cola y entre los huesos de la cadera está severamente deprimido causando que la estructura del hueso en el área sea muy notoria.

Grado 2. Los procesos espinosos individuales son visualmente discernibles pero no son prominentes, la terminación de los procesos espinosos son ásperas al tacto a pesar de que tienen una ligera cubierta cárnica y el proceso no tiene una pared protectora distinguible. Las vértebras de las regiones de la espina, lomo y grupa no se distinguen a simple vista, pero se distinguen fácilmente mediante palpación. Los huesos de la cadera y el sacro son prominentes y la depresión entre ellos es menos severa. El área debajo de

la base de la cola y entre los huesos de la cadera está sumida, pero las estructuras óseas no están desprovistas de cubierta cárnica.

Grado 3. Los procesos espinosos son distinguibles si se aplica presión ligera, juntos los procesos aparecen lisos y el efecto de pared protectora no es detectable. Las vértebras de la espina, lomo y grupa aparecen con un borde superior redondeado, y los huesos de la cadera y sacro son redondeados y lisos. El área entre los huesos de la cadera y alrededor de la base de la cola es lisa y sin signos de deposición de grasa.

Grado 4. Los procesos espinosos individuales pueden ser distinguidos solo si se efectúa una palpación firme y juntos los procesos aparecen planos o redondeados sin un efecto de pared protectora. El borde superior formado por la columna vertebral de la región de la espina es redondeado y liso, pero el lomo y la región de la grupa aparecen planos, el sacro está redondeado y el espacio entre los sacros es plano. El área alrededor de la base de la cola entre los huesos de la cadera es redondeada, con evidencia de deposición de grasa subcutánea.

Grado 5. La estructura ósea de la columna vertebral, los procesos espinosos, sacros y la región de los huesos de la cadera, no son visualmente aparentes y existe evidencia de prominente deposición de grasa subcutánea. La base de la cola parece estar llena de tejido graso (Wildman *et al.*, 1982).

3.5 Toma y manejo de las muestras sanguíneas

Se obtuvieron 4000 muestras de sangre a partir de la vena coccígea utilizando tubos al vacío (7 mL) y agujas doble filo de calibre 21 estériles. Cada muestra fue identificada e inmediatamente en condiciones de refrigeración (4 a 6°C). La extracción del suero, fue realizada dentro de 24 horas posteriores a la obtención de la sangre y fue llevada a cabo, primero sometiendo a cada tubo a centrifugación de 2500 rpm durante 10 minutos a 4°C y posteriormente con la ayuda de pipetas de plástico estériles, succionando y depositando el suero en viales de polipropileno debidamente identificados. Los viales fueron almacenados a -56°C hasta el uso del suero en el radioinmunoanálisis (RIA) de fase sólida.

En las vacas Holstein, se obtuvieron 2830 muestras de suero sanguíneo de cada animal cada tercer día desde el parto hasta que se hubo detectado un estro en forma visual ó hasta los primeros 102 días después del parto, lo que ocurriese primero. El período de prueba en ganado lechero tuvo una duración en total de 455 días.

En las vacas Charoláis, 1170 muestras sanguíneas se obtuvieron desde el día del parto, hasta que se inició el programa de sincronización del ciclo estral, siendo en promedio a los 90.6 días postparto. Adicionalmente, al término del tratamiento (retiro del progestágeno subcutáneo o intravaginal) se tomó una

muestra de sangre a las 0.00, 6:00 y 12:00 horas. Con el propósito de conocer la evolución de los niveles séricos de progesterona post-tratamiento.

3.6 Programas de sincronización de ciclo estrual utilizados en las vacas productoras de carne

Los protocolos o programas de sincronización de ciclo estrual utilizados en las vacas Charoláis fueron asignados en forma aleatoria. Se incluyeron las vacas que parieron al final de la época de partos. Una vez finalizado el tratamiento, se realizó el destete temporal 48 horas después de retirar los implantes o dispositivos vaginales. Al finalizar el período de destete temporal se reintegró la cría a su respectiva madre. Se utilizaron dos progestágenos para sincronizar o inducir el ciclo estral (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Progestágenos usados en los programas de sincronización de estros en las vacas productoras de carne.

Tratamiento	Principio Activo	Vía de aplicación	Duración
NMT	6 mg norgestomet en un implante	Subcutáneo	10 días
	3 mg norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol, solución (2 mL)	Intramuscular	
CIDR	1.9 g de progesterona en pesario	Intravaginal	10 días
	1 mg de valerato de estradiol	Intramuscular	

3.7 Cuantificación de progesterona en suero

La detección y cuantificación de la progesterona sérica fue estimada basada en el método de radioinmunoanálisis de fase sólida (RIA), empleando el

estuche comercial ImmunoChem Coated Tube Progesterone 125[‡]. Este consiste en tubos sensibilizados con anticuerpos anti-progesterona y progesterona radiomarcada con I¹²⁵ como control. El estuche muestra una especificidad del antisuero de 100% a la progesterona, de 2.5% a la 17 α -Hidroxiprogesterona, de 0.3% a la Corticosterona y de valores entre 0.1 y 0.01% a otros esteroides.

El radioinmunoanálisis se realizó en el Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante, el cual consiste en:

Agregar 100 μ L de la muestra sérica, del estándar y del control en los tubos para el cultivo...

Se agrega 1.0 mL de progesterona ¹²⁵ a los tubos y se agitan cuidadosamente.

Se incuban los tubos en un baño María a 37 \pm 1 °C por 120 minutos.

Se aspira o decanta el contenido de los tubos en el mismo orden en que se ha llenado

Se efectúa el análisis en un contador gamma calibrado a ¹²⁵

[‡] ICN Pharmaceuticals, Inc. Diagnostics Division, Costa Mesa CA 96626 U.S.A.

Se construye un gráfico del porcentaje de muestra ligada en el eje de las "Y" y la concentración de los tubos estándar en el eje de las "X "empezando a 0.15 ng/mL.

Se determina la concentración de progesterona de cada muestra, utilizando la curva estándar.

3.8 Análisis estadístico de datos.

Los datos obtenidos se analizaron con el programa computacional Statistical Procedures for the Social Sciences ver 8.0 TM(SPSS, 1997).

Para identificar las causas que afectaron el reinicio de la actividad ovárica en ganado productor de leche se analizaron 20 variables (Cuadro 5), que se sometieron a un análisis de componentes principales con la finalidad de reducir el número de variables y agrupar aquellas que estuvieran indicando las mismas tendencias.

Una vez que se identificaron los componentes principales, el efecto de éstos sobre el reinicio de la actividad ovárica fue evaluado mediante un análisis de regresión lineal mediante el mismo programa computacional.

Similarmente en el ganado Charoláis, para identificar las causas que afectan el reinicio de la actividad ovárica en el ganado productor de carne, así como las correlaciones entre las variables, fue utilizado el procedimiento de reducción de datos en componentes principales utilizando 12 variables listadas en el Cuadro 5.

TM SPSS Statistics Procedures for the Social Sciences. 1997.
Advance StatisticTM version 8.0 for windows SPSS Inc. Chicago, U.S.A.

Cuadro 5. Variables utilizadas en éste estudio, para la determinación del reinicio de actividad ovárica postparto

Variable	Vacas Holstein	Vacas Charoláis
Temperatura máxima durante el período de prueba	Si	Si
Temperatura mínima durante el período de prueba	Si	Si
Evaporación durante el período de prueba	Si	No
Oscilación de temperatura durante el período de prueba	Si	Si
Precipitación pluvial durante el período de prueba	Si	Si
Humedad relativa durante el primer mes postparto	No	Si
Peso preparto	Si	Si
Peso postparto	Si	Si
Diferencia de peso pre y postparto	Si	Si
Peso de la cría al nacimiento	Si	Si
Número de parto	Si	Si
Promedio de producción de leche diaria por vaca durante el primer trimestre postparto	Si	No
Promedio de producción de leche diaria por vaca durante el primer mes postparto	Si	No
Promedio de producción de leche diaria por vaca durante el segundo mes postparto	Si	No
Promedio de ganancia diaria de peso de la cría durante el primer trimestre postparto	No	Si
Condición corporal al parto	Si	Si
Temperatura máxima durante el primer mes postparto	Si	No
Oscilación de temperatura durante el primer mes postparto	Si	No
Temperatura mínima durante el primer mes postparto	Si	No
Evaporación durante el primer mes postparto	Si	No
Precipitación pluvial durante el primer mes postparto	Si	No
Estación del año en que ocurrió el parto	Si	No

Una vez que se identificaron los componentes principales el efecto de éstos sobre el reinicio de la actividad ovárica, fue evaluado mediante un análisis de regresión lineal múltiple.

Los tratamientos de inducción o sincronización del ciclo estral, así como el estado reproductivo de las vacas productoras de carne antes y después de finalizar estos tratamientos fueron analizados mediante la comparación de promedios y análisis de varianza en un sentido.

El porcentaje de concepción a primer servicio y durante la temporada de empadre en el ganado productor de carne fue evaluado mediante la utilización de la prueba de Chi Cuadrada.

En adición, se generó una representación gráfica de la caracterización del período postparto por función zootécnica, mediante la utilización de medidas descriptivas para el reinicio de la actividad ovárica, la duración y características de las fases luteínica y no luteínica en el primer ciclo estral postparto y ciclos estruales subsecuentes, utilizando Microsoft® Office Excel 2003.

4. RESULTADOS

4.1 Vacas productoras de leche

El reinicio de la actividad ovárica en las vacas productoras de leche se presentó a los 31 días en promedio con un rango entre 11 a 102 días en el 76% (87/113) de las vacas en el estudio. Sin embargo en el 24% (26/113) de las vacas lecheras, no se encontró evidencia de reinicio de actividad ovárica durante los primeros 102 días después del parto, del total de 455 días del período de prueba.

En el Cuadro 6, se describen las medidas de tendencia central y dispersión, obtenidas para cada variable en función de la presentación ó no de actividad ovárica en las vacas lecheras de raza Holstein en el estudio. Los datos obtenidos en las variables (Cuadro 5), se sometieron a un análisis de componentes principales con la finalidad de reducir el número de variables y agrupar aquellas que estuvieran indicando las mismas tendencias. El análisis mostró que con seis componentes (variables) se puede explicar el 81.66% de la varianza total (Cuadro 7).

Cuadro 6. Valores de tendencia central y dispersión de variables en estudio obtenidos en vacas lecheras Holstein, ordenadas por presentación (1) ó no (2) de actividad ovárica postparto

Variable	Actividad ovárica postparto	N	Media		Desviación estándar	Error estándar	95% de Confianza para el Intervalo de la media	
							Limite Inferior	Limite superior
Temperatura máxima durante el período de prueba (°C)	1	87	29.56	a	5.00	0.54	28.49	30.63
	2	26	31.42	a	5.14	0.99	29.38	33.45
	Total	113	30.00		5.08	0.48	29.06	30.95
Temperatura mínima durante el período de prueba (°C)	1	87	15.88	a	6.10	0.66	14.57	17.18
	2	26	16.84	a	6.61	1.27	14.23	19.46
	Total	113	16.11		6.21	0.58	14.95	17.26
Evaporación durante el período de prueba (%)	1	87	6.06	a	2.13	0.23	5.60	6.51
	2	26	6.38	a	2.07	0.41	5.55	7.22
	Total	113	6.13		2.11	0.20	5.74	6.52
Oscilación de temperatura durante el período de prueba (°C)	1	86	13.68	a	1.99	0.21	13.26	14.11
	2	26	14.57	b	1.67	0.32	13.91	15.23
	Total	112	13.90		1.95	0.18	13.53	14.26
Precipitación pluvial durante el período de prueba (mm)	1	87	13.16	a	19.08	2.05	9.10	17.23
	2	26	16.82	a	20.74	4.07	8.45	25.20
	Total	113	14.01		19.44	1.83	10.38	17.63
Número de partos	1	87	2.42	a	1.47	0.16	2.10	2.74
	2	26	2.27	a	1.04	0.20	1.85	2.69
	Total	113	2.38		1.38	0.13	2.12	2.64
Producción de leche durante el primer trimestre postparto (litros)	1	87	22.61	a	4.72	0.51	21.59	23.62
	2	26	21.16	a	3.82	0.75	19.62	22.71
	Total	113	22.27		4.55	0.43	21.41	23.12
Condición corporal al parto (Grados)	1	87	3.41	a	0.46	0.05	3.31	3.51
	2	26	3.19	b	0.51	0.10	2.98	3.39
	Total	113	3.35		0.48	0.05	3.26	3.44

Continúa...

Variable	Actividad ovárica postparto	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de Confianza para el Intervalo de la media	
						Limite Inferior	Limite superior
Peso vivo preparto (kilos)	1	87	634.8 a	61.42	6.66	621.6	648.1
	2	26	604.5 b	64.64	12.44	578.9	630.0
	Total	113	627.5	63.27	5.98	615.7	639.4
Peso vivo postparto (kilos)	1	87	556.6 a	55.38	6.01	544.7	568.5
	2	26	521.4 b	53.91	10.38	500.1	542.8
	Total	113	548.1	56.84	5.37	537.5	558.8
Diferencia entre el peso pre y postparto (Kilos)	1	87	77.90 a	29.11	3.14	71.65	84.14
	2	26	84.31 a	32.75	6.42	71.08	97.54
	Total	113	79.38	29.96	2.83	73.77	84.99
Peso de la cría al nacimiento (kilos)	1	87	38.27 a	6.63	0.72	36.83	39.71
	2	26	39.63 a	8.33	1.60	36.33	42.92
	Total	113	38.60	7.06	0.67	37.27	39.93
Temperatura máxima durante el primer mes postparto (°C)	1.00	87	29.64 a	5.03	0.54	28.57	30.71
	2.00	26	31.22 a	5.14	1.01	29.14	33.29
	Total	113	30.00	5.08	0.48	29.06	30.95
Temperatura mínima durante el primer mes postparto (°C)	1.00	87	15.96 a	6.12	0.66	14.66	17.27
	2.00	26	16.59 a	6.61	1.30	13.93	19.26
	Total	113	16.11	6.21	0.58	14.95	17.26
Evaporación durante el primer mes postparto (°C)	1.00	87	5.92 a	1.99	0.21	5.50	6.35
	2.00	26	7.18 b	2.02	0.40	6.36	8.00
	Total	113	6.21	2.06	0.19	5.83	6.59
Oscilación de temperatura durante el primer mes postparto (°C)	1.00	87	13.68 a	1.98	0.21	13.26	14.10
	2.00	26	14.62 b	1.68	0.33	13.94	15.30
	Total	113	13.90	1.95	0.18	13.53	14.26
Precipitación pluvial durante el primer mes postparto (mm)	1.00	87	23.21 a	20.82	2.23	18.77	27.64
	2.00	26	10.17 b	14.61	2.86	4.27	16.07
	Total	113	20.21	20.27	1.91	16.43	23.98

a, b letras diferentes en la columna de medias indican que hay diferencia significativa ($p < 0.05$), entre las vacas que presentaron (1) y las que no (2) actividad ovárica postparto.

Los seis componentes principales fueron renombrados de acuerdo a los datos que se muestran en el Cuadro 8. El componente con mayor raíz característica fue el que agrupó a las variables, temperatura máxima, mínima y evaporación, por lo que se nombró a ésta nueva variable “Condiciones ambientales”. El segundo componente fue formado por las variables que están relacionadas con la producción de leche, particularmente relevante en éste componente fue el promedio diario de producción de leche durante el primer trimestre postparto, por lo que éste componente fue renombrado como “Producción de leche postparto”.

El componente principal 3 fue nombrado “Variación térmica” dado que la oscilación diaria de la temperatura promedio es preponderante sobre las otras variables que integran éste componente.

El peso de la cría al nacimiento y la disminución de peso postparto fueron de importancia en la conformación del componente principal 4, por lo que éste fue renombrado como “Peso de cría al nacimiento”. Dado que la condición corporal al parto es la variable de mayor interés en el componente 5, éste fue nombrado “Condición corporal”.

Por último el componente principal 6 fue renombrado como “Baja de peso postparto”, en virtud de que la diferencia entre el peso pre y postparto es la variable de mayor interés en este componente.

Cuadro 7. Análisis de extracción de los componentes principales que explican los causales de varianza en estimadores obtenidos en vacas lecheras Holstein

Componente	Raíces características			Suma de Cuadrados considerados en la extracción		
	Total	% de Varianza	Acumulada %	Total	% de Varianza	Acumulada %
1	1	5.97	29.86	29.86	5.97	29.86
2	2	4.03	20.13	49.99	4.03	20.13
3	3	2.33	11.67	61.66	2.33	11.67
4	4	1.72	8.61	70.27	1.72	8.61
5	5	1.24	6.22	76.49	1.24	6.22
6	6	1.03	5.17	81.66	1.03	5.17
7	7	0.90	4.51	86.18		
8	8	0.66	3.31	89.49		
9	9	0.50	2.50	91.98		
10	10	0.47	2.36	94.34		
11	11	0.35	1.77	96.12		
12	12	0.30	1.49	97.60		
13	13	0.22	1.08	98.69		
14	14	0.19	0.94	99.62		
15	15	0.06	0.28	99.90		
16	16	0.02	0.10	100.00		
17	17	0.00	0.00	100.00		
18	18	0.00	0.00	100.00		
19	19	0.00	0.00	100.00		
20	20	0.00	0.00	100.00		

Cuadro 8. Matriz de correlaciones de las variables consideradas en el análisis de componentes principales y los componentes (variables) obtenidos en dicho análisis en las vacas lecheras Holstein utilizadas

Componente mostrado en Cuadro 7	1	2	3	4	5	6
Nombre asignado al componente principal/ Variable	Condiciones ambientales	Producción de leche postparto	Variación térmica	Peso de cría al nacimiento	Condición corporal	Baja de peso postparto
Temperatura máxima durante el período de prueba	0.95	0.05	0.04	-0.03	0.12	0.06
Temperatura mínima durante el período de prueba	0.94	0.08	-0.22	-0.07	0.12	0.08
Oscilación térmica durante el período de prueba	-0.37	-0.13	0.77	0.13	-0.04	-0.07
Evaporación durante el período de prueba	0.86	0.00	0.38	0.07	0.04	0.06
Precipitación pluvial durante el período de prueba	0.37	-0.19	-0.36	0.41	-0.23	0.16
Peso preparto	-0.04	0.72	-0.23	0.52	0.24	0.01
Peso postparto	0.02	0.76	-0.32	0.23	0.22	-0.34
Peso de la cría al nacimiento	0.09	0.16	0.24	0.59	-0.20	-0.32
Número de parto	0.30	0.49	-0.16	0.38	-0.46	-0.24
Producción de leche el primer trimestre postparto	-0.18	0.90	0.19	-0.25	-0.07	0.14
Condición corporal al parto	-0.07	0.01	0.16	0.14	0.85	-0.07
Temperatura máxima durante el primer mes postparto	0.89	0.06	0.37	0.00	-0.02	0.02
Oscilación de temperatura durante primer mes postparto	-0.70	-0.14	0.42	0.21	-0.16	0.17

Continúa ...

Componente mostrado en Cuadro 7	1	2	3	4	5	6
Nombre asignado al componente principal/ Variable	Condiciones ambientales	Producción de leche postparto	Variación térmica	Peso de cría al nacimiento	Condición corporal	Baja de peso postparto
Temperatura mínima durante primer mes postparto	0.95	0.09	0.17	-0.06	0.03	-0.04
Evaporación durante el primer mes postparto	0.69	0.01	0.68	0.04	-0.06	-0.02
Precipitación pluvial durante el primer mes postparto	0.51	0.08	-0.47	-0.13	-0.12	0.36
Diferencia de peso pre y postparto	-0.13	0.04	0.12	0.62	0.09	0.67
Producción de leche durante el primer mes postparto	-0.03	0.73	0.19	-0.31	-0.19	0.07
Producción de leche durante el segundo mes postparto	-0.17	0.82	0.17	-0.25	0.02	0.04
Producción de leche durante el tercer mes postparto	-0.26	0.74	0.12	-0.06	0.02	0.26

Cuadro 9. Correlación entre los componentes principales extraídos, con las variables indicativas de la actividad ovárica postparto en vacas lecheras Holstein

Componentes principales extraídos con las variables indicativas de actividad ovárica		Reinicio de actividad ovárica pp	Primer estro detectado en forma visual	1	2	3	4	5	6
Reinicio de actividad ovárica pp	Correlación Pearson	1.00	0.50**	0.01	-0.20*	0.44**	0.18	-0.30**	0.05
	Sig. (2-Colas)		0.01	0.89	0.04	0.01	0.06	0.01	0.64
Primer estro detectado en forma visual	Correlación Pearson	0.50**	1.00	-0.12	-0.21*	0.37**	0.12	-0.14	0.14
	Sig. (2-Colas)	0.01		0.24	0.04	0.01	0.22	0.17	0.18
Condiciones ambientales	Correlación Pearson	0.01	-0.12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sig. (2-Colas)	0.89	0.24		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Producción de leche postparto	Correlación Pearson	-0.20*	-0.21*	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sig. (2-Colas)	0.04	0.04	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
Variación térmica	Correlación Pearson	0.44**	0.37**	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	Sig. (2-Colas)	0.01	0.01	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00
Peso de cría al nacimiento	Correlación Pearson	0.18	0.12	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	Sig. (2-Colas)	0.06	0.22	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00
Condición corporal	Correlación Pearson	-0.30**	-0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	Sig. (2-Colas)	0.01	0.17	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00
Baja de peso postparto	Correlación Pearson	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	Sig. (2-Colas)	0.64	0.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

** Correlación es significativa al nivel de 0.01 (2-colas).

* Correlación es significativa al nivel de 0.05 (2-colas).

Cuadro 10. Coeficientes de regresión de los componentes principales extraídos sobre el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas lecheras Holstein

Componentes Principales	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente estandarizados	Sig
	B	Error Estándar	t	
(Constante)	49.47	2.88	17.20	0.01
2 "Producción de leche postparto"	-7.39	2.89	-2.56	0.01
3 "Variación térmica"	16.32	2.89	5.65	0.01
4 "Peso de cría al nacimiento"	6.66	2.89	2.30	0.02
5 "Condición corporal"	-11.04	2.89	-3.82	0.01

$r^2 = .361$

El mejor modelo de regresión lineal múltiple se obtuvo, utilizando los componentes principales: 2 "Producción de leche postparto", 3 "Variación térmica" 4 "Peso al nacimiento" y 5 "Condición corporal" extraídos, resultó altamente significativo ($p=0.01$) sobre el reinicio de la actividad ovárica.

El componente principal 2 "Producción de leche postparto" esta correlacionado positivamente con la producción de leche en el primer trimestre postparto, el peso postparto y el preparto (Cuadro 8) y éste componente esta correlacionado negativamente con el reinicio de la actividad ovárica (Cuadro 9), por lo que se interpreta que, en vacas con una mayor producción de leche y con pesos pre y postparto mas elevados, se reduce el intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica. Estos resultados coinciden con los encontrados en el análisis de varianza (Cuadro 6), en donde existe diferencia significativa,

siendo mas elevados, el peso pre y postparto de las vacas que si reinician la actividad ovárica en comparación con las vacas en las que no se detectó actividad ovárica.

El componente principal 3 “Variación térmica” esta correlacionado positivamente con la oscilación térmica durante el período de prueba y la evaporación durante el primer mes postparto (Cuadro 8) y éste componente esta correlacionado positivamente con el reinicio de la actividad ovárica (Cuadro 9), por lo que se interpreta que en las temporadas que en promedio se presentó una mayor oscilación térmica y una mayor evaporación, se observó que se incrementó el intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica. Estos resultados coinciden con los encontrados en el análisis de varianza (Cuadro 6), en donde existe diferencia significativa, en la oscilación de la temperatura y la evaporación (Cuadro 6), de tal forma que las vacas en que si se detectó que reiniciaron la actividad ovárica en promedio tuvieron menores variaciones térmicas comparadas con las vacas en las que no se detectó actividad ovárica.

En adición a estas observaciones se encontró, utilizando para ello un análisis de varianza univariado en forma independiente, que la estación del año en que ocurrió el parto (Cuadro 11), influyó significativamente sobre el reinicio de la actividad ovárica ($p=0.015$), agrupándose en dos bloques, las vacas que parieron en verano y otoño reiniciaron la actividad ovárica más temprano que las vacas que parieron en invierno y primavera, pues al comparar el promedio en días en que se reinició la actividad ovárica, no se encontró evidencia de que

haya diferencia entre las vacas que parieron en el verano y el otoño ($p=0.886$), aunque las vacas que parieron en estas dos estaciones del año, sí reiniciaron la actividad ovárica en forma significativamente más temprano, que las vacas lecheras que parieron en invierno y en primavera ($p=0.047$); no se encontró evidencia de diferencia significativa entre las vacas que parieron en el invierno y la primavera ($p=0.530$).

Cuadro 11. Reinicio de la actividad ovárica postparto en las vacas lecheras (d), ordenado por época de parto

Estación del año al parto	n	Media en días \pm DE	Mínimo	Máximo
Verano	27	27.11 \pm 13.07 a	11	77
Otoño	32	27.66 \pm 15.64 a	12	85
Invierno	17	37.65 \pm 17.52 b	18	88
Primavera	11	42.55 \pm 23.20 b	17	102
Total	87	31.32 \pm 17.15	11	102

a, b letras diferentes en la columna de medias indican que hay diferencia significativa ($p<0.05$).

El componente principal 5 que se denominó “Condición corporal” ésta correlacionado positivamente con la condición corporal al parto (Cuadro 8) y éste componente, ésta correlacionado negativamente con el reinicio de la actividad ovárica (Cuadro 9), por lo que se deduce que, vacas lecheras Holstein con una mejor condición corporal al parto tienen un intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica menor.

En este estudio no se encontraron hallazgos de que los componentes principales extraídos, 1, 4 y 6 denominados “Condiciones ambientales”, “Peso

de la cría al nacimiento” y “Baja de peso postparto”, respectivamente tengan influencia sobre el reinicio de la actividad ovárica en forma significativa.

La correlación entre los componentes extraídos con el reinicio de la actividad ovárica descritos en el Cuadro 9, coincide con los componentes encontrados en el mejor modelo de regresión lineal múltiple como significativos Cuadro 10.

La detección en forma visual de estro, fue efectuada a los 76 días en promedio con un rango entre 11 y 221 días en el 89.5% (100/113) de las vacas en el estudio. El 10.5% (13/113) de las vacas lecheras en este estudio no fueron detectadas en forma visual en estro después del parto durante los 455 días del período en que se efectuó el estudio.

En el análisis de correlación (Cuadro 9), se muestra que los componentes principales 2 y 5 denominados “Producción de leche postparto” y “Variación térmica” respectivamente se encuentran relacionados linealmente con el primer estro detectado en forma visual.

El componente principal 2 “Producción de leche postparto” esta correlacionado positivamente con, la producción de leche en el primer trimestre postparto, el peso postparto y el preparto (Cuadro 8) y éste componente esta correlacionado negativamente con el primer estro detectado en forma visual (Cuadro 9). Dada la naturaleza de la relación entre estas variables, se encontró

que: las vacas con una mayor producción de leche durante el primer trimestre postparto y más pesadas antes y después del parto tienen un intervalo menor entre el parto y el primer estro detectado.

De igual manera se encontró que, el componente principal 3 “Variación térmica” está correlacionado positivamente con la oscilación térmica durante el período de prueba y la evaporación durante el primer mes postparto (Cuadro 8) y éste componente está correlacionado positivamente con el primer estro detectado en forma visual (Cuadro 9), así en las épocas del año que en promedio se presentó una mayor oscilación térmica y una mayor evaporación, se observó que se incrementó el intervalo entre el parto y el primer estro detectado en forma visual.

La correlación positiva de la “Variación térmica” con el primer estro detectado en forma visual (Cuadro 9), coincide con el efecto significativo que se encontró de la estación del año en que ocurrió el parto sobre el primer estro detectado en forma visual, en el análisis de varianza de un sentido en donde las vacas que parieron en el verano se encontró que tuvieron un intervalo parto primer estro detectado en forma visual, menor significativamente que las vacas que parieron en otras estaciones del año (Cuadro 12).

Cuadro 12. Intervalo parto-primer estro detectado por observación visual, en las vacas lecheras Holstein, ordenado por estación del año en que ocurrió el parto

Estación del año en que ocurrió el parto	n	Media en días \pm DE	Mínimo	Máximo
Verano	25	56.20 \pm 26.15 a	24	96
Otoño	37	76.81 \pm 44.80 b	11	221
Primavera	14	81.43 \pm 34.87 b	25	121
Invierno	24	96.75 \pm 51.05 b	37	191
Total	100	77.09 \pm 43.21	11	221

a, b letras diferentes en la columna de medias indican que hay diferencia significativa ($p < 0.05$).

Cuadro 13. Coeficientes de regresión de los componentes principales extraídos sobre el primer estro detectado en forma visual, en el ganado lechero de raza Holstein

Componentes Principales	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente estandarizado	
	B	Error Estándar	t	Sig
(Constante)	78.60	4.01	19.60	0.01
2 "Producción de leche postparto"	-8.57	4.08	-2.10	0.04
3 "Variación térmica"	16.36	4.15	3.95	0.01

$r^2 = .178$

El mejor modelo de regresión lineal múltiple se obtuvo, utilizando los componentes principales: 2 "Producción de leche postparto" y 3 "Variación térmica" extraídos, resultó altamente significativo ($p = 0.01$) sobre el primer estro detectado en forma visual.

En este estudio no se encontraron hallazgos de que los componentes principales extraídos, 1, 4, 5 y 6 denominados “Condiciones ambientales” “Peso de la cría al nacimiento”, “Condición corporal” y “Baja de peso postparto”, respectivamente, tengan efecto sobre el primer estro detectado en forma visual en el ganado lechero de raza Holstein.

Utilizando la concentración de progesterona sérica en las vacas durante el período postparto, se determinó que hay por lo menos dos fases lúteas en promedio que se puede inferir que fueron ciclos estruales silenciosos, con un rango entre 0 a 7 fases antes de presentar un comportamiento detectable de estro en forma visual.

El Cuadro 14, describe el tiempo promedio en que se presentó cada fase lutea después del parto, en el Cuadro 15, la duración en días de la fase lutea y el Cuadro 16 el período entre las fases lúteas detectadas mediante la concentración sérica de progesterona (P_4).

Cuadro 14. Día de inicio de la fase lútea postparto en vacas lecheras Holstein

Ciclo estral postparto	n	Media en días \pm DE	Mínimo	Máximo
1	87	31 \pm 17.29	11	102
2	58	45 \pm 15.46	25	102
3	21	60 \pm 11.10	38	82
4	14	79 \pm 12.90	54	96

Cuadro 15. Duración de la fase lútea postparto en vacas lecheras Holstein

Ciclo estral postparto	n	Media en días \pm DE	Mínimo	Máximo
1	87	11.7 \pm 1.6	2	40
2	58	9.5 \pm 0.5	4	13
3	21	9.7 \pm 0.8	3	22
4	14	9.9 \pm 0.9	6	15

Cuadro 16. Período (días) entre fases lúteas postparto, detectado mediante concentración de progesterona en vacas lecheras Holstein

Período entre ciclo estral	n	Media en días \pm DE	Mínimo	Máximo
1 y 2	58	10 \pm 6.45	2	39
2 y 3	21	9 \pm 3.81	3	18
3 y 4	14	10 \pm 4.97	2	19

Sumando la duración de la fase lútea del ciclo estral (Cuadro 15), con los días entre fases lúteas detectadas (Cuadro 16), se obtiene la duración media del ciclo estral en las vacas lecheras, durante el período postparto que resultó en 21.7 días.

La concentración acumulada de progesterona en la fase lútea durante el período postparto, antes de que se haya detectado el estro en forma visual, se describe en el Cuadro 17, no se encontró evidencia de que haya relación lineal, entre los componentes principales encontrados en este estudio (Cuadro

7), con la concentración acumulada de progesterona en las vacas lecheras Holstein ($p=0.60$).

Cuadro 17. Concentración acumulada de progesterona en ciclos postparto en las vacas lecheras Holstein

Ciclo estral postparto	n	Media ng / mL \pm DE	Mínimo	Máximo
1	87	11.16 \pm 15.89	1.49	84.76
2	58	11.96 \pm 6.90	2.43	32.40
3	21	9.91 \pm 7.61	3.15	31.00
4	14	11.30 \pm 4.59	4.40	19.28
Total	87	10.93 \pm 10.46	1.49	84.76

($p=0.60$)

4.2 Vacas productoras de carne

Se consideró como criterio en este estudio, que la actividad ovárica en las vacas Charoláis productoras de carne, inició cuando la concentración de progesterona en el suero sanguíneo fue mayor a 1 ng /mL de suero. En las vacas productoras de carne el reinicio de la actividad ovárica, se evaluó durante un período experimental que duró del 20 de agosto de 1995 hasta el 28 de febrero de 1996.

Dado que los nacimientos se encontraron agrupados por el uso de empadre controlado, el 59% (17/29) de las vacas amamantando con diferente cantidad de partos reiniciaron su actividad ovárica a los 53 días postparto en promedio. Mientras que el 41% (12/29) de las vacas amamantando permaneció en anestro hasta que fueron sometidas al régimen de sincronización del ciclo estral, en promedio a los 90.62 ± 8.83 días postparto.

En el Cuadro 18, se muestran los valores de tendencia central y dispersión de las variables obtenidos en este estudio, ordenados de acuerdo a sí, en las vacas Charoláis se detectó, mediante el aumento en la concentración de progesterona, el reinicio de actividad ovárica (1) ó inactividad ovárica (2). En el Cuadro 19, se muestran los componentes principales que explican la totalidad de la varianza en la muestra de vacas Charoláis utilizada, en donde se observa que dos componentes tienen raíces características mayores a 1 y

explican el 72% de la varianza total, estos dos componentes fueron renombrados de acuerdo a los datos que se muestran en el Cuadro 20.

Cuadro 18. Valores de tendencia central y dispersión de variables en estudio obtenidos en vacas Charoláis, ordenadas por presentación (1) ó no (2) de actividad ovárica postparto

Variable	Actividad ovárica postparto	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de Confianza para el Intervalo de la media		
						Limite inferior	Limite superior	
Condición Corporal (grados)	1	17	3.49	a	0.35	0.09	3.30	3.67
	2	12	3.68	a	0.38	0.11	3.43	3.92
	Total	29	3.56		0.37	0.07	3.42	3.71
Número de parto	1	17	4.00	a	1.17	0.28	3.40	4.60
	2	12	4.83	a	1.95	0.56	3.60	6.07
	Total	29	4.34		1.56	0.29	3.75	4.94
Peso pre parto (Kg.)	1	17	612.6	a	79.31	19.24	571	653
	2	12	633.5	a	101.56	29.32	569	698
	Total	29	621.3		88.07	16.35	587	654
Peso post parto (Kg.)	1	17	562.2	a	64.73	15.70	528	595
	2	12	582.4	a	90.03	25.99	525	639
	Total	29	570.6		75.37	14.00	541	599
Peso de la cría al nacimiento (Kg.)	1	17	38.16	a	7.64	1.85	34.23	42.09
	2	12	40.58	a	6.76	1.95	36.29	44.88
	Total	29	39.16		7.26	1.35	36.40	41.93
Diferencial entre pesos pre y postparto	1	17	50.41	a	19.96	4.84	40.16	60.67
	2	12	41.16	a	23.90	6.89	35.98	66.34
	Total	29	50.72		21.26	3.94	42.63	58.81
Aumento de peso de la cría ajustado a 100 días (Kg.)	1	17	76.80	a	20.48	4.96	66.27	87.34
	2	12	82.21	a	17.27	4.98	71.23	93.18
	Total	29	70.04		19.08	3.54	71.78	86.30
Temperatura máxima en período de prueba (°C)	1	17	25.16	a	2.64	0.64	23.80	26.52
	2	12	22.78	b	0.88	0.25	22.23	23.34
	Total	29	24.18		2.39	0.44	23.27	25.09
Temperatura mínima en período de prueba (°C)	1	17	8.57	a	2.12	0.51	7.48	9.66
	2	12	6.85	b	0.75	0.22	6.37	7.32
	Total	29	7.85		1.88	0.35	7.14	8.57

Continúa...

Variable	Actividad ovárica postparto	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de Confianza para el Intervalo de la media		
						Limite inferior	Limite superior	
Oscilación térmica en período de prueba (°C)	1	17	16.70	a	0.82	0.20	16.28	17.13
	2	12	15.99	b	0.32	0.09	15.79	16.19
	Total	29	16.41		0.74	0.14	16.13	16.69
Precipitación pluvial en período de prueba (mm)	1	17	12.71	a	7.83	1.90	8.68	16.73
	2	12	18.25	b	2.30	0.66	16.79	19.71
	Total	29	15.00		6.70	1.24	12.45	17.55
Humedad relativa en período de prueba (%)	1	17	63.43	a	4.54	1.10	61.09	65.76
	2	12	59.06	b	1.37	0.39	58.19	59.93
	Total	29	61.62		4.16	0.77	60.04	63.20

a, b letras diferentes en la columna de medias indican que hay diferencia significativa ($p < 0.05$).

Cuadro 19. Análisis de extracción de los componentes principales que explican los causales de varianza en estimadores obtenidos en el ganado productor de carne de raza Charoláis

Componente	Raíces características			Suma de Cuadrados considerados en la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% de Varianza	% Acumulado
1	4.496	37.465	37.465	4.496	37.465	37.465
2	4.133	34.443	71.908	4.133	34.443	71.908
3	0.965	8.042	79.949			
4	0.867	7.221	87.170			
5	0.592	4.936	92.106			
6	0.356	2.969	95.076			
7	0.242	2.016	97.091			
8	0.176	1.464	98.555			
9	0.123	1.028	99.583			
10	0.050	0.416	99.999			
11	0.000	0.001	100.000			
12	0.000	0.000	100.000			

El componente principal, 2 denominado “Peso de la cría y desgaste” se encuentra correlacionado positivamente con el peso de la cría al nacimiento, el peso vivo preparto y la ganancia de peso de la cría ajustada a 100 días (Cuadro 20) y éste componente esta correlacionado positivamente con el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas Charoláis con cría al pie (Cuadro 21). Dada la naturaleza de la relación entre éstas variables, se encontró que: las

vacas Charoláis que parieron crías más pesadas, tuvieron mayor peso al parto y sus crías mayores aumentos de peso en los primeros 100 días postparto tuvieron un intervalo mayor entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica.

Cuadro 20. Importancia de las variables, en el análisis de extracción de dos componentes principales que explican las causales de la varianza, en la muestra de vacas productoras de carne Charoláis utilizadas en el estudio

Componente mostrado en Cuadro 19 Nombre asignado al componente principal/ Variable	1	2
	“Condiciones ambientales”	“Peso de cría y desgaste”
Peso de la cría al nacimiento	0.194	0.786
Peso preparto	0.647	0.705
Ganancia diaria de peso ajustada a 100 días de edad de la cría	0.316	0.687
Peso postparto	0.637	0.646
Diferencia entre pesos pre y postparto	0.424	0.632
Condición corporal al parto	0.229	0.540
Precipitación pluvial en el período de muestreo	-0.755	0.524
Numero de parto	0.466	0.521
Humedad relativa durante el período de muestreo	0.836	-0.376
Oscilación de temperatura durante el período de muestreo	0.699	-0.382
Temperatura máxima durante el período de muestreo	0.827	-0.549
Temperatura mínima durante el período de muestreo	0.803	-0.549

Cuadro 21. Correlación entre los factores principales extraídos con el reinicio de la actividad ovárica en ganado Charoláis productor de carne

Componentes principales extraídos.		Reinicio de actividad ovárica	“Condiciones ambientales”	“Peso de la cría y desgaste”
Reinicio de actividad ovárica	Correlación Pearson	1.00	-0.26	0.65**
	Sig. (2-colas)		0.18	0.01
“Condiciones ambientales”	Correlación Pearson	-0.26	1.00	0.00
	Sig. (2-colas)	0.18		1.00
“Peso de la cría y desgaste”	Correlación Pearson	0.65**	0.00	1.00
	Sig. (2-colas)	0.01	1.00	

** Correlación es significativa al nivel de 0.01 (2-colas).

No se encontró evidencia de que la correlación entre las condiciones ambientales y el reinicio de la actividad ovárica sea significativa (Cuadro 21).

Cuadro 22. Coeficientes de regresión de los factores principales extraídos sobre el reinicio de la actividad ovárica, en el ganado Charoláis productor de carne

Factores Principales	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente estandarizados	
	B	Error Estándar	t	Sig
(Constante)	76.9	3.9	19.5	0.01
1 “Condiciones ambientales”	-20.3	4.0	-5.1	0.01
2 “Peso de la cría y desgaste”	15.8	4.0	3.9	0.01

$$r^2 = .613$$

En el Cuadro 22 se detallan los coeficientes de regresión, que muestran la relación lineal entre el reinicio de la actividad ovárica en el ganado productor de carne de raza Charoláis y los factores principales denominados “Condiciones ambientales” y “Peso de la cría y desgaste”.

En las vacas Charoláis que mostraron actividad ovárica postparto se detectaron desde 1 hasta 3 ciclos estruales previos al programa de sincronización del ciclo estral. Para los efectos de este estudio, se consideró como inicio de una fase lútea, cuando la concentración de progesterona sérica fue >1 ng /mL a la muestra previa. Así, se pudieron detectar hasta tres fases lúteas después del parto en las vacas Charoláis (Cuadro 23), antes de que se iniciara el programa de sincronización de ciclo estral. De igual manera, se infiere que la ovulación se presenta tres días antes del inicio de las fases lúteas en estos animales.

Cuadro 23. Inicio, duración y concentración sérica de progesterona de acuerdo al número de ciclos estruales en vacas Charoláis, durante el período postparto

Ciclo estral postparto	n	Inicio Fase lútea Media \pm DE (d)	Duración Fase lútea Media \pm DE (d)	Progesterona sérica Media \pm DE (ng/mL)
1	17	53.5 \pm 21.9	9.1 \pm 4.1	5.4 \pm 4.1
2	9	67.3 \pm 23.0	10.9 \pm 2.8	7.4 \pm 4.4
3	4	73.3 \pm 3.3	10.0 \pm 1.4	6.9 \pm 3.1

El primer ciclo después del parto es de corta duración y conforme se incrementa el período postparto, las vacas productoras de carne tienden a producir una mayor cantidad de progesterona y a tener una duración de la fase lútea más uniforme, asumiendo que la ovulación ocurre en promedio a los 50 días, ya que el reinicio de la actividad luteínica se registró a los 53 días después del parto y el segundo cuerpo lúteo secreta progesterona hasta los 67 días (Cuadro 23).

La duración de las fases lúteas es irregular en el ganado productor de carne; en las vacas que reanudan la actividad ovárica después del parto, el amamantamiento, puede inducir un anestro lactacional. Aun y cuando las vacas después del parto ya tienen una fase luteínica previa no siguen un patrón normal pues el intervalo entre la primera y segunda fase luteínica es de 12 días y entre segunda y tercera fase lútea es de 28 días, lo que resulta en ciclos estruales irregulares (Cuadro 24). La duración de la fase lútea en los ciclos estruales subsecuentes al primero, tiene una duración uniforme (Cuadro 23).

Cuadro 24. Período (días) entre fases luteínicas en vacas Charoláis postparto de acuerdo a la concentración de progesterona sérica

Período entre ciclo estral	n	Días entre ciclos		
		Media \pm DE	Mínimo	Máximo
1 y 2	9	12.0 \pm 4.0	7	18
2 y 3	4	27.8 \pm 10.9	21	44

La cantidad de fases lúteas, la duración, la concentración de progesterona en las fases luteínicas que se presentaron durante el período observado o los días transcurridos después del parto al reinicio de la actividad ovárica, no se encontró que tuviesen efecto sobre la fertilidad al primer servicio en el Análisis de Varianza Univariado efectuado a los datos obtenidos de las vacas Charoláis que se sincronizaron con progestágenos.

Los resultados obtenidos en un programa de sincronización de calores son atribuibles a los tratamientos utilizados, puesto que vacas ciclando una o más veces en el postparto con diferentes cantidades de progesterona producida o vacas en anestro pueden llegar a quedar preñadas en el primer servicio de la inseminación artificial. En este estudio se encontró diferencia significativa ($p=0.009$) en la concentración de progesterona (Cuadro 25), entre vacas que al inicio del tratamiento para la sincronización ya habían tenido al menos una fase luteínica (vacas ciclando); y las vacas que permanecieron durante todo el período entre el parto y el inicio del programa de sincronización con niveles de progesterona menores a 1 ng/mL, (vacas en anestro), considerando este nivel como indicador de actividad ovárica. Como ya se mencionó, los tratamientos con NMT y CIDR fueron durante 10 días, inmediatamente al término de éstos, no se encontró diferencia ($p=0.47$) en la concentración de progesterona entre las vacas que habían permanecido en anestro y las vacas que ciclaron una o más veces durante el período postparto (Cuadro 25).

Cuadro 25. Concentración promedio de progesterona en vacas Charoláis al iniciar y finalizar el programa de sincronización, de acuerdo al estado ovárico previo

Actividad ovárica	n	Conc. de P ₄ al Inicio	Conc. de P ₄ al Final
		Media ± DE (ng/mL)	Media ± DE (ng/mL)
Anestro	12	0.1 ± 0.2	1.5 ± 1.2
Ciclando	17	1.7 ± 1.9	2.2 ± 3.0
Total	29	1.1 ± 1.7	1.9 ± 2.5

(p = 0.009) (p=0.47)

Al analizar los datos de la concentración de progesterona previos a la administración del tratamiento NMT o CIDR, se encontró mayor concentración de progesterona (p=0.08), en las vacas a las que se aplicó el NMT (Cuadro 26), alcanzando niveles máximos de 6.0 y 3.3 ng/mL en las vacas con NMT y CIDR, respectivamente. Sin embargo, al término del tratamiento las vacas que recibieron el CIDR, presentaron una diferencia significativa en concentración de progesterona (p=0.02), en comparación con las tratadas con NMT (Cuadro 26). Además los niveles máximos de progesterona, encontrados en este momento fueron de 3.0 y 10.4 ng/mL en las vacas tratadas con NMT y CIDR, respectivamente.

También se encontró una diferencia significativa (p=0.05) entre los tratamientos, en cuanto a las horas después del retiro de los tratamientos progestágenos y el inicio de la conducta estrual. En este caso, las vacas que se sincronizaron con CIDR, tuvieron una respuesta más rápida que las vacas a las cuales se les aplicó el NMT (Cuadro 27).

Cuadro 26. Concentración de progesterona en vacas Charoláis al inicio y término del programa para la sincronización de estro

Tratamiento	n	Inicio del programa	Término del programa
		Media \pm DE (ng/mL)	Media \pm DE (ng/mL)
NMT	16	1.6 \pm 2.0	1.0 \pm 1.0
CIDR	13	0.5 \pm 0.9	3.0 \pm 3.3
Total	29	1.9 \pm 1.7	1.9 \pm 2.5

(p = 0.08;

p= 0.02)

Cuadro 27. Presentación del estro después de quitar el tratamiento progestágeno en vacas Charoláis

Tratamiento	n	Media \pm DE	Mínimo	Máximo
		(horas)		
NMT	13	34.4 \pm 7.5	20.3	47.1
CIDR	10	28.4 \pm 6.2	22.1	39.3
Total	23	31.8 \pm 7.5	20.3	47.1

(p= 0.05)

Al finalizar el tratamiento progestágeno para sincronizar ciclo estrual, no se detectaron diferencias (p=0.19) en cuanto a concentración de progesterona sérica, entre las vacas que previo al programa, se encontraron en fase luteínica y las vacas que al inicio del programa no estaban en ésta fase (Cuadro 28), independientemente del tipo de tratamiento progestágeno recibido.

En cuanto a los servicios por concepción, no se encontraron diferencias (p = 0.92) entre las vacas que previo al tratamiento no estaban en una fase

lútea y las que lo estaban (1.5 ± 0.8 vs. 1.5 ± 0.5 servicios por concepción, respectivamente).

Cuadro 28. Concentración de progesterona en vacas Charoláis, al retirar los dispositivos de progestágenos, por fase ovárica al inicio del programa de sincronización

Fase ovárica	n	Media \pm DE		
		(ng/mL)	Mínimo	Máximo
Fase no lútea	19	1.5 ± 2.2	0.0	7.8
Fase lútea	10	2.7 ± 3.0	0.0	10.4
Total	29	1.9 ± 2.5	0.0	10.4

($p = 0.19$)

No obstante lo anterior, en el promedio de dosis por concepción en la temporada de empadre se encontró una diferencia ($p=0.04$) cuando se comparó por tratamiento para la inducción y sincronización de estros, encontrando que las vacas que recibieron el NMT, tuvieron un promedio menor al de las vacas en que se aplicó el CIDR (Cuadro 29).

Cuadro 29. Servicios por concepción en vacas Charoláis inseminadas de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	n	Servicios por concepción		
		Media \pm DE	Mínimo	Máximo
NMT	16	1.2 ± 0.4	1	2
CIDR	13	1.8 ± 0.8	1	3
Total	29	1.5 ± 0.7	1	3

($p = 0.04$)

En cuanto el porcentaje de vacas preñadas a primer servicio fue analizado mediante una prueba de X^2 , se encontró una diferencia entre tratamientos ($p = 0.02$), siendo el de mayor porcentaje de vacas gestantes al primer servicio las del grupo tratado NMT (Cuadro 26). Por otro lado utilizando una prueba de X^2 , se encontró diferencia estadística ($p = 0.03$) entre las vacas que al inicio del tratamiento no tuvieron un cuerpo lúteo presente (fase no lútea), grupo en que el porcentaje de vacas preñadas al primer servicio es mayor (Cuadro 30), que el porcentaje de vacas preñadas al primer servicio del grupo que al inicio del tratamiento tuvo un cuerpo lúteo presente (fase lútea).

Cuadro 30. Porcentaje de fertilidad por tratamiento, fase ovárica y actividad ovárica en vacas Charoláis amamantando

Tratamiento (%)		Fase ovárica (%)		Actividad Ovárica (%)	
NMT	CIDR	No lútea	Lútea	Anestro	Ciclando
75	46	50		53	
(12/16)	(6/13)	(13/19)	(5/10)	(9/12)	(9/17)
$(p = 0.02)$		$(p = 0.03)$		$(p = 0.03)$	

El índice de concepción al primer servicio en las vacas que presentaron niveles de progesterona menores de 1 ng/mL a los 90.62 ± 8.83 días postparto (actividad ovárica establecida), fue mayor que las vacas que a este tiempo tuvieron uno o mas ciclos con niveles de progesterona sérica $>1 \text{ ng/mL}$. (Cuadro 30).

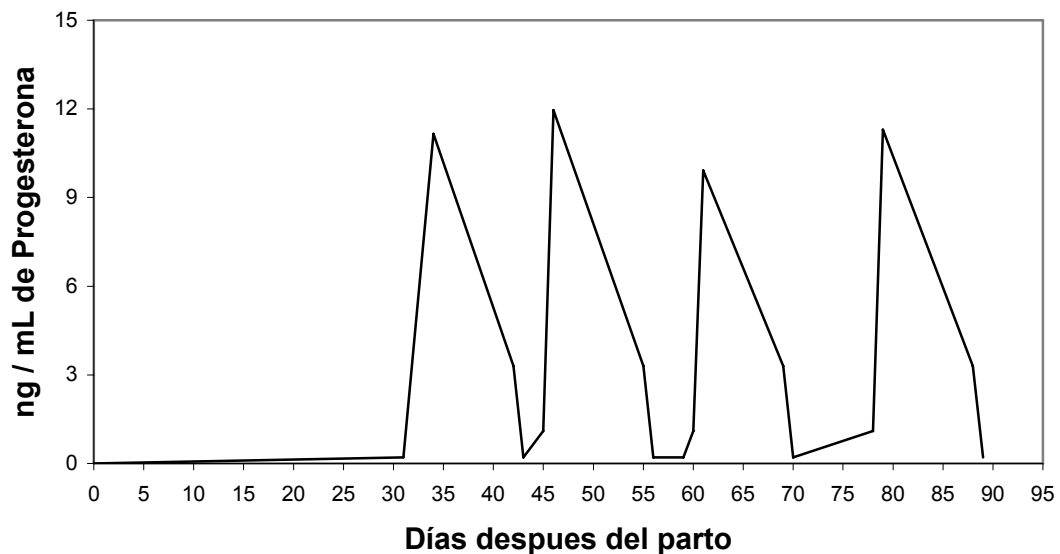
5. DISCUSIÓN

5.1 Período postparto en ganado Holstein productor de leche

En vacas productoras de leche, explotadas en confinamiento, el reinicio de la actividad ovárica encontrado se encuentra dentro del rango de 17 a 42 días reportado (El Din Zain *et al.*, 1995).

En la Figura 1 se muestra la caracterización del reinicio de actividad ovárica, basado en las concentraciones de progesterona sérica, del ganado lechero Holstein explotado en condiciones de confinamiento en el Noreste de México, que es el caso de este estudio.

Figura 1. Reinicio de actividad ovárica y comportamiento cíclico reproductivo en ganado Holstein productor de leche basado en las concentraciones de progesterona sérica



Para representar en forma grafica la caracterización del reinicio de actividad ovárica en este tipo de ganado, se parte de que las vacas reinician su

actividad ovárica en promedio a los 31 días después del parto y que a los 45 y 60 días inician nuevas fases lúteas (Cuadro 14).

Dos ciclos estruales ocurrieron entre los 31 a 69 días postparto, en las vacas lecheras de acuerdo a la cantidad y duración de las fases lúteas detectadas mediante la concentración de progesterona que no fueron detectados en forma visual por no presentar características asociadas al estro

En el presente estudio se encontró que las vacas lecheras Holstein, con una mayor producción de leche durante el primer trimestre postparto y con pesos pre y postparto mas elevados, tienen un intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica mas corto, evidencia que corrobora el efecto de la producción de leche, sobre el reinicio de la actividad ovárica después del día 40 postparto reportado por Gwazdauskas *et al.*, (2000). Senatore *et al.*, (1996) también reportaron que las vacas más pesadas al parto, tienen un intervalo más corto a la primera ovulación, probablemente por que son más resistentes al balance energético negativo al poder movilizar las reservas corporales.

Se encontró también que en las estaciones del año que en promedio se presenta una mayor oscilación térmica y una mayor evaporación, se incrementa el intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica en las vacas lecheras contrario a lo reportado por El-Din Zain *et al.*, (1995), donde no se encontró que la estación del año tuviese un papel significativo sobre la reanudación de la actividad ovárica postparto en ganado productor de leche en

condiciones de confinamiento. De igual manera en el presente estudio se encontró que las vacas lecheras que paren en el verano reinician la actividad ovárica postparto y son detectadas en estro en forma visual en un periodo postparto mas temprano que las vacas que paren en otras estaciones del año, datos que no concuerdan con lo reportado por Thompson, *et al.*, (1996).

Como se muestra en la Figura 1, en el ganado lechero del estudio, no se encontraron grandes diferencias entre los ciclos. Una vez reiniciada la actividad ovárica, solo se observó una ligera tendencia a que la primer fase lútea postparto sea de un día menor a lo observado en los ciclos subsiguientes, sin embargo no se encontraron hallazgos que soporten una diferencia significativa entre la duración del ciclo estrual, en concordancia con Lamming y Darwash (1998), que definen que la longitud típica de un ciclo estral no debe ser mayor a 25 días (18 días máximo de fase lútea y 7 días de intervalo interluteal).

En el presente estudio, se encontró una asociación entre la duración de los ciclos estruales, el intervalo entre el parto y el primer estro observado, lo que nos indica que las vacas lecheras, reinician su actividad ovárica y presentan hasta tres ciclos estruales completos, sin que necesariamente muestren manifestaciones de celo aparente o que la manifestación de estos celos no puede detectarse con el tiempo dedicado a estas actividades bajo el sistema de manejo ordinario.

5.2 Período postparto en ganado Charoláis productor de carne

El 58.60 % de las vacas Charoláis (17/29) reiniciaron su actividad ovárica en promedio a los 53 días después del parto, manifestándose una concentración sérica de progesterona mayor a 1 ng/mL. Por el contrario, en el 41.40% (12/29) de las vacas de este grupo se determinó que permanecieron en anestro hasta el período en el cual fueron sometidas a un régimen de sincronización del ciclo estral en promedio a los 90.62 ± 8.83 días postparto.

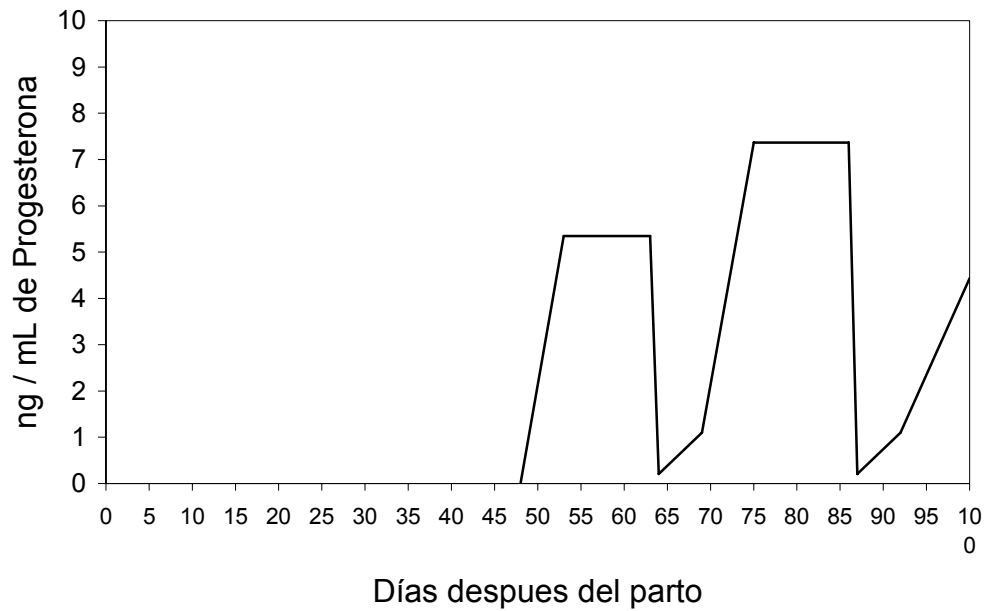
El período entre el parto y la primera ovulación postparto encontrado en este estudio (53 días), arroja resultados similares a los obtenidos por Sinclair et al., (1994) quienes encontraron que el reinicio de la actividad ovárica en vacas productoras de carne con buena condición corporal es de 41.3 días en promedio. Sin embargo, Lamb et al., (1999) reportan que las vacas amamantando en forma normal tienen un intervalo de 34.7 ± 3.1 días. Mientras que, Sinclair et al., (1994) reportan períodos de hasta 56.5 ± 5.5 días de intervalo para las vacas que están amamantando dos crías.

En éste estudio, las vacas Charoláis que parieron crías más pesadas, tuvieron mayor peso al parto y sus crías mayores aumentos de peso en los primeros 100 días postparto tuvieron un intervalo mayor entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica.

En las vacas Charoláis, que mostraron actividad ovárica postparto se encontraron desde 1 hasta 3 ciclos estruales previos al programa de sincronización del ciclo estral. El primer ciclo después del parto es de corta duración y conforme se incrementa el período postparto los cuerpos lúteos producen una mayor cantidad de progesterona y tienen una duración más uniforme. Estos ciclos fueron determinados por las muestras consecutivas que estuviesen por arriba de 1/ng por mL de progesterona y que fueron considerados como la fase luteínica correspondiente a un cuerpo lúteo de un ciclo estral.

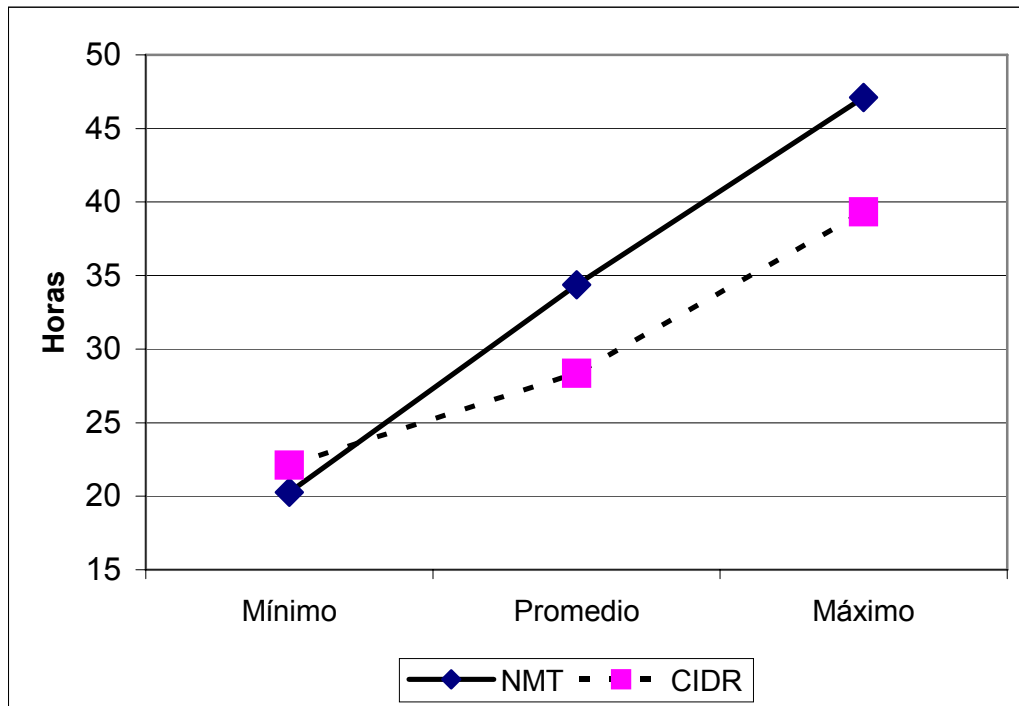
Los resultados obtenidos en este estudio, indican que las vacas Charoláis que parieron crías más pesadas, tuvieron mayor peso al parto y sus crías mayores aumentos de peso en los primeros 100 días postparto tuvieron un intervalo mayor entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica, una vez que se reinicia se tienen desde 1 hasta 3 ciclos estruales con intervalos irregulares durante los primeros 100 días postparto, el primer ciclo es corto y los siguientes son de duración normal en la figura 2 se representan en forma grafica estos hallazgos.

Figura 2. Reinicio de actividad ovárica en ganado Charoláis productor de carne amamantando



La cantidad de fases luteínicas que se presentaron durante el período observado, la duración de las fases lúteas, la concentración de progesterona acumulada en las fases lúteas, o los días transcurridos después del parto al reinicio de la actividad ovárica, no tuvieron efecto sobre la fertilidad a primer servicio en un programa de inducción y sincronización del ciclo estrual en ganado productor de carne amamantando en condiciones de agostadero.

Figura 3. Intervalo de retiro de los tratamientos de inducción y sincronización de ciclo estrual al inicio de características visibles de estro en vacas Charoláis



En la Figura 3, se muestra el intervalo que existe entre el retiro del implante o dispositivo liberador de progesterona y el rango en que se presenta el inicio del comportamiento característico de estro en las vacas Charoláis. El celo provocado por el CIDR está más agrupado que el provocado con el tratamiento de NMT, consideración que hay que tomar en cuenta para decidir la hora en que habrá de retirarse el dispositivo.

Sin embargo, cuando se integran la información de la Figura 2, con la Figura 3 y los Cuadros 26, 27 y 29, se concluye que el sistema de sincronización de estros, progestágeno llamado NMT, tiene una mejor lúteolisis de los cuerpos lúteos emergentes o de los cuerpos lúteos presentes al momento de aplicar el tratamiento.

La concentración promedio de progesterona al iniciar el tratamiento para sincronizar estros (1.57 ng/ mL), es similar al promedio de progesterona circulante presente al retirar los tratamientos progestágenos de las vacas que al iniciar el tratamiento se encuentran en fase no luteínica (1.46 ng /mL), y el tratamiento del NMT al retirar el tratamiento tiene una concentración promedio de 0.97 ng /mL en contra de 3.05 que al retirar el tratamiento tiene el CIDR estos datos en conjunto establecen que: Aunque la concentración alta de progesterona del CIDR sería deseable para que al descender dramáticamente se agrupe el ciclo estral por retroalimentación negativa con la hormona luteinizante, la progesterona remanente puede ser producida por cuerpos lúteos no luteinizados por el CIDR o porque el tipo de progesterona que incluye el tratamiento tiene una farmacocinética más lenta.

La P₄ presentó resultados detrimentales sobre la fertilidad en el celo provocado. El efecto detrimental de la progesterona sobre la fertilidad desaparece en los ciclos estruales subsecuentes.

Si se analiza el Cuadro 29, se encuentra que el promedio de dosis por concepción en las vacas Charoláis es similar entre los tratamientos progestágenos utilizados para inducir y sincronizar el ciclo estrual

Los datos obtenidos no concuerdan con Werth *et al.*, (1996) quienes reportan que la tasa de concepción de un programa de inseminación artificial es alta si el estro fue antecedido por un ciclo corto.

6. CONCLUSIONES

6.1 Ganado productor de leche.

El reinicio de la actividad ovárica en las vacas productoras de leche Holstein se presentó a los 31 días en promedio con un rango entre 11 a 102 días en el 76% de las vacas en este estudio. Sin embargo en el 24% de las vacas lecheras, no se encontró evidencia de reinicio de actividad ovárica después del parto durante los primeros 102 días después del parto, del total de 455 días del período de prueba. Las vacas productoras de leche, reinician su actividad ovárica y presentan hasta tres ciclos estruales completos, sin que se detecten manifestaciones de conducta estrual. En el 24 % de las vacas no se encontró evidencia de reinicio de actividad ovárica durante el período de prueba. La actividad ovárica postparto en las vacas lecheras explotadas en la región noreste de México esta correlacionado positivamente con la producción de leche en el primer trimestre postparto, el peso postparto y el preparto, variables que integran el componente principal 2 “Producción de leche postparto” (Cuadro 8) y éste componente esta correlacionado negativamente con el reinicio de la actividad ovárica (Cuadro 9), por lo que se concluye que vacas lecheras Holstein, con una mayor producción de leche y con pesos pre y postparto mas elevados, tienen intervalos entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica menores.

Se concluye también que las vacas lecheras que paren en verano y otoño reinician su actividad ovárica más temprano que las vacas que paren en

invierno y primavera, al igual que las vacas que paren con una mejor condición corporal.

6.2 Ganado productor de carne.

En las vacas productoras de carne Charoláis, que están amamantando en condiciones de agostadero, el 59 % (17/29) de las vacas amamantando reiniciaron su actividad ovárica a los 53 días postparto en promedio mientras que el 41% (12/29) de las vacas amamantando permaneció en anestro hasta que fueron sometidas al régimen de sincronización del ciclo estral, en promedio a los 90.62 ± 8.83 días postparto.

Se concluye que las vacas Charoláis que paren crías más pesadas, tienen un mayor peso al parto y sus crías mayores aumentos de peso en los primeros 100 días postparto tienen un intervalo mayor entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica.

En las vacas que si reinician su actividad ovárica, la cantidad de fases luteínicas que se presentaron durante el período observado, la duración de las fases lúteas, la concentración de progesterona acumulada en las fases lúteas, o los días transcurridos después del parto al reinicio de la actividad ovárica, no demostraron tener efecto sobre la fertilidad a primer servicio en un programa de inducción y sincronización del ciclo estrual en ganado productor de carne Charoláis amamantando en condiciones de agostadero.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Bauman D.E. y W.B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorrhesis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514
- Beal W.E., R.E. Short, R.B. Staigmiller, R.A. Bellows, C.C. Kaltenbach y T.G. Dunn. 1978. Influence of dietary energy intake on bovine pituitary and luteal function. *J. Anim. Sci.* 46 181-188.
- Beam S.W. y W.R. Butler. 1999. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.* 81: 121-131.
- Beckett S.D. y I.J. Lean. 1997. Gonadotrophin-releasing hormone in postpartum dairy cattle: a meta-analysis of effects on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.* 48: 93-112.
- Bell D.J., J.C. Spitzer y G.L. Burns. 1998. Comparative effects of early weaning or once-daily suckling on occurrence of postpartum estrus in primiparous beef cows. *Theriogenology.* 50: 707-715.
- Bicknell R.J. 1985. Endogenous opioid peptides and hypothalamic neuroendocrine neurons *J. Endocrinol.* 107: 437

- Bo G.A., M Caccia, M. Martínez, G.P. Adams, R.A. Pierson y R.J. Mapletoft. 1994. The use of estradiol 17 β and progestogen treatment for the control of follicular wave emergence in beef cattle. *Theriogenology* (Abstr.). 41: 165
- Bolaños J.M., C.S. Galina, S. Estrada y M. Forsberg. 1997. Resumption of postpartum ovarian activity monitored by plasma progesterone in anoestrus Zebu (*Bos indicus*) cattle following temporary weaning and progestogen treatment. *Repro. Domestic Anim.* 32: 267-271.
- Burns P.D., JC Spitzer, W.C. Bridges Jr., D.M. Henricks y B.B. Plyler. 1993. Effects of metestrous administration of a norgestomet and estradiol on luteinizing hormone release and development and function of corpora lutea in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 71: 983-988.
- Butler W.R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 2533-2539
- Butler W.R. y R.D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 63: 1514

Canfield R.W. y W.R. Butler. 1991. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69: 740-746.

Cervantes-Vega R. 1994. Efecto de la administración de naloxona sobre la secreción de hormona luteinizante en vacas lecheras en período temprano postparto. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, Nuevo León, México.

Cosgrove J.R., F. de Rensis y G.R. Foxcrot. 1993. Opioidergic pathways in animal reproduction: Their role and effects of their pharmacological control. *Anim. Reprod. Sci.* 33: 373-392

COTECOCA.1973. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. Coeficientes de agostadero de la Republica Mexicana. Estado de Nuevo León, SARH, México.

Darwash A.O., G.E. Lamming y AJ Woolliams. 1997. The phenotypic association between the interval to post-partum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *J. Anim. Sci* 65: 9-16

Dawn Peeler Iris. 2004. Synchronization and resynchronization of ovulation and timed insemination in lactating dairy cows and heifers. Thesis of Master

Science. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, VA.

De Fries C.A., D.A. Neuendorff y R.D. Randel. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.* 76: 864-870.

De Rensis F. M., Allegri y G.E. Seidel Jr. 1999. Estrus synchronization and fertility in post-partum dairy cattle after administration of human chorionic gonadotrophin (hCG) and prostaglandin F_{2α} analog. *Theriogenology.* 52: 259-269.

De Rouen S.M., D.E. Franke, D.G. Morrison, W.E. Yatt, D.F. Coombs, T.W. White, P.E. Humes y B.B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72: 1119-1125.

De Vries M.J. y R.F. Veerkamp. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83: 62-69.

Dunlap S.E., T.E. Kiser, N.M. Cox, F.N. Thompson, G.B. Rampacek, LL y Benyshek, RR Kraeling. 1981. Cortisol and luteinizing hormone after

adrenocorticotrophic hormone administration to postpartum beef cows. J. Anim. Sci. 52: 587-593.

Dyer R.G., S. Mansfield, H Corbet y ADP Dean. 1985. Fasting impairs LH secretion in female rats by activating an inhibitory opioid pathway. J. Endocrinol. 105: 91

El-Din. Zain A. T. Nakao, M. Abdel Raouf, M. Moriyoshi, K. Kawata y Y. Moritsu. 1995. Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. Anim. Reprod. Sci. 38: 203-214.

Eger S., M. Shemesh, H. Shindler, S. Amir y R.H. Foote. 1988. Characterization of short luteal cycles in the early post-partum period and their relation to reproductive performance of dairy cows. Anim. Reprod. Sci. 16: 215-224.

Erb R.E.. 1977. Hormonal control of mammogenesis and onset of lactation in cows. A. review. J. Dairy Sci. 60: 155-169.

Fernandes L.C., W.W. Thatcher, C.J .Wilcox y E.P. Call. 1978. LH release in response to GnRH during the postpartum period of dairy cows. J. Anim. Sci 46: 443-448.

Fike K.E., M.E. Wehrman, B.R. Lindsey, E.G. Bergfeld, E.J. Melvin, J.A. Quintal E.L. Zanella, F.N. Kojima y J.E. Kinder. 1999. Estrus synchronization of beef cattle with a combination of melengestrol acetate and an injection of progesterone and 17 β -estradiol. *J. Anim. Sci.* 77: 715-723.

Fonseca F.A., J.H. Britt, B.T. McDaniel, J.C. Wilk y A.H. Rakes. 1983. Reproductive traits of Holstein and Jerseys: effect of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrous, conception rate and days open. *J. Dairy Sci.* 66: 1128-1147.

García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Adaptado a las condiciones de la República Mexicana. 2ª. Edición, UNAM. México.

García-Winder M.P.E. Lewis, D.R. Deaver, V.G. Smith, G.S. Lewis y E.K. Inskeep. 1986. Endocrine profiles associated with life span of induced corpora lutea in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 62: 1353-1362.

Gazal O.S., G.A. Guzman-Vega y G.L. Williams, 1999. Effects of time of suckling during the solar day on duration of the postpartum anovulatory interval in Brahman x Herford (F1) cows. *J. Anim. Sci.* 77: 1044-1047.

Geary T.W., J.C. Whittier, E.R. Downing, D.G. LeFever, R.W. Silcox, M.D. Holland, T.M. Nett y G.D. Niswander. 1998. Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-mate-B or the Ovosynch protocol. *J. Anim. Sci.* 76: 1523-1527

Guilbault L.A., W.W. Thatcher y C.J. Wilcox. 1987. Influence of a physiological infusion of prostaglandin F₂ α into postpartum cows with partially suppressed endogenous production of prostaglaninas. 2. Interrelationships of hormonal, ovarian, and uterine responses. *Theriogenology*. 27: 947-957.

Gwazdauskas F.C., K.W. Kendrick, A.W. Pryor y T.L.. Bailey. 2000. Impact of follicular aspiration on folliculogenesis as influenced by dietary energy and stage of lactation. *J. Dairy Sci.* 83: 1625-1634.

Hafez E.S.E. y Hafez B. (2002). *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 7^a edition. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México, D.F. 532 páginas. ISBN 9701037197.

Hansen P.J. 1994. Causes and possible solutions to the problem of heat stress in reproductive management of dairy cows. *Proceedings National Reproduction Symposium*: 161-170

- Hampton J.H., J.C. Spitzer, D.M. Henricks, B.S. Hix y H.L. Higdon III. 1999. Retention of a functional corpus luteum y peripheral concentrations of 13, 14-Dihydro-15-keto-prostaglandin F2 α following metestrus administration of Syncro-Mate-B. J. Anim. Sci. 77: 948-953.
- Hornbuckle II T. R.S. Ott, M.W. Ohi, G.M. Zinn, P.G. Weston y J.E. Hixon. 1995. Effects of bull exposure on the cyclic activity of beef cows. Theriogenology. 43: 411-418.
- Howell J.L., J.W. Fuquay y A.E. Smith. 1994. Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during the spring and summer. J. Dairy Sci. 77: 735-739
- INEGI. 1986. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Nomenclator de Nuevo León. México, D.F.
- Ireland J.J., M. Mihm, E. Austin, M.G. Diskin y J.F. Roche. 2000. Historical perspective of turnover of dominant follicles during the bovine estrous cycle: key concepts, studies, advancements, and terms. J. Dairy Sci. 83: 1648-1658.

Jagger J.P., A.R. Peters, y G.E. Lamming. 1987. Hormone responses to low-dose GnRH treatment in postpartum beef cows. J. Repro. Fert. 80: 263-269.

Kadokawa H., Y Yamada y M Sakaguchi. 1999. Effect of naletrexone on pulsatile LH release in early postpartum Holstein dairy cows. J. Repro. Fert. (Abstracts) 23: 117

Kask, K. H., Gustafsson, A. Gunnarsson y H. Kindahl. 2000. Induction of parturition with prostaglandin F_{2α} as a possible model to study impaired reproductive performance in the dairy cow. Anim. Reprod. Sci. 59: 129-139.

Kesler D.J., T.S. Dyson, R.N. Summers, T.L. Steckler y T.G. Nash. 1997. Effect of prostaglandin F_{2α} treatment before norgestomet and estradiol valerate treatment on regression, formation, and function of corpora lutea in beef heifers. Anim. Reprod. Sci. 47: 281-289

Komaragiri Madhav V.S., D.P. Casper y R.A. Erdman. 1998. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. J. Dairy Sci. 81: 169-175.

- Kourletaki-Belibasaky S., A. Stefanakis, D. Vafiadis, G. Hatzidakis y E Krambovitis. 1995. Reproduction management in dairy cattle: a prospective study using progesterone and oestrone sulphate for monitoring pregnancy. *Anim. Prod.* 60: 177-183.
- Lamb G.C., J.M. Lynch, D.M. Grieger, J.E. Minton y J.S. Stevenson. 1997. Ad libitum suckling by an unrelated calf in the presence or absence of a cow's own calf prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.* 75: 2762-2769.
- Lamb G.C., B.L. Miller, J.M. Lynch, K.E. Thompson, J.S. Heldt, C.A. Löest, D.M. Grieger y J.S. Stevenson. 1999. Twice daily suckling but no milking with calf presence prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.* 77: 2207-2218.
- Lamming G.E. y A.O. Darwash. 1998. The use of milk progesterone profiles to characterise components of subfertility in milked dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 52: 175-190.
- Leshin, L.S., L.A. Rund, R.R. Kraeling y T.E. Kiser. 1991. The bovine preoptic area and median eminence: sites of opioid inhibition of luteinizing hormone-releasing hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 69:3733-3746.

Lucy M.C. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 1635-1647

Malven P.V., J.R Parfet, D.W. Gregg, R.D. Allrich y G.E. Moss. 1986. Relationships among concentrations of four opioids neuropeptides and luteinizing hormone-releasing hormone in neural tissues of beef cows following early weaning. *J. Anim. Sci* 62: 723-733.

Mateus, L., L.L., de Costa, T. Bernardo y J.R. Silva. 2002. Influence of puerperal uterine infection on uterine involution and postpartum ovarian activity in dairy cows. *Reproduction in domestic animals.* 37(1):31-35.

McDougall S., y N.B. Willaimson y K.L. Macmillan. 1995. GnRH induces ovulation of a dominant follicle in primiparous dairy cows undergoing anovulatory follicle turnover. *Anim. Reprod. Sci.* 39: 205-214.

Mc Leod B.J., M.E. Williams.1991. Incidence of ovarian dysfunction in postpartum dairy cows and the efectiveness of its clinical diagnosis and treatment. *Vet Record* 128: 121-124.

Mc Namara J.P., 1991. Regulation of adipose tissue metabolism in support of lactation. *J. Dairy Science.* 74: 706

- Moss G.E., J.R. Parfet, C.A. Marvin, R.D. Allrich y M.A. Diekman. 1985. Pituitary concentrations of gonadotropins and receptors for GnRH in suckled beef cows at various intervals after calving. *J. Anim. Sci.* 60: 285-293.
- Mialot, J.P., G. Laumonnier, C. Ponsart, H. Fauxpoint, E. Barassin, A.A. Ponter y F. Deletang. 1999. Postpartum subestrus in dairy cows: Comparison of treatment with prostaglandin F₂ α or GnRH + Prostaglandin F₂ α + GnRH. *Theriogenology*. 52: 901-911.
- Murphy M.G., M.P. Boland y J.F. Roche. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. . *J. Repro. Fert.* 90: 523-533
- Nakao T., M. Moriyoshi y T. Kawata. 1992. The effect of postpartum ovarian dysfunction and endometritis on subsequent reproductive performance in high and medium producing dairy cows. *Theriogenology*. 37: 341-348.
- Nation D.P., C.R. Burke, F.M. Rhodes y K.L. Macmillan. 1999. The inter-ovarian distribution of dominant follicles is influenced by the location of the corpus luteum of pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 56:169-176.

- Nebel R.L., y S.M. Jobst. 1998. Evaluation of systemic breeding programs for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 81: 1169-1174
- Nett T.M., 1987. Function of the hypothalamic-hypophysial axis during the postpartum period in ewes and cows. *J. Repro. Fert. (Suppl).* 34: 201-213
- Nett T.M., D. Cermak, T. Braden, J. Manns y G. Niswender. 1988. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows: II. Changes during the postpartum period. *Domestic Anim. Endocrinol.* 5: 81-89
- Odde K.G., H.S. Ward, G.H. Kirakofe y R.R. Shalles. 1980. Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cows. *Theriogenology.* 14: 105-112.
- Odde K.G., 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 817-830
- Osawa T., T. Nakao, M. Moriyoshi y K. Nakada. 1998. Plasma β -endorphin around parturition and its relationship to cortisol level and resumption of pituitary and ovarian functions in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 52: 27-38.

- Pedron O., F. Cheli., E. Senatore., D. Baroli y R. Rizzi. 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 2528-2535.
- Perry R.C., L.R. Corah, G.H. Kirakofe, J.S. Stevenson y W.E. Beal. 1991. Endocrine changes and ultrasonography of ovaries in suckled beef cows during resumption of postpartum estrous cycles. *J. Anim. Sci.* 69: 2548-2555.
- Pinto Andrade L., S.M. Rhind, I.A. Wright, S.R. McMillen, P.J. Goddard y T.A. Bramley 1995. Effects of infusion of GnRH pulses and level of body condition on ovarian function in postpartum beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 40: 177-192.
- Pratt S.L., J.C. Spitzer, G.L. Burns y B.B. Plyler. 1991. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *J. Anim. Sci.* 69: 2721-2726.
- Pursley J.R., R.W.Silcox y M.L. Wiltbank. 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after sincronization of ovulation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 2139-2144

Ramírez-Godinez J.A., G.H. Kirakofe, D.L. Carnahan, M.F. Spire, K.B. Beeman, J.S. Stevenson y R.R. Schalles. 1982. Evidence for ovulation and fertilization in beef cows with short estrous cycles. *Theriogenology*. 17: 409-414.

Randal R.D., 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853-862.

Roberts A.J., R.A. Nugent III, J. Klindt y T.G. Jenkins. 1997. Circulating insulin-like growth factor I, insulin like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. *J. Anim. Sci* 75: 1909-1917.

Roche J.F., M.A. Crowe y M.P. Boland. 1992. Postpartum anoestrous in dairy and Beef Cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28: 371-378.

Romagnolo D. y L. Nebel. 1993. The accuracy of enzyme -linked immunoabsorbent assay and latex agglutination progesterone test for the validation of estrus and early pregnancy diagnosis in dairy cattle. *Theriogenology*. 39: 1121- 1128

Roman-Ponce H. W.W. Thatcher, D. Caton, D.H. Barron y C.J. Wilcox. 1978. Thermal stress effects on uterine blod flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46: 175-180.

Ruiz F.J., P.A. Oltencau y R.D. Smith. 1989. Evaluation of on-farm milk progesterone tests to determine nonpregnant cows and to prevent inseminations errors. *J. Dairy Sci.* 72: 2718-2727.

Rukkwamsuk T., T. Wensing y T.A.M. Kruip. 1999. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 51: 1133-1142.

Rund L.A., L.S. Leshin, F.N. Thompson, G.B. Rampacek y T.E Kiser. 1989. Influence of the ovarian and suckling on luteinizing hormone response to naloxone in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 67:1527-1531.

Ryan D.P., J.A. Galván y K.J. O'Farrell. 1999. Comparison of oestrus synchronization regimens for lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 56: 153-168.

Ryan D.P., S. Snijders, A. Aarts y K.J. O'Farrell. 1995a. Effect of estradiol subsequent to induced luteolysis on development of the ovulatory follicle and interval to estrus and ovulation. *Theriogenology (Abstr.)*.43: 231

Ryan D.P., S. Snijders, H. Yaakub y J.O'Farrell. 1995b. An evaluation of estrus synchronization programs in reproductive Management of dairy herds. J. Anim. Sci. 73: 3687-3695

Salfen B.E., D.H. Keisler, M.F. Smith, R.M. Roberts y H.A. Garverick. 1994. Effect of intrauterine infusion of recombinant bovine interferone α 11 (rboIFN α 11) on luteal phase duration and oxytocin-induced release of prostaglandin F 2α (PGF 2α) in postpartum (PP) beef cows. J. Anim. Sci (Suppl 1) 72: 282.

Senatore E.M., W.R. Butler, y P.A. Oltenacu. 1996. Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. Anim. Prod. 62: 17-23

Silvia W.J. y M.L. Taylor. 1989. Relationship between uterine secretion of prostaglandin F 2α induced by oxytocin and endogenous concentration of estradiol and progesterone at three stages of the bovine estrous cycle. J. Anim. Sci. 67: 2347-2353.

Sinclair K.D., P.J. Broadbent y J.S.M. Hutchinson. 1994. The effect of pre-and post-partum energy and protein supply on the blood metabolites and reproductive performance of single and twin suckling beef cows. Anim. Prod. 59: 391-400.

- Simpson R.B., J.D. Armstrong y R.W. Harvey. 1992. Effect of prepartum administration of growth hormone-releasing factor on somatropin, insulin-like growth factor I, milk production, and postpartum return to ovarian activity in primiparous beef heifers. *J. Anim. Sci.* 70: 1478-1487.
- Smith T.R., y J.P. McNamara. 1990. Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation. 6. Cellularity and hormone sensitive lipase activity as affected by genetic merit and energy intake. *J. Dairy Sci.* 73: 772
- Smith E.J.P., T.Diaz, M. Drost y W.W. Thatcher. 1996. Use of gonadotropin-releasing hormone agonist or human chorionic gonadotropin for timed insemination in cattle. *J. Anim. Sci.* 74: 1084-1091
- Spicer L.J., K Leung, E.M. Convey, J. Gunther, R.E. Short y H.A. Tucker. 1986. Anovulation in postpartum suckled beef cows. I. Associations among size and numbers of ovarian follicles, uterine involution, and hormones in serum and follicular fluid. *J. Anim. Sci.* 62: 734-741.
- Spitzer J.C., D.G. Morrison, R.P. Wetteman y L.C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73: 1251-1257.

- Stagg K., M.G. Diskin, J.M. Sreenan y J.F. Roche. 1995. Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. *Anim. Reprod. Sci.* 38: 49-61.
- Stevenson J.S., J.R. Jeager, I. Rettmer, M.W. Smith y L.R. Corah. 1997. Luteinizing hormone release and reproductive traits in anestrous, estrus-cycling, and ovariectomized cattle after tyrosine supplementation. *J. Anim. Sci.* 75: 2754-2761.
- Stevenson J.S., E.L. Knoppel, J.E. Minton, B.E. Salfen y H.A. Garverick. 1994. Estrus, ovulation, luteinizing hormone, and suckling-induced hormones in mastectomized cows with and without unrestricted presence of the calf. *J. Anim. Sci.* 72: 690-699.
- Stevenson J.S., K.E. Thompson, W.L. Forbes, G.C. Lamb, D.M. Grieger y L.R. Corah. 2000. Synchronizing estrus and (or) ovulation in beef cows after combinations of GnRH, norgestomet, and prostaglandin F₂ α with or without timed insemination. *J. Anim. Sci.* 78: 1747-1758.
- Thompson J.A., D.D. Magee., M.A. Tomaszewski., D.L. Wilks., y R.H. Fourdraine. 1996. Manegement of summer infertility in texas holstein dairy cattle. *Theriogenology.* 46: 547-558

- Thompson K.E., J.S. Stevenson, G.C. Lamb, D.M. Grieger y C.A. Löest. 1999. Follicular, hormonal, and pregnancy responses to early postpartum suckled beef cows to GnRH, norgestomet, and prostaglandin F₂ α . J. Anim. Sci. 77: 1823-1832.
- Troxel T.R. y D.J. Kesler. 1984. The effect of progestin and GnRH treatments on ovarian function and reproductive hormone secretions of anestrous postpartum suckled beef cows. Theriogenology. 21: 699-711.
- Twagiramungu T., L.A. Guilbault, J.G. Proulx y J.J. Dufur. 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buserelin and cloprostenol. J. Anim. Sci. 72: 1796-1805
- Werth L.A., J.C. Whittier, S.M. Azzam, G.H. Deutscher y J.E. Kinder. 1996. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 74: 616-619.
- Whisnant C.S., T.E. Kiser y F.N. Thompson. 1985. Effect of calf removal on serum luteinizing and cortisol concentrations in postpartum beef cows. Theriogenology. 24: 119-129.

Whisnant C.S., T.E. Kiser, F.N. Thompson y C.R. Barb. 1986. Opioid inhibition of luteinizing hormone secretion during the postpartum period in suckled beef cows. J. Anim. Sci. 63: 1445-1448

Whisnant C.S., T.E. Kiser, F.N. Thompson y C.R. Barb. 1986. Effect of naloxone on serum luteinizing hormone, cortisol and prolactin concentrations in anestrous beef cows. J. Anim. Sci. 63: 1340-1345.

Villa-Godoy, A., T. L. Hughes, R.S. Emery, L.T. Chapin y R.L. Fogwell. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71: 1063-1072

Williams G.L., J. Kotwica, W.D. Stanger, D.K. Olson, J.E. Tilton y L.J. Johnson. 1982. Effect of suckling on pituitary responsiveness to gonadotropin-releasing hormone throughout the early postpartum period in beef cows. J. Anim. Sci. 54:594-602.

Wildman E.E., G.M. Jones., P.E. Wagner., R.L. Boman., H.F. Troutt Jr. y T.N: Lesch. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. J. Dairy Sci. 65: 495-501.

Wilson S.J., R.S. Marion, J.N. Spain, D.E. Spiers, D.H. Keisler y M.C. Lucy.
1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle.
1. Lactating cows. J. Dairy Sci. 81: 2124-2131.

Wilson S.J., R.S. Marion, J.N. Spain, D.E. Spiers, D.H. Keisler y M.C. Lucy.
1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle.
2. Heifers. J. Dairy Sci. 81: 2132-2138.

Wise M.E., D.V. Armstrong, J.T. Huber, R. Hunter y F. Wiersma. 1988.
Hormonal Alterations in the lactating Dairy cow in response to thermal
stress. J. Dairy Sci. 71:2840-2845

Wolfenson D., B.J. Lew, W.W. Thatcher, Y. Graber, R. Meidan. 1997. Seasonal
and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles
in cows. Anim. Reprod. Sci. 47: 9-19

Wolfenson D., W.W. Thatcher, J.D. Savio, L. Badinga y M.C. Lucy. 1994. The
effect of a GnRH analogue on the dynamics of follicular development
and synchronization of estrus in lactating dairy cows. Theriogenology.
42: 633-644.

Wright I. A., M. Rhind, A. J. Smith y T.K. Whyte. 1994. Female-female
influences on the duration of the post-partum anoestrous in beef cows.
Anim. Prod. 59: 49-53.

Yañiz JL., K Murugave y F Lopez-Gatius. 2004. Recent developments in oestrus synchronization of postpartum dairy cows with and without ovarian disorders. Rep. In Domestic Animals. 39 (2):86

Yavas Y. y J.S. Walton. 2000. Induction of ovulation in postpartum beef cows: a review. Theriogenology. 54: 1-23.

Yavas Y. y J.S. Walton. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. Theriogenology. 54: 25-55.

Yavas Y., W.H. Johnson y J.S. Walton. 1999. Modification of follicular dynamics by exogenous FSH and progesterone, and the induction of ovulation using hCG in postpartum beef cows. Theriogenology. 52: 949-963.