

01682

1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**ACTIVIDAD OVÁRICA POST-PARTO EN BOVINOS DE DOBLE
PROPÓSITO EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO.**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTADA POR:

FELIPE MONTIEL PALACIOS

ASESOR: PhD. CARLOS GALINA HIDALGO



MÉXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



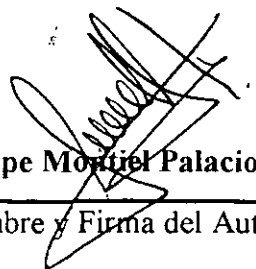
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad nacional Autónoma de México para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.



Felipe Montiel Palacios

Nombre y Firma del Autor

DEDICATORIAS:

A Dios Todopoderoso, quien me ha permitido llegar hasta este momento de mi vida.

A mi padre:

✠ Felipe Montiel Camarero

Con todo mi amor y admiración, por el gran apoyo, cariño y confianza que me brindó a lo largo de su vida, y a quien agradezco su entusiasmo y deseos de vivir al transmitírmelos para culminar mis estudios.

A mi esposa Maribel Flores Vicuña, por el amor, apoyo y comprensión que siempre me ha brindado durante su vida a mi lado.

A mis Hermanos:

Fredy Montiel Palacios

Miriam E. Montiel Palacios

A todos mis seres queridos, quienes forman parte de mi vida cotidiana.

AGRADECIMIENTOS:

Son varias las instituciones y personas que me apoyaron en la realización de mis estudios de doctorado, el orden no implica jerarquía, sino solamente una forma de expresar mi agradecimiento.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad y orientación para poder realizar satisfactoriamente mis estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme dado la oportunidad de superación personal y profesional, al considerarme becario dentro del programa de becas a estudiantes de posgrado.

Al Dr. Carlos S. Galina Hidalgo, quien me brindó sinceramente su amistad, confianza y dirección para la realización de esta investigación.

Al M.C. Oscar G. Castañeda Martínez, por su amistad y colaboración para realizar la evaluación estadística de este trabajo.

A la Dra. Silvia Buntix de Dios, cuya valiosa opinión y comentarios contribuyeron a mi formación como futuro investigador.

Al Laboratorio Rhône Mérieux Mexicana, S.A. de C.V., por proporcionar los tratamientos farmacológicos empleados durante el desarrollo de la metodología dentro de los experimentos.

Al Programa Universitario de Alimentos, por proporcionar el complemento alimenticio a lo largo de los dos años de estudio y que fue empleado en las hembras incluidas en la presente investigación.

A los ganaderos de Palma Sola, Actopan, Alto Lucero, Santa Ana y Jamapa, Ver., que desinteresadamente participaron en la realización de este proyecto, el cual sin su valiosa cooperación no habría sido posible llevar a cabo.

CONTENIDO

	Página
Lista de cuadros	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	9
Anestro post-parto.....	9
Amamantamiento.....	10
Efecto nutricional.....	11
Complementación alimenticia.....	13
Complementación pre-empadre.....	14
El nivel nutricional y el desempeño reproductivo post-parto.....	15
Condición corporal.....	18
Dinámica folicular.....	19
Crecimiento folicular.....	22
Sincronización del estro utilizando progestágenos.....	23
Factores que modifican la respuesta a los tratamientos con progestágenos.....	27
LITERATURA CITADA.....	29
EXPERIMENTO I	38
RESUMEN.....	38
INTRODUCCIÓN.....	40
Hipótesis	42
Objetivo general	42
Objetivos particulares	42
MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
Localización	43
Características del estudio.....	43
Tratamientos.....	43

Primera parte del experimento I	44
Segunda parte del experimento I.....	45
Procedimientos generales.....	45
Características y manejo de los animales experimentales.....	45
Condición corporal.....	46
Complementación alimenticia.....	46
Inducción y sincronización de estros.....	46
Destete temporal.....	46
Detección de estros.....	47
Inseminación artificial.....	47
Diagnóstico de gestación.....	47
Procedimientos particulares.....	47
Evaluación ultrasonográfica.....	47
Determinación de progesterona láctea.....	48
Variables en estudio.....	48
Análisis estadístico.....	49
RESULTADOS.....	51
Primera parte del experimento I.....	51
Variables reproductivas.....	51
Tasa de inducción al estro.....	51
Tasa de gestación.....	51
Variables productivas.....	51
Condición corporal.....	51
Segunda parte del experimento I.....	52
Variables reproductivas.....	52
Tasa de inducción al estro.....	52
Tasa de gestación.....	52
Estructuras ováricas.....	52
Progesterona láctea.....	52
Variables productivas.....	53

Condición corporal.....	53
LITERATURA CITADA.....	54
EXPERIMENTO II	55
RESUMEN.....	55
INTRODUCCIÓN.....	57
Hipótesis	58
Objetivo general	58
Objetivos particulares	58
MATERIAL Y MÉTODOS.....	59
Localización	59
Características y manejo de los animales experimentales.....	59
Características del estudio.....	60
Tratamientos.....	60
Complementación alimenticia.....	60
Inducción y sincronización de estros.....	60
Dinámica folicular.....	61
Tiempo de ovulación	61
Destete temporal.....	62
Detección de estros.....	62
Inseminación artificial.....	62
Diagnóstico de gestación.....	62
Variables en estudio.....	62
Análisis estadístico.....	63
Modelo estadístico.....	63
RESULTADOS.....	64
Tasa de inducción al estro.....	64
Tiempo de manifestación de celo.....	64
Estructuras ováricas.....	64
Tiempo de ovulación.....	64
Tasa de gestación.....	65

LITERATURA CITADA.....	66
EXPERIMENTO III	67
RESUMEN.....	67
INTRODUCCIÓN.....	69
Hipótesis	71
Objetivo general	71
Objetivos particulares	71
MATERIAL Y MÉTODOS.....	72
Localización	72
Características de los animales experimentales.....	72
Características del estudio.....	73
Tratamientos.....	73
Condición corporal.....	73
Complementación alimenticia.....	73
Producción láctea.....	74
Metabolitos sanguíneos.....	74
Inducción y sincronización de estros.....	74
Determinación de progesterona láctea.....	75
Destete temporal.....	75
Detección de estros.....	76
Inseminación artificial.....	76
Diagnóstico de gestación.....	76
Variables en estudio.....	76
Análisis estadístico.....	77
Modelo estadístico.....	77
RESULTADOS.....	78
Desempeño reproductivo.....	78
Actividad ovárica por progesterona láctea.....	78
Tasa de gestación.....	78
Desempeño productivo.....	78

Condición corporal.....	78
Producción láctea.....	79
Metabolitos.....	79
LITERATURA CITADA.....	82
DISCUSIÓN.....	84
Selección de animales.....	84
Rendimiento reproductivo.....	86
Tasa de inducción al estro.....	86
Estructuras ováricas.....	91
Progesterona láctea.....	94
Tiempo de ovulación.....	96
Tasa de gestación.....	96
Rendimiento productivo.....	100
Condición corporal.....	100
Producción láctea.....	103
Perfil metabólico.....	105
Componentes del metabolismo energético.....	106
Componentes del metabolismo proteico.....	108
Componentes del metabolismo mineral.....	111
CONCLUSIONES.....	116
LITERATURA CITADA.....	117

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Concentraciones de metabolitos sanguíneos de vacas anéstricas de doble propósito al inicio y final (día 0 y 45) de la complementación alimenticia en ambas épocas del año, bajo condiciones del trópico húmedo.	81

ACTIVIDAD OVÁRICA POST-PARTO EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO. Montiel F., Galina C.S. y Castañeda, M.O.G.

RESUMEN

Se realizaron tres experimentos con el objeto de determinar el efecto de la complementación alimenticia en época de empadre en los perfiles metabólicos y el desempeño reproductivo - productivo de vacas *Bos taurus/Bos indicus* bajo condiciones de pastoreo, en la zona centro del estado de Veracruz, México, utilizando 382 hembras vacías en anestro y lactantes. En el experimento I (EI) se utilizaron 334 vacas que fueron distribuidas en un arreglo factorial de 2^4 con diferente N por repetición, siendo los efectos época de secas y lluvias (ES y EL), condición corporal (CC), complementación alimenticia (CA) e inducción a la ciclicidad. En los experimentos II y III (EII y EIII) se emplearon 48 vacas, distribuidas en un arreglo factorial de 2^3 con 6 repeticiones, siendo los efectos época del año, complementación alimenticia y tipo de celo. En el EI, al día 0 las hembras fueron complementadas diariamente con el 1% del peso vivo (MS) de un concentrado comercial con 2.84 Mcal/kg de ED y 16% de PC durante 45 días, mientras que en el EII y EIII el complemento contenía 3.85 Mcal/kg de ED y 19% PC. Al día 10 en los tres experimentos, la inducción a la ciclicidad de las hembras se realizó con un implante auricular de Synchronate B (SMB), el cual permaneció durante 9 días *in situ*. La detección de estros fue a partir de las 24 h post-retiro de implantes y las vacas en estro fueron servidas a través de IA. El diagnóstico de gestación se realizó a los 30 días post-inseminación artificial mediante ultrasonografía. Se realizaron inspecciones ultrasonográficas antes y durante el tratamiento con SMB y esos mismos días se recolectaron muestras de leche para determinación de progesterona láctea. En el EIII, se registró la producción láctea 7 días antes y 45 días durante la CA. Asimismo, al inicio y final de ésta se tomaron muestras sanguíneas para determinación de metabolitos, tales como glucosa, urea, albúmina, proteína total, triglicéridos, cobre, zinc y fósforo. Los resultados se analizaron a través de PROC CATMOD, PROC GLM y PROC TTEST disponibles en el programa estadístico SAS. Se

encontraron diferencias significativas en la inducción al estro por los efectos de la época del año y el empleo del SMB ($P < 0.05$). En cuanto a la tasa de gestación, se encontró que con el uso del SMB como inductor a la ciclicidad se obtuvo un mayor número de hembras gestantes con respecto a los demás efectos ($P < 0.05$). En la dinámica folicular sólo se encontró efecto de la época del año ($P < 0.05$). En las concentraciones de progesterona no se encontró diferencia antes y durante tratamientos ($P > 0.05$). Con referencia a la producción láctea no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). Se encontraron diferencias estadísticas por efecto de época del año en glucosa, albúmina, cobre y zinc y en cuanto al inicio y final de la complementación alimenticia en glucosa, urea, albúmina, proteína total y zinc ($P < 0.05$). Se concluye que sólo el empleo del Synchronate B tuvo efecto sobre las variables de respuesta, como fueron la tasa de inducción al estro y la tasa de gestación, con respecto a los demás efectos principales.

(Palabras clave: Época de secas y lluvias, Condición corporal, Complementación alimenticia, Perfil metabólico, Ultrasonido, Progesterona, Leche, Bovinos, Trópico)

POST-PARTUM OVARIAN ACTIVITY IN DUAL-PURPOSE CATTLE IN THE MEXICAN HUMID TROPIC. Montiel F., Galina C.S. y Castañeda, M.O.G.

ABSTRACT

Three experiments were carried out in order to determine the effect of the feed supplementation during the breeding season on the metabolic profiles and the reproductive - productive performance of *Bos taurus/Bos indicus* cows under grazing conditions, in the central region of Veracruz state, Mexico, using 382 non-pregnant anestrous and lactating females. In experiment I (EI) 334 cows were used and distributed in a factorial arrangement of 2^4 with different N per repetition, being the effects the dry and wet seasons (DS and WS), body condition score (BCS), feed supplementation (FS) and induction to cyclicity. In experiments II and III (EII and EIII) 48 cows were used, allotted in a 2^3 factorial arrangement with 6 repetitions, being the effects the season of the year, the feed supplementation and the estrus type. On EI, at day 0 all the females were daily supplemented with 1% of their live weight (DM) of a commercial supplement containing 2.84 Mcal DE and 16% CP for 45 days, whereas in EII and EIII the supplement contained 3.85 Mcal/kg DE and 19% CP. At day 10 in the three experiments, the induction to cyclicity of the females was achieved with a Synchronate B (SMB) ear implant, which was kept *in situ* for 9 days. Estrus detection began at 24 h after the implants withdrawal and the cows showing estrus were served by artificial insemination (AI). Pregnancy diagnosis was made 30 days after AI using ultrasonography. Ultrasonographic inspections were achieved before and during the SMB treatment and those same days milk samples were collected to determine the milk progesterone. In EIII, milk production was registered 7 days before and 45 days during the FS. Likewise, at the beginning and end of the FS blood samples were taken for metabolites determination, such as glucose, urea, albumin, total protein, triglycerides, copper, zinc and phosphorus. The results were analyzed through PROC CATMOD, PROC GLM and PROC TEST, all this tests available in the statistical program SAS. Significant differences were found in the estrus induction by the effects of season of the year and use of SMB ($P < 0.05$). With respect to pregnancy rate, it was found that with the use of the SMB as a cyclicity inductor a greater number of pregnant females was

obtained regarding the other effects ($P < 0.05$). Concerning the follicular dynamics it was only found effect of the season of the year ($P < 0.05$). In the progesterone concentrations no difference was found before and during treatments ($P > 0.05$). Regarding milk production no statistical differences were found ($P > 0.05$). Statistical differences were found due to effect of season of the year in glucose, albumin, copper and zinc and with respect to the beginning and end of the feed supplementation in glucose, urea, albumin, total protein and zinc ($P < 0.05$). It was concluded that only the use of SMB had an effect over the response variables, such as estrus induction rate and pregnancy rate, with respect to the other principal effects.

(Key words: Dry and wet seasons, Body condition score, Feed supplementation, Metabolic profile, Ultrasonography, Progesterone, Milk, Cattle, Tropic)

INTRODUCCIÓN

El término “doble propósito” ha sido definido como la producción simultánea de leche, extraída directamente de la vaca, además de carne, derivada de la venta de becerros, vaquillas, toros y vacas de desecho (Vaccaro y López, 1995).

Es un hecho que el término por sí mismo no especifica la intensidad del sistema, el genotipo del animal o las prácticas de manejo utilizadas. Sin embargo, los sistemas de doble propósito en el trópico mexicano están caracterizados por el uso de baja o moderada tecnología, alimentación basada en pastoreo con pastos bajos en proteína, animales generalmente cruzados con grados variables de Cebú, criollo y razas europeas resultando en un bajo potencial genético (Teodoro *et al.*, 1984; Thorpe *et al.*, 1993). Las vacas además de producir leche crían directamente a sus becerros y usualmente son ordeñadas a mano en presencia de éstos, por lo que el amamantamiento puede decirse que es restringido, y los machos generalmente no son finalizados en la finca (Castañeda, 1997). Además, existe baja producción y calidad sanitaria de la leche, marcada estacionalidad en su oferta, mínima infraestructura, poca organización de los productores y difícil capitalización de la empresa por los altos costos de manejo.

Otra de las características de estos sistemas de producción es el pobre rendimiento productivo de los animales, por lo que contribuyen en mayor parte a la producción nacional más por el número de cabezas que por su volumen de producción. En general, la productividad animal en las zonas tropicales es inferior a la obtenida con animales manejados en sistemas especializados en clima templado (Lobo *et al.*, 1984; Syrstad, 1990).

El trópico mexicano alberga aproximadamente al 36% del inventario nacional bovino (12'000,000 de cabezas). En esta región se mantienen 3'900,000 animales bajo el sistema de doble propósito que producen alrededor del 39% de la carne en canal y el 28% de leche en el país.

La ganadería de doble propósito es considerada como el tercer sistema de producción de leche en México; su producción oscila entre los 600 y 750 litros de leche por vaca por año¹.

Durante los últimos años, la producción de leche en México se ha visto reducida de 7.2 millones de toneladas en 1985 a 5.6 millones de toneladas en 1989. De 1990 a 1993 hubo un incremento anual promedio de alrededor del 5%, llegando la producción a 7.6 millones de toneladas de leche en 1996 ².

Sin embargo, considerando el consumo nacional de leche que ha sido del orden de los 9 millones de toneladas en los últimos 5 años, la producción nacional de leche no alcanza a cubrir la demanda de los habitantes del país. Para solventar este déficit se ha tenido que importar leche de otros países, representando de 1992 a 1999 un promedio de 550 millones de dólares ².

Se considera que la solución del problema de producción de leche puede alcanzarse en un mediano o largo plazo si se tecnifican los sistemas tropicales de doble propósito del país (Villegas y Román, 1986; Vaccaro y López, 1995).

Básicamente en las zonas tropicales existe la alternativa de aumentar la producción láctea, pero desafortunadamente, el tipo de ganado que existe en estas regiones es mayormente de tipo cebuino, el cual no es el adecuado para el ordeño, pues al tener que "apoyar" a las hembras con el becerro, su producción es muy baja (Hippen y Escobar, 1984). Por otro lado, al cruzar este ganado con razas lecheras, como la Holstein, se obtiene un grupo genético con mayor producción y menor dependencia de la cría en el momento del ordeño (Ugarte y Preston, 1972; Álvarez *et al.*, 1980). Además, existe información de que las vacas cruzadas que amamantan a sus crías aumentan su producción en un 30% (Totusek *et al.*, 1973; Patel y Patel, 1973) o hasta un 73% (Ugarte y Preston, 1972), debido principalmente a que el estímulo del becerro sobre la glándula mamaria contribuye a que se alargue la lactancia. Sin embargo, el amamantamiento alarga también el intervalo entre partos (Shively y Williams, 1989; Williams, 1990).

Se ha encontrado que bajo condiciones tropicales existe una marcada época de producción láctea, siendo mayor durante las lluvias (68%), en donde los volúmenes lácteos

¹ Fuente: 1997 INEGI

² Fuente: 1985-1989 Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial.
1990-1994 Dirección General de Información Agropecuaria, Forestal y de la Fauna Silvestre.
1998-1999 Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR.

repercuten sobre la actividad ovárica, ya que ésta se correlaciona significativamente con los días abiertos. Además, se comprueba cierta interrelación entre atrofia ovárica y mayor producción láctea (Aluja y McDowell, 1984). González (1979), estudiando diferentes razas (Suizo pardo, Holstein, Cebú y mestizo) y su relación con el intervalo parto primer estro, encontró que a mayor producción, el intervalo se alarga. Si se tienen producciones mayores de 8 kg diarios por vaca es probablemente necesario complementar, ya que el pasto sólo cubrirá por una corta temporada las necesidades nutricionales (Iturbide, 1989).

Aunque en los últimos años se ha incrementado la utilización de concentrados comerciales y/o subproductos agrícolas en estas regiones de clima tropical, la limitante más importante de los sistemas de producción sigue siendo el constante manejo inadecuado de la nutrición. Esto es particularmente importante bajo condiciones tropicales y subtropicales, donde las fluctuaciones en la calidad de la dieta y la disponibilidad son mucho más severas que en otras áreas. Como consecuencia, se presentan en el ganado ciclos alternos de ganancia de peso y aumento en la producción láctea en la época de lluvias, seguida por una disminución en producción de carne y leche en época de secas, misma que puede significar hasta el 50% de lo ganado durante la temporada de abundancia de forraje (González, 1993).

Asimismo, es de especial interés procurar, en los países tropicales, el seguimiento de la condición corporal y el balance de energía en el animal con base en los nutrientes disponibles en la dieta, con relación al nivel óptimo requerido para la producción de leche y carne.

Referente a la calidad genética del ganado, vale la pena destacar que debido a los altos costos de producción en los sistemas de doble propósito, el depender de ganado importado resulta en un riesgo económico bastante alto, por lo que surge como una necesidad el desarrollar sistemas de mejoramiento genético a través de la inseminación artificial que asegure la calidad de las vaquillas (FIRA, 1997).

El anestro se define como la falta de actividad ovárica que ocurre durante el periodo post-parto en las vacas (Wright y Malmo, 1992). La interacción entre el parto, el amamantamiento, la ingestión de nutrientes, los cambios en el peso corporal y la condición corporal al parto afectan el intervalo de tiempo transcurrido desde este evento hasta la primera ovulación (Richards *et al.*, 1986). Fallas *et al.* (1987) reportaron que en animales

Holstein x Cebú, el primer ciclo ocurre cerca de los 93 días post-parto, dependiendo del tipo de amamantamiento de los becerros. Ramírez *et al.* (1992) indicaron que en animales de primer parto en clima tropical el primer estro post-parto ocurrió en 56 ± 32 días, y la primera elevación de progesterona fue observada en el 50.8% de los animales a los 42 ± 27 días. De acuerdo con información obtenida en 102 ranchos del trópico mexicano, el periodo entre partos en ganado de doble propósito tiene un rango de 432 a 568 días, lo que hace que ésta sea la mayor limitante para mejorar la eficiencia reproductiva (Moro *et al.*, 1994).

El principal objetivo económico en sistemas de producción para vacas es que paran un becerro por año. En sistemas de producción tropicales basados en producción estacional de pasto, la ocurrencia de los partos puede permitir que las lactaciones coincidan con el periodo óptimo de crecimiento de los pastos. Para que la vaca tenga un becerro cada 365 días ésta debe gestarse alrededor de los 85 días post-parto. Dado que la ciclicidad puede iniciar después de este periodo, la inseminación artificial puede ser requerida para lograr la gestación y, por lo tanto, que la fertilidad sea alta en estas vacas, en comparación con las que permanecen en anestro (King y Saballo, 1991). Los procedimientos para inducir el estro en vacas acíclicas durante el post-parto involucran la reducción del anestro con tratamientos hormonales (Wright y Malmo, 1992). Generalmente, éstos incluyen tratamientos con progestágenos y hormonas que estimulan el desarrollo y maduración folicular. El tratamiento con progestágenos prepara al cerebro de forma que el incremento subsecuente en las concentraciones de estradiol provoca la conducta estral y asegura una función lútea normal después de la ovulación (Inskoop *et al.*, 1988; Garverick y Smith, 1989).

Con base en lo anterior, es importante determinar en ganado de doble propósito en anestro si existirán modificaciones en parámetros productivos y reproductivos entre hembras que reciban o no una complementación alimenticia durante la época de empadre, que se reflejen en la tasa de gestación, al utilizar programas de inducción y sincronización de estros acompañados de inseminación artificial en las dos épocas del año.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

ANESTRO POST-PARTO

La infertilidad en el periodo post-parto y el anestro fueron reconocidos por primera vez como problema hace más de 60 años por Hammond, citado por Short *et al.* (1990). El anestro post-parto es el intervalo durante el cual las vacas no presentan signos conductuales de estro o calor después de haber parido. Es sin duda alguna uno de los mayores problemas de infertilidad que existe en el ganado bovino de doble propósito, debido a su alta incidencia y a las pérdidas que de él se derivan. La condición de anestro está asociada con ovarios estáticos, de tal manera que aunque existe desarrollo folicular, ninguno de los folículos ováricos que inician su crecimiento durante esta fase alcanza su maduración para llegar a ovular. Como resultado del desarrollo incompleto de los folículos, la ovulación no ocurre mientras la condición de anestro esté vigente (Sirois y Fortune, 1988; Moro *et al.*, 1994).

Se ha determinado que los factores más importantes que intervienen en el reinicio de la actividad ovárica post-parto son la nutrición y el amamantamiento; también se han propuesto diferentes causas de anestro entre las que destacan la edad al primer parto, el número de partos, la raza y la época del año en que ocurre el parto, presencia o ausencia del toro, retardo en la involución uterina y distocias (Hopkins, 1980; Galina *et al.*, 1989; Williams, 1990). Cualquier otro elemento propuesto como agente causal de anestro post-parto no deja de ser sino un componente más que modula los efectos ejercidos por la alimentación y la presencia del becerro (Wettemann, 1994).

El anestro denota un estado de completa inactividad sexual donde no hay manifestación del estro. Un periodo de anestro sucede al parto y es considerado normal; se considera anormal cuando su duración se extiende más allá del promedio del tiempo aceptado (90 días) (Fallas *et al.*, 1987).

Los periodos prolongados de anestro post-parto (>150 días) son característicos en vacas que habitan en regiones tropicales, siendo ésta la mayor limitante para alcanzar la meta ideal de los 12 meses de intervalo entre partos (Anta *et al.*, 1989a). Esta situación depende en gran medida del restablecimiento del ciclo ovárico post-parto, que a su vez

depende de la condición corporal, prácticas de amamantamiento, producción de leche y enfermedades (Galina *et al.*, 1989). Esto se corrobora de acuerdo a información publicada sobre el trópico mexicano, donde el intervalo parto a primer estro está en un promedio de 78 ± 34.6 días, mientras que el periodo parto - concepción es de 149 ± 46.1 días (Anta *et al.*, 1989a).

AMAMANTAMIENTO

El amamantamiento juega un papel importante en el control de los ciclos reproductivos del ganado bovino; su presencia crónica durante la lactación tiene importantes implicaciones económicas y biológicas. El efecto biológico más importante que tiene sobre la reproducción es el bloqueo de la ovulación y los largos periodos de parto a primer estro que contribuyen a la baja eficiencia reproductiva. El amamantamiento retarda la liberación de hormonas necesarias para el reinicio del ciclo estral después del parto, por lo que las vacas que pierden su cría al nacimiento usualmente entran en celo más pronto que las vacas que están amamantando (Wettemann, 1994).

Uno de los principales factores que afectan la reproducción en la ganadería tropical es el largo periodo interparto (anestro post-parto) y la subsecuente baja eficiencia reproductiva. Disminuir el tiempo entre parto y primer estro es crucial para llegar al objetivo de un parto cada 12 meses (Ramírez *et al.*, 1992). Después del parto, el amamantamiento y la producción de leche pueden inhibir el desarrollo folicular afectando la actividad del hipotálamo, hipófisis u ovario. La cantidad de leche producida en el periodo post-parto puede afectar el intervalo entre el parto y la ovulación. Short *et al.* (1990) han demostrado que los factores ambientales también pueden alterar la actividad ovárica a nivel del sistema nervioso central, ovárico o de otros órganos; uno de los efectos más notables es la supresión de la liberación de GnRH por el hipotálamo.

En el ganado de carne, existe evidencia de la supresión de la actividad ovárica cíclica durante el periodo temprano del post-parto, el cual se ve aumentado por el efecto de la disminución de energía en la dieta y una pobre condición corporal (Williams, 1990.) Además, el amamantamiento de la cría comúnmente prolonga el anestro post-parto por más

de 90 días, siendo ésta la principal causa de la pobre eficiencia reproductiva (Wright *et al.*, 1987). Asimismo, esto se manifiesta en ganado de doble propósito (Acosta *et al.*, 1983).

La falla endocrina más notable asociada con el anestro post-parto es una marcada supresión de la liberación pulsátil de LH, esto es debido a que el amamantamiento interfiere con la liberación de GnRH del hipotálamo y que la glándula pituitaria es incapaz de responder satisfactoriamente al estímulo de la GnRH (Williams, 1990).

Bastidas *et al.* (1984) señalaron que usando el amamantamiento restringido se incrementa la tasa de gestación, probablemente por un retardo en la liberación de hormonas necesarias para el reinicio del ciclo estral después del parto. Short *et al.* (1990) no encontraron diferencia en los patrones pulsátiles de LH de vacas que fueron o no expuestas a sementales. Los patrones inhibidores de la secreción pulsátil de la LH observados durante el estado anovulatorio, y el correspondiente incremento en la frecuencia de pulsos de la LH que ocurre de 2 a 6 días después de eliminar el estímulo del amamantamiento, son dos de los fenómenos más ampliamente conocidos que ocurren durante el post-parto de las hembras (Walters *et al.*, 1982; Smith *et al.*, 1983).

En vacas cruzadas (*Bos indicus x Bos taurus*), la restricción del amamantamiento a uno (Shively y Williams, 1989; Williams, 1990) o dos periodos al día (Tegegne *et al.*, 1992) reduce la duración del anestro comparado con el amamantamiento *ad libitum*. Sin embargo, se desconoce el efecto de la frecuencia del amamantamiento sobre la duración del periodo anovulatorio en vacas que llegan al parto con diferente condición corporal (alta o baja) y la mantienen durante el post-parto.

EFEECTO NUTRICIONAL

Aunque en los últimos años se ha incrementado la utilización de subproductos agrícolas en las regiones de clima tropical, la limitante más importante en los sistemas de producción sigue siendo el constante manejo inadecuado de la nutrición. Los niveles nutricionales en ambos periodos, pre y post-parto, influyen sobre el subsecuente rendimiento reproductivo en el ganado; la restricción de proteína y de energía durante la gestación o la lactación dan como resultado baja condición corporal al parto y una mayor duración del periodo interparto (Laflamme y Connor, 1992). Por lo tanto, es de especial

interés el monitoreo de la condición corporal y el balance de energía, basándose en los nutrientes disponibles en la dieta, con relación al nivel óptimo para producir.

La reducción en la ingestión de nutrientes da como resultado una pérdida de peso y condición corporal, disminución de la actividad lútea y el cese de ciclos estrales (Richards *et al.*, 1989a; Bishop y Wettemann, 1993). Las reservas de grasa corporal regulan la secreción de las hormonas hipotalámicas e hipofisarias que controlan la función del ovario; si las vacas están delgadas al parto, las señales hormonales para estimular el ovario y el inicio del ciclo estral no son liberadas, y en consecuencia se amplía el intervalo post-parto (Anta *et al.*, 1989b; Moro *et al.*, 1994). Debido a lo anterior, el efecto nutricional ha sido firmemente establecido como un factor que controla el anestro post-parto; la pobre nutrición de la vaca en el post-parto ocasiona una disminución de la actividad ovárica, debido a una supresión de la liberación pulsátil de LH de la hipófisis, que está controlada por la GnRH del hipotálamo. También se ha observado que algunos compuestos metabólicos actúan sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario cuando el estado nutricional del animal disminuye (Randel, 1990; Short *et al.*, 1990).

El intervalo de tiempo transcurrido desde el parto a la primera ovulación es el que se ve más afectado (Roberts, 1986), y está dictado por la interacción entre el parto y el amamantamiento, ingestión de nutrientes, cambios en el peso corporal y condición corporal al parto (Richards *et al.*, 1989a).

En la mayor parte de las vacas lactantes con una adecuada nutrición, el desarrollo del primer folículo dominante ocurre alrededor de las 2 o 3 semanas (Savio *et al.*, 1990). Estos típicos patrones de crecimiento folicular y ovulación post-parto pueden ser alterados por una mala nutrición. En uno de los primeros trabajos realizados sobre talla folicular, Wiltbank *et al.* (1964) encontraron que el tamaño de un gran número de folículos palpables fue consistentemente pequeño antes de la primera ovulación en vacas post-parto que recibían dietas apenas marginales. Trabajos más recientes demostraron que moderados niveles de mala nutrición pueden retrasar el reinicio de la ciclicidad después del parto, porque aparentemente afectan los mecanismos responsables de la maduración final del folículo o de la ovulación, sin marcar efectos en el crecimiento de folículos hasta el tamaño preovulatorio (McDougall *et al.*, 1995). Sin embargo, el primer folículo dominante no

ovula en la mayor parte de las vacas mal alimentadas (en contraste con las que se alimentan adecuadamente) y el intervalo desde el parto a la primera ovulación se prolonga (43 ± 5 días). Los patrones de desarrollo folicular post-parto en vacas mal alimentadas fueron similares al descrito para vacas alimentadas adecuadamente que amamantan (Jolly *et al.*, 1996). Anteriormente esto ya había sido caracterizado por el sucesivo crecimiento y regresión de 1 a 9 folículos dominantes en animales con condiciones similares (media \pm EE 4.2 ± 0.6) (Savio *et al.*, 1990; Roche *et al.*, 1992).

Dado que los nutrientes son transportados a los sitios principales del metabolismo a través de la sangre, al monitorear cambios en los niveles sanguíneos se pueden estudiar los indicadores metabólicos si se combinan con los de los alimentos, con evaluación de las dietas, con pruebas de salud, y con un análisis cuidadoso del manejo del rancho en general (Richards *et al.*, 1989a). Esto es particularmente importante bajo condiciones de trópico, donde las fluctuaciones en la calidad de la dieta y en la disponibilidad son mucho más severas que en otras áreas, por lo que las variaciones de los niveles de metabolitos sanguíneos pueden ser una herramienta ágil para el estudio de estos eventos. Por tanto, el analizar los niveles de metabolitos sanguíneos seleccionados es importante para establecer si esas medidas se correlacionan con los beneficios que traerá la complementación.

COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

En algunas regiones donde la ganadería depende exclusivamente de los pastos nativos o mejorados como única fuente de nutrientes, los animales frecuentemente son incapaces de satisfacer sus necesidades alimenticias durante algunas épocas del año, observándose bajos consumos de energía por el alto contenido de fibra en los forrajes, bajos insumos de proteína y deficiencias de minerales y/o vitaminas (García y Montemayor, 1987). Estos mismos autores señalan que algunas veces el ganado continúa en la misma condición deteriorada, aun cuando el suministro de alimento es abundante, afectándose así la función productiva y reproductiva del hato.

En el trópico la disponibilidad de forraje en los pastizales fluctúa marcadamente durante el año, lo cual resulta de cambios en precipitación pluvial y temperatura ambiental. Las gramíneas tropicales son muy sensibles a esos cambios, llegando a disminuir su calidad

en 50% en periodos adversos de 7 a 10 días (McDowell, 1994). Es indudable entonces que la mayor parte de la población bovina de América Latina vive una parte del año bajo condiciones de deficiencia nutricional, sobre todo de proteínas (McDowell *et al.*, 1983; Plasse, 1988). Aunado a esto, los pastos tropicales son deficientes en minerales y sólo en raras ocasiones satisfacen completamente las necesidades de los rumiantes en pastoreo, siendo necesaria la complementación mineral durante todo el año (García y Montemayor, 1987).

La eficiencia reproductiva del ganado es afectada por factores nutricionales, sobre todo cuando estos requerimientos se incrementan como en el caso del crecimiento (Gauthier, 1983). Cuando disminuye la cantidad y calidad del forraje, la complementación alimenticia mejora los parámetros reproductivos del ganado (Galina y Arthur, 1989b).

La complementación estratégica para mejorar la eficiencia reproductiva del hato debe considerar las condiciones nutricionales que existen, la duración de la complementación, así como el tipo de animal (McDowell, 1994). En este sentido, es posible suponer que la complementación alimenticia en hembras que iniciarán el periodo de empadre beneficia los índices de fertilidad.

COMPLEMENTACIÓN PRE-EMPADRE

Al inicio de la época de empadre una alta proporción de vacas y novillonas se encuentra anéstrica. Esto depende principalmente del estado nutricional, ya que el déficit de energía durante el crecimiento y antes y después del parto inhibe la aparición del estro y reduce la fertilidad de los animales que lo presentan (Williams, 1989). Existe una pobre expresión del estro y los resultados son deficientes en programas de sincronización, debido al inconsistente crecimiento y maduración de folículos ováricos por un balance negativo de energía (Stevenson *et al.*, 1987). Por eso, en caso necesario, la complementación alimenticia previa al empadre y a los programas de sincronización del estro debe ser utilizada (McGrath *et al.*, 1985). En México, es un hecho conocido que ésta se realiza con mayor frecuencia en las zonas áridas y semiáridas que en el trópico.

Sin embargo, los resultados de la complementación alimenticia del ganado antes del periodo de servicio pueden ser variables (Galina y Arthur, 1990), y se han encontrado mejores beneficios de ésta cuando el año previo fue pobre en lluvias (Holroyd *et al.*, 1977).

Castellanos *et al.* (1995) encontraron incrementos lineales del 37.5, 62.5 y 75.0% en la fertilidad en hembras Brahman complementadas durante 64 días previos y 19 días durante el empadre, ofreciendo el 0.5, 1.0 y 1.5% de peso vivo de un complemento energético, observando que la condición corporal al inicio y final del periodo de complementación fue similar entre los grupos. Estos resultados sugieren que al aumentar el nivel de complementación aumenta el porcentaje de hembras gestantes al final del empadre. Es interesante el hecho de que mejorara el índice de gestación sin que la condición corporal de los animales presentara incrementos.

EL NIVEL NUTRICIONAL Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO POST-PARTO

La reducción del periodo entre el parto y la siguiente concepción es el parámetro más importante que requiere ser mejorado en ganado bovino. La nutrición tiene un importante papel en cuanto al reinicio de la actividad ovárica post-parto. Por tal motivo, la búsqueda de estrategias alimenticias que permitan un rápido retorno al estro es, en este momento, el principal objetivo (Robinson, 1990).

Se ha demostrado que en animales con bajo plano alimenticio la primera ovulación post-parto se prolonga y también se incrementa la variación entre animales, haciendo difícil optimizar los regímenes de alimentación para todo el hato. También se ha observado que los niveles alimenticios bajos durante el periodo post-parto incrementan la proporción de vacas que permanecen en anestro. Sin embargo, este efecto no se observa cuando las vacas paren gordas (Robinson, 1990).

Los bajos insumos de proteína demoran la presentación del primer estro post-parto. Sasser *et al.* (1988) compararon consumos diarios por animal de 960 y 320 g de proteína cruda y observaron una reducción del 29% en la manifestación del estro en animales con consumo bajo, que además tuvieron un índice de concepción de sólo 32%, en comparación con 74% de las vacas que consumieron el nivel alto.

Tegegne *et al.* (1992) complementaron vacas Cebú con bloques de melaza-urea al 10% durante ocho meses (1 pre y 7 post-parto), encontrando que la complementación no mejoró el desempeño reproductivo post-parto. En un trabajo posterior (Tegegne *et al.*, 1993), estos mismos autores concluyeron que el largo periodo de anestro post-parto, las fallas en la concepción y la muerte embrionaria temprana fueron las causas de la pobre eficiencia reproductiva de las hembras, independientemente de la complementación, manipulación del amamantamiento o ambas cosas.

En relación a la complementación mineral, hembras Holstein x Cebú complementadas con P y Mg en el periodo pre-parto presentaron antes la involución uterina que aquéllas que no recibieron dichos minerales (Corro *et al.*, 1993). El uso de la complementación durante el periodo pre-parto y post-parto asegura un incremento en la eficiencia reproductiva; sin embargo, no debe ser exclusivamente de minerales, sino que debe considerar también la energía y la proteína. Es necesario estimar el balance energético de las vacas durante esos periodos, utilizando como indicador la condición corporal del animal para establecer con mayor precisión las relaciones entre nutrición y eficiencia reproductiva (Butler y Elrod, 1995).

Los niveles nutricionales en ambos periodos, pre y post-parto, influyen en el subsecuente rendimiento reproductivo en el ganado; la restricción de proteína y de energía durante la gestación o la lactación dan como resultado baja condición corporal al parto y una mayor duración del periodo interparto (Laflamme y Connor, 1992)

La complementación favorece el desempeño reproductivo post-parto; sin embargo, no se ha establecido cuándo es mejor complementar, antes o después del parto o en ambos casos (Wettemann *et al.*, 1986).

Existe evidencia contradictoria de McSweeney *et al.* (1993), quienes encontraron que el destete tuvo mayor efecto que la complementación alimenticia post-parto en el reinicio de la actividad ovárica en hembras cruzadas de Cebú. La frecuencia del amamantamiento inhibe la liberación episódica de LH, probablemente mediante la secreción de un opioide péptido hipotalámico, β -endorfina (Malven *et al.*, 1986; Gordon *et al.*, 1987). El reinicio de la conducta estral después del parto parece estar determinado, al menos en parte, por la habilidad de la hipófisis para secretar cantidades adecuadas de LH

(Jaeger *et al.*, 1995). Por tanto, podría esperarse que la complementación alimenticia contribuyera positivamente en la demanda de nutrientes que representa el amamantamiento, resultando en un periodo corto entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica o en mejores pesos al destete de las crías.

Robinson (1990) señaló que el estado nutricional post-parto de la hembra modifica los cambios neuroendocrinos normales, particularmente la frecuencia de la liberación episódica de la LH. Así, el anestro inducido mediante un bajo plano nutricional en ganado se caracterizó por un decremento en la frecuencia de los pulsos de LH (Richards *et al.*, 1989a).

Wright *et al.* (1987) encontraron que la duración promedio del anestro se alargó 43 días por cada reducción de un punto en la condición corporal (equivalente a 53 kg de lípidos corporales) al momento del parto. Las hembras que llegan al parto con reservas corporales adecuadas y mantienen buena condición corporal después del mismo presentan mejores índices reproductivos (Galina y Arthur, 1989a).

Así, las vacas que logran mantener buena condición corporal después del parto presentan mayor función hipofisiaria y mejor potencial reproductivo, que se traduce en un rápido retorno al estro post-parto (Rutter y Randel, 1984).

Se dice que la evaluación del perfil metabólico mediante el análisis de los componentes sanguíneos tiene también utilidad práctica y clínica, representando un medio para evaluar el estado nutricional (Bernal, 1990). Existe controversia con respecto a la eficacia de los metabolitos sanguíneos como indicadores del estado nutricional de un animal. Así, se ha encontrado que concentraciones reducidas de glucosa e insulina y aumentos de ácidos grasos no esterificados en la sangre están asociados con el anestro nutricional del ganado (Richards *et al.*, 1989b). Sin embargo, Tegegne *et al.* (1993) informaron que la concentración de metabolitos sanguíneos no fue un buen indicador del estado nutricional y no se relacionó con el reinicio de la actividad ovárica post-parto en vacas de tipo cebuino.

CONDICIÓN CORPORAL

Las cantidades adecuadas de reservas corporales son necesarias para mantener la salud, función reproductiva y capacidad productora en el ganado, particularmente en la vaca lechera. La grasa corporal es un indicador de la cantidad de energía almacenada; por lo tanto, las vacas con reservas corporales bajas son propensas a enfermedades, desórdenes metabólicos, fallas en la eficiencia reproductiva y reducción en la producción de leche. A su vez, las bajas reservas corporales demoran la edad al primer servicio y se reduce la producción de leche después del parto en las vaquillas (Edmonson *et al.*, 1989). Las vacas con reservas excesivas de grasa son propensas a partos difíciles e hígado graso post-parto (síndrome de la vaca gorda). Las vaquillas gordas presentan dificultad para quedar gestantes y desórdenes en el desarrollo de la glándula mamaria que resultan en una vida productiva pobre. Sin embargo, esta condición es poco probable en vacas de doble propósito que únicamente son alimentadas a través de libre pastoreo.

Edmonson *et al.* (1989) señalaron que la evaluación de la condición corporal es una manera efectiva de medir subjetivamente la cantidad de energía metabolizable almacenada como grasa y músculo en un animal vivo. Inicialmente, la calificación de condición corporal se desarrolló para ovejas, involucrando la palpación de huesos dorsales y procesos lumbares, sintiendo la agudeza y recubrimiento de los huesos, siendo la escala de 0 (animal emaciado) a 5 puntos (animal muy gordo). La misma técnica fue adaptada para ganado de carne por Lowman *et al.* (1976), utilizando valores de 0 a 5 con medios puntos intermedios en aquellos animales que no acomodaron entre dos valores, quedando la escala con 11 puntos. Sin embargo, en ocasiones no es posible palpar la piel y costillares del ganado porque las facilidades de sujeción o el temperamento de los animales no lo permiten, por lo que en Australia y Nueva Zelanda se utiliza sólo la inspección visual.

Aunque las condiciones de raza y alimentación en el trópico son extremadamente diferentes, las escalas de clasificación existentes para animales de climas templados se utilizan para evaluar la condición corporal de los bovinos en el trópico con resultados comparables. Así, investigaciones preliminares han señalado que una condición corporal excesiva (4.0 puntos o mayor) o inadecuada (menor de 2.0 puntos) al parto reduce los índices de fertilidad subsecuentes. Además, la pérdida y también la ganancia de un punto en

condición corporal después del parto reducen significativamente la fertilidad en las vacas que tenían buena condición corporal previo a este evento (Gaines, 1989), afectándose así el estado de salud general del animal (Ferguson, 1991).

La restricción de energía en el periodo pre-parto resulta en una condición corporal pobre al parto, alargándose el intervalo al primer estro post-parto y decreciendo la posibilidad de encontrar un alto porcentaje de vacas ciclando al inicio y final de la época de empadre (Whitman, 1975; Lowman, 1982; Dziuk y Bellows, 1983; Richards *et al.*, 1986). Por otra parte, las vacas que mantienen buena condición corporal después del parto presentan mayor función hipofisiaria y mejor potencial reproductivo que se traduce en un rápido retorno al estro post-parto, que aquéllas que paren con pobre condición corporal (Rutter y Randel, 1984).

Los requerimientos de energía para el mantenimiento, así como la eficiencia en la utilización de ésta en vacas post-parto, son afectados por la condición corporal y también por el destete precoz y el insumo de energía pre y post-parto (Houghton *et al.*, 1990). Se ha señalado que la condición corporal modula el nivel de la hormona luteinizante en la sangre, la sensibilidad de la hipófisis a la LHRH, así como los niveles de LH en hembras con condición corporal pobre (Roberson *et al.*, 1992).

DINÁMICA FOLICULAR

El continuo crecimiento y regresión de los folículos antrales que permiten el crecimiento del folículo preovulatorio es conocido como dinámica folicular. Desde una hasta tres oleadas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren durante el ciclo estral, derivándose el folículo preovulatorio de la última oleada (Lucy *et al.*, 1992).

El temprano reinicio del crecimiento folicular después del parto, con la formación del primer folículo dominante detectado morfológicamente por ultrasonido, ocurre en un promedio de 10.2 días en la vaca de carne, existiendo una baja incidencia de ovulación de este primer folículo dominante (11%) en el post-parto (Murphy *et al.*, 1991), en contraste con las vacas lecheras en las cuales el primer folículo dominante ovula en más del 70% de éstas (Savio *et al.*, 1990). En las vacas de carne que amamantan hay un recurrente crecimiento y regresión de folículos dominantes en un promedio de 3.2 ± 0.2 folículos

dominantes hasta la primera ovulación (Murphy *et al.*, 1991). Así, el periodo de anestro prolongado en estas vacas se debe a una falla en la ovulación de folículos dominantes en vez de a un retardo en el desarrollo de los folículos; es decir, el periodo de anestro prolongado en las vacas de carne que están amamantando se atribuye a que la mayoría de los folículos dominantes no llegan a ovular no por falta de desarrollo de éstos, sino por falta en la liberación de LH (Rund *et al.*, 1989).

El inicio temprano del desarrollo folicular en los dos tipos de ganado se debe a una elevación de las concentraciones de FSH después del parto (Schallenberger, 1985). La falta de ovulación del primer folículo dominante se atribuye a una insuficiente frecuencia pulsátil de LH, que resulta en una baja producción androgénica en el folículo (Fortune, 1986) e inadecuada retroalimentación positiva para inducir la oleada de LH. Los factores que afectan la frecuencia de pulsos de LH, tales como el estímulo del amamantamiento, presencia del becerro, balance energético y condición corporal de la vaca, afectan el tiempo de la primera ovulación y el tiempo de anestro post-parto.

Una hipótesis había establecido que los folículos crecen, se desarrollan y se atresian en una manera más o menos constante durante el ciclo estral bovino (Choudary *et al.*, 1968; Donaldson y Handsel, 1968). En contraste, otros investigadores han concluido que hay dos o más oleadas de desarrollo de folículos antrales durante el ciclo estral bovino (Rajakoski, 1960; Ireland *et al.*, 1979; Gutiérrez *et al.*, 1994). La hipótesis de la oleada folicular fue apoyada por un estudio en el cual se encontró que folículos antrales grandes son más abundantes entre los días 4 y 9 y 13 y 18 del ciclo estral bovino (Sirois y Fortune, 1990). También fue demostrado que la tasa de crecimiento de los folículos varía durante el ciclo estral bovino y la presencia de folículos grandes inhibe el crecimiento del folículo de tamaño medio (Matton *et al.*, 1981). Existen evidencias de oleadas de desarrollo folicular durante el ciclo estral que han sido probadas por exámenes ultrasonográficos del ovario bovino (Pierson y Ginther, 1984; Ginther *et al.*, 1989).

Un folículo emerge de una oleada folicular y persiste para producir grandes cantidades de estrógenos, mientras que todos los otros folículos se atresian (Ireland *et al.*, 1979; Ireland y Roche, 1982). Por lo tanto, el folículo dominante parece que inhibe o suprime el desarrollo de los otros folículos. Esta inhibición parece ser ejercida tanto a nivel

local como a nivel sistémico (Short *et al.*, 1990). Un número de teorías han sido propuestas y un sinnúmero de factores han sido implicados en la inhibición de folículos más pequeños por el folículo dominante (Ireland y Roche, 1982). Hay ahora evidencias concluyentes de que los folículos producen sustancias esteroideas y no esteroideas (incluyendo los péptidos inhibidores y la folistatina) que tienen efectos inhibitorios en la secreción de las gonadotropinas. La atresia de los folículos subordinados aparentemente resulta de una reducción en la secreción de las gonadotropinas (Ginther *et al.*, 1989). En ganadería tropical de doble propósito existe escasa información sobre dinámica folicular y son necesarios estudios de ultrasonografía en este tipo de vacas.

El efecto de la nutrición sobre la dinámica folicular ha sido puesto de manifiesto a través de los interesantes hallazgos sobre el efecto que tuvo un bajo consumo de materia seca en novillonas productoras de carne, donde se redujo el diámetro y la persistencia de los folículos dominantes durante el ciclo estral (Murphy *et al.*, 1991; Burns *et al.*, 1994). La dinámica folicular se altera por un balance negativo de energía y por la lactancia (Lucy *et al.*, 1992). Por tanto, es posible suponer que existirán modificaciones en la dinámica folicular entre hembras que reciben diferentes tipos de dietas, que se reflejarán en distintos cambios en la condición corporal.

Beam y Butler (1994) encontraron que la primera oleada folicular post-parto ocurrió tardíamente cuando las vacas Holstein tuvieron un balance energético negativo; sin embargo, los niveles de estradiol alcanzados fueron iguales a los de vacas con balance energético positivo.

Los conocimientos actuales sobre la dinámica folicular están siendo utilizados para desarrollar nuevas y mejores técnicas de sincronización de estros, que permitan compactar también una nueva oleada folicular (Pursley *et al.*, 1994) y mejorar la fertilidad (Schmitt *et al.*, 1994), así como para obtener mejores resultados en la superovulación del ganado (Anderson, 1978; Hasler *et al.*, 1983; Monniaux *et al.*, 1983; Bergfelt, *et al.*, 1994).

El entendimiento de la regulación endocrina y de los patrones de desarrollo del crecimiento folicular durante el periodo de anestro post-parto en vacas de doble propósito permitirá desarrollar mejores métodos para reducir el intervalo post-parto.

CRECIMIENTO FOLICULAR

La foliculogénesis puede ser definida como la formación del folículo de Graff (maduro, preovulatorio) a partir de una base de folículos primordiales (sin crecimiento), que permanece estable del nacimiento al cuarto año de vida (133,000 folículos en promedio), declinando subsecuentemente (3,000 folículos en promedio) en vacas entre 15 y 20 años (Spicer y Echterkamp, 1986).

La foliculogénesis comprende tres eventos: 1) el reclutamiento, donde un conjunto de folículos inicia la maduración con la suficiente estimulación gonadotrópica que permite la ovulación; 2) la selección, cuando un solo folículo es escogido y evita la atresia, con probabilidad potencial para lograr la ovulación y 3) la dominancia, el mecanismo mediante el cual los folículos dominantes inhiben un nuevo reclutamiento de otro grupo de folículos (Lucy *et al.*, 1992).

El número de folículos de las tallas 3-5, 6-9 y >9 mm ha sido utilizado predominantemente para evaluar el crecimiento folicular del ganado (Badinga *et al.*, 1994). El número de folículos antrales dentro de cada talla en particular está relacionado a: 1) el índice de ingreso (o progresión) de los folículos preantrales hacia folículos antrales, 2) el índice de crecimiento de los folículos antrales hacia tallas mayores y 3) el índice de pérdida (atresia) de folículos grandes hacia tallas pequeñas (Spicer y Echterkamp, 1986).

El incremento del índice de crecimiento de los folículos pequeños para convertirse en grandes coincide con el aumento del índice de atresia de folículos grandes al progresar el estro a la ovulación (Merz *et al.*, 1981).

La evaluación del aumento en tamaño de uno o dos folículos más grandes en cada ovario es otra manera de evaluar el crecimiento folicular, pues el diámetro de folículos grandes se incrementa entre el día 1 y 20 del ciclo estral bovino (Merz *et al.*, 1981); sin embargo, el crecimiento y reemplazo de los folículos es más rápido después del día 13 del ciclo estral (Matton *et al.*, 1981). Además, existe un efecto estacional sobre la dinámica folicular, demostrado por Badinga *et al.* (1994), quienes, utilizando ultrasonografía, encontraron que los folículos grandes preovulatorios crecieron más rápido en junio (2.0 mm/d) que en abril (1.1 mm/d), agosto (1.0 mm/d) o noviembre (1.2 mm/d) en vacas Holstein ordeñadas. La mayoría de los folículos grandes persisten en la superficie del

ovario por lo menos 5 días entre los días 3 y 13 del ciclo estral; después del día 13, muchos desaparecen y son reemplazados por nuevos, que previamente fueron pequeños (Matton *et al.*, 1981). Sin embargo, la posibilidad de que un folículo grande sea ovulado se incrementa sólo hasta el día 18 del ciclo estral (Dufour *et al.*, 1972; Matton *et al.*, 1981).

En sus primeros estudios, Spicer y Echterkamp (1986) determinaron que el momento preciso en que un folículo entraba en la fase de crecimiento y el número de ciclos estrales completos antes de que un folículo se volviera atrésico no eran bien conocidos en la vaca. Sin embargo, existen los datos de Lussier *et al.* (1983), quienes utilizaron el índice mitótico de las células de la granulosa bovina, que indicaron que se requirieron dos ciclos estrales para que un folículo preantral alcanzara la talla de 8.5 mm.

Ginther *et al.* (1989) reportaron que inmediatamente después del reclutamiento se inicia la fase de selección, donde del grupo reclutado emerge un solo folículo que continúa creciendo, mientras que los otros pierden talla. Se desconoce mediante cuál mecanismo se selecciona al folículo dominante, pero se sabe que ese folículo permanece activo hasta la mitad del ciclo estral. Con base en observaciones ultrasonográficas y dado que cuando el folículo dominante está presente no se observan nuevos folículos mayores de 5 mm, se puede definir al folículo "dominante" como aquel folículo ovárico grande (> 10 mm) que es reclutado y seleccionado de una oleada de crecimiento folicular y que además es activo, capaz de evitar el crecimiento de otros folículos en el ovario (Lucy *et al.*, 1992). Las proteínas encontradas en el líquido folicular del folículo dominante podrían ser las responsables de la inhibición del crecimiento de los folículos "subordinados" (Kastelic *et al.*, 1990); también se ha planteado que un folículo mantiene su dominancia gracias a su capacidad de producir estradiol, o a factores locales o sistémicos aún desconocidos (Guilbault *et al.*, 1993).

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO UTILIZANDO PROGESTÁGENOS

Diversos tratamientos hormonales basándose en progesterona y sus derivados se han implementado con el fin de reducir el anestro post-parto. Los esteroides ováricos (progesterona y 17β -estradiol) actúan como moduladores de la secreción de hormona luteinizante (LH) y las concentraciones de LH plasmáticas fluctúan de una manera pulsátil

a través de todos los periodos del ciclo estral (Rahe *et al.*, 1980). Existe una correlación negativa entre la administración de progesterona (P4) y la secreción de LH; la administración de progesterona o sus análogos en dosis reducidas no inhibe la frecuencia pulsátil de LH, en comparación con la utilización de dosis altas que al parecer sí inhiben esta frecuencia pulsátil de LH (Stumpf *et al.*, 1991).

El uso de progestágenos para promover el reinicio del ciclo estral es un tema bastante controvertido con una buena variación en los resultados de fertilidad entre los diferentes estudios. Esto posiblemente se deba a que niveles elevados de hormona luteinizante durante el tratamiento con Norgestomet están asociados con niveles elevados de estrógenos cuando se termina el tratamiento (Wright y Malmo, 1992). Asimismo, trabajos recientes han mostrado que bajas concentraciones de progesterona en ausencia de un cuerpo lúteo no suprimen totalmente la liberación de hormona luteinizante e impiden el reemplazo de los folículos dominantes, lo que a su vez podría explicar los bajos resultados en cuanto a fertilidad (Adams, 1994).

Ireland y Roche (1982) indican que la progesterona y los progestágenos sintéticos suprimen el estro y la ovulación, actuando a través de un mecanismo de retroalimentación negativa sobre la liberación de LH. Por lo mismo, probablemente se reduce la frecuencia de los pulsos de esta hormona y se impide que algún folículo complete su desarrollo y ovule. Al retirar el fármaco, los folículos de todas aquellas vacas tratadas completarán su desarrollo al mismo tiempo, lo que provoca el estro sincronizado (Britt y Roche, 1985).

Se han utilizado muchos progestágenos sintéticos para sincronizar celos que se han aplicado por diferentes vías. Las sustancias progestacionales se aplicaban en inyecciones diarias, haciendo poco práctico el sistema (Wiltbank, 1969). Más tarde, Munro y Moore (1986) demostraron que las inyecciones de progesterona prolongaban la fase del diestro durante el tiempo de aplicación; después de que las inyecciones eran finalizadas, las hembras entraban en calor y ovulaban con una sincronía razonable de 30 h en promedio. Con el descubrimiento de progestágenos activos por vía oral (Lammond, 1964), se hizo posible por primera vez su administración en el alimento. La mayor desventaja de esta vía era no tener un control preciso del consumo de la dosis diaria para cada animal tratado, lo

que ocasionaba respuestas variables en la sincronización (Kesler y Troxel, 1983; Peters, 1986).

El MGA (acetato de melengestrol) es un progestágeno por vía oral aprobado por la USDA. La administración de esta droga en el alimento ha sido utilizada para suprimir el estro en vaquillas. Si es mezclado en el alimento y consumido por la hembra a razón de 0.5 mg/día puede suprimir el estro. La mayoría de los programas lo recomienda durante 14 días en la alimentación.

El consumo de alimento varía entre animales y esto podría afectar la cantidad que cada uno ingiere de la dosis de MGA suministrada en el mismo, obteniéndose una respuesta variable. Éste puede ser entonces mezclado con una cantidad específica de complemento proporcionado en el alimento, en cantidades de 0.5 a 2.0 libras/cabeza/día. Después de retirar el alimento, los animales entran en calor en 2 a 6 días. El grado de sincronización es alto si los animales estaban ciclando antes de empezar la alimentación con MGA. No se recomienda la inseminación artificial posterior al estro con MGA porque se obtiene baja fertilidad. Para utilizar este programa con fertilidad aceptable, se recomienda una inyección de prostaglandina 17 días después de finalizada la alimentación, previa palpación de cuerpo lúteo. Los programas de MGA son excelentes en vaquillas, resultando en buenas tasas de concepción para inseminación artificial después de la detección de estros. Sin embargo, estos resultados en vacas post-parto pueden resultar variables (Floyd y Giménez, 1997).

Uno de los primeros trabajos relacionados con las formas de aplicación de progestágenos fue el reportado por Dziuk y Cook (1966), quienes demostraron que hormonas esteroidales colocadas en forma de implante se liberaban de manera constante y uniforme por periodos de varios días.

En bovinos productores de carne, uno de los progestágenos más populares es el Norgestomet, impregnado en un implante siliconado de aplicación auricular por vía subcutánea, acompañado de una inyección de valerato de estradiol (Synchromate B). Este producto se ha empleado sobre todo para la sincronización de estros, así como para la inducción del estro en hembras anéstricas. En este caso, cabe mencionar que tal vez la principal ventaja de los sistemas basados en progestágenos sintéticos es que, al aplicarlo en hembras anéstricas y después de ser retirado, se favorece la liberación de gonadotropinas y

los animales comienzan a ciclar (Smith *et al.*, 1983). Este efecto inductor de la actividad ovárica se ha probado tanto en vaquillas prepúberes como en vacas en anestro lactacional (González *et al.*, 1975; Smith *et al.*, 1979).

En el primer caso, al emplearse el progestágeno en un tratamiento inductor de la pubertad en vaquillas prepúberes, se han obtenido porcentajes de hembras en calor de 79 al 94% en periodos de 4 días de observación después de retirado el implante, con porcentajes de gestación de 43 a 56% (González *et al.*, 1975). Además, se demostró que es posible utilizar este tratamiento para inducir el estro fértil en vaquillas prepúberes. Dichos autores señalan que el tratamiento es particularmente práctico en vaquillas menos precoces, como es el caso de algunos tipos de razas cebuinas.

González *et al.* (1975) señalan que la segunda posibilidad de uso de estos tratamientos con progestágenos es como inductores de la actividad ovárica en grupos de hembras post-parto, las cuales probablemente se encuentran en anestro. En una investigación se estudió el efecto de un tratamiento con Synchronate B en vaquillas y vacas con actividad ovárica o en anestro; el estro se detectó en mayor proporción en animales que se encontraban ciclando al inicio del tratamiento (88%) que en aquéllos que no lo estaban (77%). La fertilidad de las vaquillas en un periodo de cinco días fue similar si se encontraban ciclando (42%) o en anestro (47%), evento que no sucedió en el grupo de las vacas, donde los animales que estaban en anestro tuvieron una tasa de gestación del 38%, menor al de aquellas vacas que se encontraban ciclando (Beal *et al.*, 1984). Por tal razón, dichos autores señalan que la condición de la vaca antes del tratamiento (ciclando o en anestro) pudiera limitar la efectividad del progestágeno.

Aunque casi todas las hembras responden manifestando estro después de remover el implante, las expectativas en cuanto a la fertilidad son moderadas, sobre todo en hembras que al inicio del tratamiento se encuentran en anestro y lactando. Lo anterior está corroborado en una amplia revisión sobre el tema y en condiciones de trópico, donde se estima que el porcentaje de concepción a primer servicio es mayor (48%) en hembras que al momento de la sincronización se encontraban sin lactar, comparado con aquéllas que sí lo estaban (32%) (Galina y Arthur, 1990). En otro estudio utilizando los progestágenos, fue posible demostrar que este tratamiento es capaz de inducir estros, pero la fertilidad se ve

disminuida seriamente cuando la hembra se encuentra lactando y con baja condición corporal. Asimismo, Wishart *et al.* (1977) señalan que la condición corporal de la vaca al recibir el tratamiento es un factor que determina la respuesta de las hembras al fármaco sincronizador.

FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA A LOS TRATAMIENTOS CON PROGESTÁGENOS

En la literatura se han señalado diversos factores para tratar de explicar la variación en los resultados de programas para inducir y sincronizar el estro con progestágenos, tales como:

- a) Duración de la aplicación del fármaco sincronizador. Los tratamientos cortos con progestágenos resultan en un incremento de la fertilidad en comparación con los tratamientos de larga duración aunque la precisión de la sincronización mejore en estos últimos resultados (Roche, 1974; Sreenan *et al.*, 1977).
- b) Etapa del ciclo estral. Se conoce que el tiempo de respuesta al tratamiento sincronizador no varía entre hembras sincronizadas con progestágenos en distintas etapas del ciclo estral. En cambio, el porcentaje de hembras en estro depende del estado del ciclo estral, de tal manera que la respuesta es más efectiva al aplicarse el fármaco en las hembras que se encuentran a la mitad de la fase lútea (Spitzer *et al.*, 1978a, b).
- c) Estado fisiológico. Beal *et al.* (1984) señalan la importancia del estado ovárico en respuesta a tratamientos sincronizadores con base a progestágenos (SMB). En su estudio, donde evaluaron el efecto entre vaquillas y vacas con actividad ovárica o en anestro, el estro fue detectado en mayor proporción en hembras que se encontraban ciclando al inicio del tratamiento (88%) comparado con aquéllas que no lo estaban (77%). La fertilidad de las vaquillas fue similar si se encontraban ciclando (42%) o en anestro (47%), cosa que no sucedió en el grupo de vacas donde los animales que se encontraban en anestro tuvieron una tasa de gestación del 38% menor al de las vacas que se encontraban ciclando.
- d) Condición corporal. Wishart *et al.* (1977) estudiaron el efecto de la nutrición, peso y condición corporal sobre la fertilidad de vaquillas tratadas con Norgestomet y valerato

de estradiol, encontrándose una mayor proporción de hembras gestantes cuando recibieron una complementación energética para obtener un incremento de peso durante doce semanas. Esta complementación se inició seis semanas antes del tratamiento.

- e) Edad de las hembras. Beal *et al.* (1984), al comparar la respuesta de vacas y vaquillas sincronizadas con Norgestomet, no encontraron variaciones significativas para el porcentaje de hembras en estro o en el tiempo de manifestación del mismo (9.4 h más pronto en vaquillas que en vacas). En relación con la fertilidad, Peters (1986) señala que ésta es 20% mayor en vaquillas que en vacas previamente sincronizadas. Al respecto, Odde (1990) reportó que la sincronización con SMB dentro de un programa de transferencia de embriones no quirúrgica fue del 69.5 y 100% para vacas y vaquillas respectivamente. Sin embargo, la fertilidad fue del 39 y 18% respectivamente.
- f) Efecto de la época y año. Heersche *et al.* (1979) encontraron variaciones entre años en el número de vaquillas sincronizadas con Norgestomet que mostraban estro (89 al 95%), a pesar de que los programas se realizaron en las mismas explotaciones y época del año. Richards *et al.* (1988) encontraron que al realizar programas de sincronización en la primavera éstos resultaron mejores que los realizados en el otoño (84 y 64% respectivamente). Esto además fue corroborado por Broadbent *et al.* (1991), quienes explican que las condiciones ambientales son de gran importancia y que éstas pueden afectar la conducta de los animales y a su vez la habilidad para identificar a las vacas en estro.
- g) Tipo racial. La fertilidad lograda con el uso de progestágenos para el control del estro suele ser menor en ganado *Bos indicus* que en *Bos taurus*. Galina *et al.* (1987) indican que en general la sincronización del estro en bovinos bajo condiciones del trópico resulta en una fertilidad 15% menor que la de los grupos testigo, y que ésta se deprime más cuando la sincronización se realiza en hembras en pobre condición corporal, en épocas desfavorables del año o en ambas circunstancias.
- h) Efecto de la explotación o rancho. Se presentan amplias variaciones en la fertilidad de las hembras sincronizadas en diferentes explotaciones. Tales variaciones se atribuyen a las condiciones particulares de manejo que existen entre ranchos (Wishart *et al.*, 1977).

LITERATURA CITADA

- Acosta, B., Tarnavsky, T.E. and Platt T.E.: Nursing enhances the negative effect of estrogen on LH release in the cow. *J. Anim. Sci.* 57:1530 (1983).
- Adams, G.P.: Control of ovarian follicular wave dynamics in cattle. Implications for synchronization and superstimulation. *Theriogenology*. 40:19-24 (1994).
- Aluja, A. y McDowell, R.E.: Decision making by livestock/crop small holders in the state of Veracruz, Mexico. Cornell International Agriculture Mimeograph 105. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York (1984).
- Álvarez, F.J., Saucedo, G., Arriaga, A. y Preston, T.R.: Efecto sobre la producción de leche y el comportamiento de los becerros al ordeñar las vacas Cebú/europeo con y sin apoyo del becerro y amamantamiento restringido. *Prod. Anim. Trop.* 5:27-39 (1980).
- Anderson, G.B.: Methods for producing twins in cattle. *Theriogenology*. 9:3-8 (1978).
- Anta, E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet. Méx.* 20:11-18 (1989a).
- Anta, E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Vet. Méx.* 20:19-25 (1989b).
- Badinga, L., Thatcher, W.W., Wilcox, C.J., Morris, G., Entwistle, K. and Wolfenson, D.: Effect of season on follicular dynamics and plasma concentration of estradiol-17 β , progesterone and luteinizing hormone in lactating Holstein cows. *Theriogenology*. 42:1263-1274 (1994).
- Bastidas, P., Troconiz, J., Verde, O. and Silva, O.: Effect of restricted suckling on ovarian activity and uterine involution in Brahman cows. *Theriogenology* 21(4):525-532 (1984).
- Beal, W.E., Good, G.A. and Peterson, L.Á.: Estrous synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with Synchronate-B or Norgestomet and Alfaprostol. *Theriogenology*. 22:59-65 (1984).
- Beam, S.W. and Butler, W.R.: Ovulatory follicular development during the first follicular wave postpartum in cows differing in energy balance. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1): 77 (1994).
- Bergfelt, D.R., Bo, G.A., Adams, G.P., Pierson, R.A. and Mapletoft, R.J.: Synchronization of follicular wave emergence for superovulation in cattle. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):81 (1994).
- Bernal, G.: Técnicas para evaluar el perfil metabólico. En: Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. Castellanos, R.A., Llamas, L.G. y Shimada, A., 212-230. Ed. *Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México*, A.C. México, D.F., México (1990).
- Bishop, D.K. and Wettemann, R.P.: Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates luteal activity in nutritionally anestrous beef cows. *J. Anim. Sci.* 71:2714 (1993).
- Britt, J.H. y Roche, J.F.: Inducción y sincronización de la ovulación. En: Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Ed. Interamericana. México. pp:521-534 (1985).

- Broadbent, P.J., Stewart, M. and Dolman, D.F.: Recipient management and embryo transfer. *Theriogenology*. 35:125-139 (1991).
- Burns, P.D., Spitzer, J.C., Henricks, D.M. and Burns, G.L.: Effects of dietary energy restriction on follicular and corpora lutea development in non-lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):76 (1994).
- Butler, W.R. and Elrod, C.C.: Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. AIBIR. *Sexto Congreso Internacional de Reproducción Bovina*. México, D.F. pp.20-27 (1995).
- Castañeda, M.O.G.: Conectividad en la evaluación genética de ganado de doble propósito en México y utilización de sementales de referencia en los programas de mejoramiento. Tesis de Maestría. FMVZ, UNAM. México (1997).
- Castellanos, R.A.G., Rubio, G.I., Castillo, G.E., Galina, H.C.S. y Martínez, A.A.: Efecto del nivel de complementación sobre la fertilidad en novillonas Brahman en un clima cálido-húmedo AF (m). *Vet. Méx.* 26 (Suppl 2):325 (1995).
- Corro, M.M., Basurto, H., Livas, F. y Porras, A.: Efecto de la suplementación mineral pre-parto sobre el comportamiento reproductivo post-parto. Memoria Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Guadalajara, Jalisco, México. p.179 (1993).
- Choudary, J.B., Gier, H.T. and Marion, G.B.: Cyclic changes in bovine vesicular follicles. *J. Anim. Sci.* 27:468-471 (1968).
- Dziuk, P.J. and Bellows, R.A.: Management of reproduction of beef, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 2):355-362 (1983).
- Dziuk, P.J. and Cook, B.: Passages of steroids through silicone rubber. *Endocrinology*. 78:208-211 (1966).
- Donaldson L.E. and Handsel, W. Cystic corpora lutea and normal and cystic Graffian follicles. *Australian Veterinary Journal*. 44: 304-310 (1968).
- Dufour, J., Whitmore, H.L., Ginther, O.J. and Casida, L.E.: Identification of the ovulation follicle by its size on different days of the estrus cycle. *J. Anim. Sci.* 34:85-92 (1972).
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G.: A body condition scoring chart for Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78 (1989).
- Fallas, M.R., Zarco, Q.L., Galina, C.S. y Basurto, H.: Efecto del amamantamiento sobre la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Holstein x Indobrasil) en dos tipos de pasto. Memorias. Reunión de Investigación Pecuaria en México. pp.348-349 (1987).
- Ferguson, J.D.: Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet. Clinics of North Amer.:* *Food Anim. Pract.* 7:483-507 (1991).
- FIRA. Oportunidades de desarrollo de la lechería en México. Boletín informativo. 294 (29):6 (1997).
- Floyd, J.G. and Giménez, D.: Estrus synchronization programs in beef herds. Publications of Animal and Dairy Science at Auburn University. ANR 1027 (1997).
- Fortune, J.E.: Bovine theca and granulosa cells interact to promote androgen production. *Biol. Reprod.* 35: 292-299 (1986).
- Gaines, J.: The relationship between nutrition and fertility in dairy herds. *Food Anim. Pract. Vet. Med.* 10:997-1002 (1989).
- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and Calving Intervals. *Anim. Breed. Abst.* 57: 679-686 (1989a).

- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics. 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abst.* 57:889-910 (1989b).
- Galina, C.S. and Arthur, G.H. Review of cattle reproduction in the tropics, 5. Fertilization and Pregnancy. *Anim. Breed. Abst.* 58:805-813 (1990).
- Galina, C.S., Murcia, C., Beatty, A., Navarro-Fierro, R., Porras, A.: Reproductive performance of Zebu Cattle in Mexico. Proceedings, Final Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA Coordinated Research Programme entitled "Regional network for improving the reproductive management of milk and meat-producing livestock in Latin America with the aid of radio-immunoassay techniques", September 19-23, Bogotá, Colombia (1989).
- Galina, C.S., Orihuela, A., Duchateau, A. and Navarro-Fierro, R.: Reproductive performance of Zebu cattle in Mexico using artificial insemination. *Vet. Clinics of North Amer.* 3:619-632 (1987).
- García, B.C. y Montemayor, D.: Importancia de la suplementación mineral en la productividad de bovinos en pastoreo. Memoria V Simposium Internacional sobre Ganadería. Mejoramiento genético a través de inseminación artificial y transferencia de embriones. Chihuahua, México. pp.1-23. (1987).
- Garverick, H.A. and Smith, M.F.: Mechanisms associated with subnormal luteal function. *J. Anim. Sci.* 19:209 (1989).
- Gauthier, D.: Influence of nutrition on prepartum plasma levels of progesterone and total estrogens and postpartum plasma levels of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in suckling cows. *Anim. Prod.* 37:84-96 (1983).
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P. and Knopf, L.: Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187-200 (1989).
- González, P.E.: Comportamiento reproductivo de vacas con aumentos de peso controlado antes y después del parto. *Tec. Pec. Méx.* 36:40-45 (1979).
- González, P.E.: Situación actual y perspectivas de la producción de leche en la ganadería de doble propósito en las regiones tropicales. XVI Simposium de Ganadería Tropical. SARH-INIFAP. pp.1 (1993).
- González, P.E., Ruiz, D.R. y Wiltbank, J.N.: Inducción y sincronización del estro en vaquillas prepúberes mediante la administración de estrógenos y progestágenos. *Tec. Pec. Méx.* 28:17-22 (1975).
- Gordon, K., Renfree, M.B., Short, R.V. and Clarke, I.J.: Hypothalamo-pituitary portal blood concentrations of β -endorphin during suckling in the ewe. *J. Reprod. and Fertil.* 79:397-408 (1987).
- Guilbault, L.A., Bolamba, D., Desaulniers, D.M. and Lussier, J.G.: Follicular and hormonal events associated with the transient increase in estradiol concentration during the first wave of follicular development in cattle. *Theriogenology.* 39:228-235 (1993).
- Gutiérrez, C., Galina, C., Zarco, L. and Rubio, I.: Patterns of follicular growth during prepuberal anoestrus and transition from anoestrus to oestrus cycles in *Bos indicus* heifers. *Adv. Agric. Res.* 3:001-011 (1994).
- Hasler, J.F., McCauley, A.D., Schermerhorn, E.C. and Foote, R.H.: Superovulatory response of Holstein cows. *Theriogenology.* 19:83-89 (1983).

- Heersche, G., Kiracofe, G., Debenedetti, R., Wen, S. and Mckee, R.: Synchronization of estrus in beef heifers and Norgestomet implant and prostaglandin F_{2α}. *Theriogenology*. 11:197-208 (1979).
- Hippen, H.E. y Escobar, F.J.: Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo. *Vet. Méx.* 15:83-92 (1984).
- Holroyd, R.G., Allen, P.J. and O'Rourke, P.K.: Effect of pasture type and supplementary feeding on the reproductive performance of cattle in the dry tropics of north Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husbandry*. 17:197-206 (1977).
- Hopkins, S.M. Bovine anestrous. In Morrow, D.A. (Ed.): *Current Therapy in Theriogenology*. Philadelphia. W.B. Saunders Company. pp: 247-250 (1980).
- Houghton, P.L., Lemenager, R.P., Hendrix, K.S., Moss, G.E. and Stewart, T.S.: Effects of body composition, pre – and postpartum energy intake and stage of production on energy utilization by beef cows. *J. Anim. Sci.* 68:1447-1456 (1990).
- Inskeep, E.K., Braden, T.D. and Lewis, P.E.: Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biol. Reprod.* 38:587 (1988).
- Ireland, J.J. and Roche, J.F.: Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. *J. Reprod. Fert.* 64:295-302 (1982).
- Ireland, J.J., Coulson, P.B. and Murphree, R.L.: Follicular development during four stages of the estrus cycle of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 49:1261-1269 (1979).
- Iturbide, C.A.: La nutrición y su importancia en la reproducción. Compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Vol I, CATIE, Turrialba, Costa Rica (1989).
- Jaeger, J.R., Olson, K.C., Corah, L.R. and Beal, W.E.: Prostaglandin F_{2α} and naloxone therapy in the anoestrus postpartum beef cows. *Theriogenology*. 43:657-666 (1995).
- Jolly, P.D., McSweeney, C.S., Schlink, A.C., Houston, E.M. and Entwistle, K.W.: Reducing post-partum anoestrous interval in first-calf *Bos indicus* crossbred beef heifers III. Effect of nutrition on responses to weaning and associated variation in metabolic hormone levels. *Aus. J. Agric. Res.* 47: 927-942 (1996).
- Kastelic, J.P., Ko, J.C.H. and Ginther, O.J.: Suppression of dominant and subordinated ovarian follicles by a proteinaceous fraction of follicular fluid in heifers. *Theriogenology*. 34:499-506 (1990).
- Kesler, D.J. and Troxel, T.R.: Estrus synchronization in cattle. *Vet. Prof. Topics: Cattle* 9:1-6 (1983).
- King, G.J. and Saballo, A.: Ovulations prior to the rebreeding period improve fertility on beef cows. *Proc. 10th Int. Cong. Anim. Reprod. A. I. Urbana – Champaign, IL* 3:3 (1991).
- Laflamme, L.F. and Connor, M.L.: Effect of postpartum nutrition and cow body condition at parturition on subsequent performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 843-851 (1992).
- Lammond, D.R.: Synchronization of ovarian cycles in sheep and cattle. *Anim. Breed. Abst.* 32:269-285 (1964).

- Lobo, R.B., Duarte, F.A.M. and Goncalves, A.A.M.: Genetic and environmental effects of milk yield of Pitangueiras Cattle. *Anim. Prod.* 39:157 (1984).
- Lowman, B.G.: Review of research work into factors influencing fertility in beef cows. Meeting for JCO Cattle Committee. *East of Scotland College of Agric.* U.K. (Mimeo., 1982).
- Lowman, B.G., Scott, N.A. and Somerville, S.H.: Condition scoring of cattle. Bull. No. 6. *East of Scotland College of Agric., Anim. Prod., Advisory Dev. Dept.* U.K. (1976).
- Lucy, M.C., Savio, J.D., Badinga, L., De La Sota, R.L. and Thatcher, W.W.: Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci.* 70:3615-3626 (1992).
- Lussier, J., Dufour, J.J. and Matton, P.: Growth rates of follicles in the bovine ovary. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl. 1):353-356 (1983).
- Malven, P.V., Parfet, J.R., Gregg, D.W., Allrich, R.D. and Moss, G.E.: Relationships among concentrations of opioid neuropeptides and luteinizing hormone in neural tissues of beef cows following early weaning. *J. Anim. Sci.* 62:723-733 (1986).
- Matton, P., Adlakoun, V., Couture, Y. and Dufour, J.J.: Growth and replacement of the bovine ovarian follicles during the estrus cycle. *J. Anim. Sci.* 52:813-819 (1981).
- McDougall, S., Burke, C.R., Macmillan, K.L., Williamsom, N.B.: Patterns of follicular development during periods of anovulation in pasture-fed dairy cows after calving. *Res. Vet. Sci.* 58: 212-216 (1995).
- McDowell, L.R., Conrad, J.H., Ellis, G.L. and Loosli, J.E.: Minerals for grazing ruminants in tropical regions. *Bulletin of Dept. of Anim. Sci. Center for Tropical Agric.* Univ. of Florida and The U.S. Agency for International Development. USA. (1983).
- McDowell, R.E.: Dairying with improved breeds in warm climates. *Kinnickinnic Agri-Sultants, Inc.* Ed. pp.23-54 (1994).
- McGrath, A.B., Looney, C.R., Buntzer, J.S., Oden, A.J. and Massey, J.M.: Comparison of Norgestomet and Prostaglandin F_{2α} (PGF) for estrus synchronization of recipients nursing embryo transfer (ET) calves. *Theriogenology.* 23:207-212 (1985).
- McSweeney, C.S., Kennedy, P.M., D'Occhio, M.J., Fitzpatrick, L.A., Reid, D. and Entwistle, K.W.: Reducing post-partum anoestrus interval in the first-calf *Bos indicus* crossbreed beef heifers. 2. Responses to weaning and supplementation. *Aust. J. Agric. Res.* 44:1079-1092 (1993).
- Merz, E.A., Hauser, E.R. and England, B.G.: Ovarian function in the cycling cow: relationship between gonadotropin binding to the theca and granulosa and steroidogenesis in individual follicles. *J. Anim. Sci.* 52:1457-1463 (1981).
- Monniaux, D., Chupin, D. and Saumande, J.: Superovulatory response of cattle. *Theriogenology.* 19:55-61 (1983).
- Moro, J., Castañeda, O.G., Ruiz, F. y Román, H. Aplicación de un sistema de registro de la producción en ganaderías de doble propósito. VII Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del estado de Veracruz. Veracruz, México. 1994.
- Munro, R.K. and Moore, M.W.: Plasma concentration of progesterone in ovariectomized and prepubertal heifers following intravaginal and intramuscular injection of progesterone. *Anim. Reprod. Sci.* 11:81 (1986).
- Murphy, M.G., Enright, W.J., Crowe, M.A., McConnell, K., Spicer, L.J., Boland, M.P. and Roche, J.F.: Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycles in beef heifers. *J. Reprod. Fert.* 92:333-338 (1991).

- Odde, K.G. A review of synchronization of estrous in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 817-830 (1990).
- Patel, R.D. and Patel, B.M.: Increase in the milk production of cows due to suckling of calves. *Indian J. Dairy Sci.* 16:126 (1973).
- Peters, A.R.: Hormonal control of the bovine oestrus cycle II. Pharmacological principles. *Br. Vet. J.* 142:20-29 (1986).
- Pierson, R.A. and Ginther, O.J.: Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology.* 21:495 (1984).
- Plasse, D.: Factores que influyen la eficiencia reproductiva de bovinos de carne en América Latina tropical y estrategias para mejorarlo. Memorias del IV Curso sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp.1-51 (1988).
- Pursley, J.R., Mee, M.O., Brown, M.D. and Wiltbank, M.C.: Synchronization of ovulation in dairy cattle using GnRH and PGF_{2α}. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):230 (1994).
- Rahe, C.H., Owens, R.E., Fleeger, J.L., Newton, H.J. and Harms, P.G.: Pattern of plasma luteinizing hormone in the cyclic cow: dependence upon the period of the cycle. *Endocrinology.* 107: 498-503 (1980).
- Rajakoski, R.: The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal cyclical and left-right variations. *Acta Endocrinol.* 52:7-67 (1960).
- Ramírez Iglesia, L., Soto Balloso, E., Gonzalez Stangnaro, C., Soto Castillo, G. and Rincon Urdaneta, E.: Factors affecting postpartum ovarian activity in crossbred primiparous tropical heifers. *Theriogenology.* 38:449-460 (1992).
- Randel, R.D.: Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853 (1990).
- Richards, M.W., Gisert, R.D., Rice, L.E., Buchanam, L.S. and Castree, J.W.: Influence of Synchronate B and breed composition on oestrus response and pregnancy rate in spring and fall-breed Brahman crossbreed beef cows. *Theriogenology.* 29:951-960 (1988).
- Richards, M.W., Spitzer, J.C. and Warner, M.B.: Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62:300-306 (1986).
- Richards, M.W., Wettemann, R.P. and Schoenemann, H.M. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:1520-1526 (1989a).
- Richards, M.W., Wettemann, R.P. and Schoenemann, H.M. Nutritional anestrus in beef cows: concentrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. *J. Anim. Sci.* 67:2354-2362 (1989b).
- Roberson, M.S., Stumpf, T.T., Wolfe, M.W., Cupp, A.S., Kojima, N., Werth, L.A., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Circulating gonadotrophins during of restricted energy intake in relation to body condition in heifers. *J. Reprod. Fert.* 96:461-469 (1992).
- Roberts, S.J.: Veterinary Obstetrics and Genital Diseases. *Theriogenology.* Publicado por el autor. Woodstock, Vermont. 1986.
- Robinson, J.J.: Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr. Res. Rev.* 3:267-268 (1990).
- Roche, J.F.: Effect of short-term progesterone treatment on oestrous response and fertility in heifers. *J. Reprod. Fert.* 40:433-440 (1974).
- Roche, J.F., Crowe, M.A. and Boland, M.P.: Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28:371-378 (1992).

- Rund, L.A., Leshin, L.S., Thompson, F.N., Rampaceck, G.B. and Kiser, T.E.: Influence of the ovary and suckling on luteinizing hormone response to naloxone in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 67:1527-1531 (1989).
- Rutter, L.M. and Randel, R.D.: Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265-274 (1984).
- Sasser, R.G., Williams, R.J., Bull, R.C., Ruder, C.A. and Falk, D.G.: Postpartum reproductive performance in crude protein-restricted beef cows: return to estrus and conception. *J. Anim. Sci.* 66:3033-3039 (1988).
- Savio, J.D., Boland, M.P., Hynes, N. and Roche, J.F.: Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 88:569-579 (1990).
- Schallenberger, E.: Gonadotrophins and ovarian esterooids in cattle. III Pulsatil changes of gonadotrophin concentrations in the jugular vein postpartum. *Acta Endocrinologica.* 109: 37-43 (1985).
- Schmitt, E.J.P., Drost, M., Díaz, T.C., Roomes, C. and Thatcher, W.W.: Effect of GnRH agonists follicle recruitment and pregnancy rate in cattle. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):230 (1994).
- Shively, T.E. and Williams, G.L.: Patterns of tonic luteinizing hormone release and ovulation frequency in suckled anestrous beef cattle cows following varying intervals of temporary weaning. *Dom. Anim. Endocrinol.* 6(4):379-387 (1989).
- Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli and Custer, E.E.: Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816 (1990).
- Sirois, J. and Fortune, J.E.: Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317 (1988).
- Sirois, J. and Fortune, J.E.: Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology.* 127:916-925 (1990).
- Smith, M.F., Burrell, W.C., Shipp, L.D., Sprott, L.R., Songster, W.N. and Wiltbank, J.N.: Hormone treatment and use of calf removal in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 48:1285-1294 (1979).
- Smith, M.F., Lishman, A., Lewis, G., Harms, P., Ellersick, M., Inskeep, E., Wiltbank, J. and Amos, M.: Pituitary and ovarian responses to gonadotropin releasing hormone, calf removal and progesterone in anestrous beef cows. *J. Anim. Sci.* 57:418-424 (1983).
- Spicer, L.J. and Echternkamp, S.E.: Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 62:428-451 (1986).
- Spitzer, J.C., Burrell, N.C., Lefever, D.G., Whitman, R.W. and Wiltbank, J.N.: Synchronization of oestrus in beef cattle I. Utilization of a Norgestomet implant and injection of estradiol valerate. *Theriogenology.* 10:181-200 (1978a).
- Spitzer, J.C., Jones, D.L., Miksch, E.D. and Wiltbank, J.N.: Synchronization of oestrus in beef cattle III. Field trials in heifers using Norgestomet implant and injections of Norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology.* 10:223-229 (1978b).
- Sreenan, J.M., Mulvehill, P. and Gosling, J.: The effects of progesterone and oestrogen treatment in heifers on oestrous cycle control and plasma progesterone levels. *Vet. Rec.* 101:314 (1977).

- Stevenson, J.S., Lucy, M.C. and Call, E.P.: Failure of timed inseminations and associated luteal function in dairy cattle after two injections of prostaglandin F₂ alpha. *Theriogenology*. 26:937 (1987).
- Stumpf, T.T., Wolfe, M.W., Day, M.L., Stotts, J.A., Wolfe, P.L., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Effect of 17 β -estradiol on the preovulatory surge of LH in the bovine female. *Theriogenology*. 36: 201-207 (1991).
- Syrstad, O.: Dairy cattle crossbreeding in the tropics. The importance of genotype x environmental interactions. *Livest. Prod. Sci.* 24:109 (1990).
- Tegegne, A., Entwistle, K.W. and Mukasa-Mugerwa, E.: Effects of supplementary feeding and suckling intensity on postpartum reproductive performance of Small East African Zebu Cows. *Theriogenology*. 38:97-106 (1992).
- Tegegne, A., Entwistle, K.W. and Mukasa-Mugerwa, E.: Plasma progesterone and blood metabolite profiles in postpartum Small East African Zebu Cows. *Anim. Trop. Hlth. Prod.* 25:101-110 (1993).
- Teodoro, R.L.; Lemos, A.M., Barbosa, R.T. and Madalena, F.E.: Comparative performance of six Holstein Friesian x Guzarat Grades in Brazil. 2. Traits related to the onset of the sexual function. *Anim. Prod.* 38:165 (1984).
- Thorpe, W., Kang'ethe, P., Rege, J.E.O., Mosi, R.O., Mwandotto, B.A.J. and Njuguna, P.: Crossbreeding Ayrshire, Friesian and Sahiwal Cattle for milk yield and preweaning traits of progenie in the semiarid tropics of Kenya. *J. Anim. Sci.* 76:2001 (1993).
- Totusek, R., Arnett, D.W., Holland, G.L. and Whiteman, J.V.: Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef and calf gain. *J. Anim. Sci.* 37:153-158 (1973).
- Ugarte, J. y Preston, T.R.: Amamantamiento restringido una o dos veces al día sobre la producción de leche y el desarrollo de los terneros. *Revta. Cub. Cienc. Agric.* 6:185-194 (1972).
- Vaccaro, L. and López, D.: Genetic improvement of dual purpose cattle in Latin America. *Animal Genetic Resources Information*. FAO. pp.15-32 (1995).
- Villegas, C.M.C. y Román, P.H.E.: Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Téc. Pec. Méx.* 51:51 (1986).
- Walters, D.L., Smith, M.F., Harms, P.G. and Wiltbank, J.M.: Effect of steroids and/or 48 h calf removal on serum luteinizing hormone concentrations in anestrus beef cows. *Theriogenology* 18:349-356 (1982).
- Wettemann, R.P. Precalving nutrition/ Birth weight interaction and rebreeding efficiency. *Animal Science Research Report*. Oklahoma State University (1994).
- Wettemann, R.P., Hill, G.N., Boyd, M.E., Spitzer, J.C., Forrest, D.W. and Beal, W.E.: Reproductive performance of postpartum beef cows after short-term calf separation and dietary energy and protein supplementation. *Theriogenology*. 26:433 (1986).
- Whitman, R.W.: Weight changes, body condition and beef cow reproduction. Ph.D. Dissertation, *Colorado State Univ.*, Fort Collins (1975).
- Williams, G.L.: Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *J. Anim. Sci.* 67:785-793 (1989).
- Williams, G.L.: Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A Review. *J. Anim. Sci* 68:831-852 (1990).

- Wiltbank, J.N.: Short breeding periods with the aid of estrus synchronization. *Proc. of the range beef cow*. A symposium on production. Chadron, Nebraska pp. 45-53 (1969).
- Wiltbank, J.N., Rowden, W.W., Ingalls, J.E. and Zimmerman, D.R.: Influence of postpartum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake before calving. *J. Anim. Sci.* 23:1049 (1964).
- Wishart, D.F., Young, I.M. and Drew, S.B.: A comparison between the pregnancy rates of heifers inseminated once or twice after progestin treatment. *Vet. Rec.* 101:230-231 (1977).
- Wright, I.A., Rhind, S.M., Russel, A.J.F., Whyte, T.K., McBean, A.J. and McMillen, S.R.: Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrus period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim. Prod.* 45:395-402 (1987).
- Wright, P. and Malmo, J.: Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet. Clinics North Amer.: Food Anim. Pract.* 8(1):60-64 (1992).

EXPERIMENTO I

EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA CICLICIDAD Y DE LA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN EL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO Y PRODUCTIVO DE VACAS DE DOBLE PROPÓSITO.

Montiel F., Galina C.S. y Castañeda, M.O.G.

RESUMEN

Con el objeto de determinar el efecto de la inducción a la ciclicidad y de la complementación alimenticia en la reproducción y producción de hembras *Bos taurus x Bos indicus* anéstricas, en dos épocas del año, bajo condiciones de pastoreo, en la región centro-norte del estado de Veracruz, México, se realizó un experimento dividido en dos partes. En la primera se utilizaron 254 vacas (114 en época de secas y 140 en época de lluvias) vacías y lactantes, localizadas en 42 ranchos. En la segunda parte, se usaron 80 vacas (40 en época de secas y 40 en época de lluvias) localizadas en 16 fincas. Las vacas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2⁴, siendo los efectos, época del año (secas y lluvias), condición corporal (baja y alta), complementación alimenticia (con y sin complemento) e inducción a la ciclicidad (con y sin Synchronate B). En el día 0 del estudio, la mitad de las hembras con condición corporal baja y alta fueron complementadas, ofreciéndose diariamente el 1% del peso vivo (MS) de un concentrado que contenía 2.84 Mcal/kg de ED y 16% de proteína cruda durante 45 días. Al día 10 del estudio, la tercera parte de las hembras con y sin complementación fueron inducidas a la ciclicidad con un implante auricular de SMB, el cual permaneció durante 9 días *in situ*. La detección de estros se realizó a partir de las 24 h después del retiro del implante y las vacas detectadas en estro fueron servidas a través de inseminación artificial. El diagnóstico de gestación se realizó al día 30 post-inseminación, mediante ultrasonografía. En la segunda parte del experimento, a todas las hembras una semana antes del tratamiento con SMB se les realizó una ultrasonografía cada tercer día, y durante el tratamiento con SMB, una ultrasonografía con el mismo intervalo de tiempo. Asimismo, se les recolectaron muestras de leche los mismos días de la inspección ultrasonográfica para diagnóstico de progesterona. Los

resultados se analizaron a través de PROC CATMOD y PROC GLM disponibles en el programa estadístico SAS. En la primera parte del experimento, la tasa general de inducción al estro observada con y sin SMB dentro de las 36 a 48 h post-retiro del implante fue del 90.3% para la época de secas y 80% para la época de lluvias ($P < 0.05$), mientras que en la segunda parte del experimento fue de 80 y 62.5%, respectivamente ($P < 0.05$). No se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) debidas a la condición corporal o a la complementación alimenticia. El efecto de la inducción a la ciclicidad fue significativo ($P < 0.05$) en las dos partes del experimento. En la primera, la tasa general de gestación obtenida a primer servicio fue del 21.9 y 29.3% en época de secas y época de lluvias, respectivamente ($P > 0.05$), mientras que en la segunda fue de 27.5 y 25%, respectivamente ($P > 0.05$). La tasa de gestación en los grupos con SMB fue mayor ($P < 0.05$) con respecto a los grupos sin SMB en las dos partes del experimento. En la segunda parte, no se encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la actividad ovárica y concentraciones de progesterona láctea ($P > 0.05$).

(Palabras clave: Complementación, Inducción, Condición corporal, Ganado de doble propósito, Trópico)

INTRODUCCIÓN

El sistema que ha caracterizado a la ganadería lechera tropical es el denominado de “doble propósito”, el cual tiene la finalidad de satisfacer necesidades en la producción de leche y carne, que se adapta esencialmente por la elasticidad que representa el vender los excedentes de leche fluida o destinarlos a la crianza del becerro cuando las condiciones ambientales y de escasa infraestructura evitan que se ordeñe, o bien que el producto salga hacia los centros de consumo (Ruan y Romero, 1989). Este tipo de ganado es muy popular entre los pequeños y medianos productores, que tienen un sistema generalmente basado en pastoreo y ordeño manual con el becerro al pie (Hippen y Escobar, 1984). El tipo de ganado utilizado bajo este sistema son cruza de razas europeas (*Bos taurus*) y Cebú (*Bos indicus*). Sin embargo, hay una amplia variación en la adopción de nueva tecnología, particularmente en lo relacionado con el manejo de las pasturas, complementación alimenticia, control de la salud y el manejo en general (Vaccaro y López, 1995).

El anestro post-parto (>150 días) es el principal problema en vacas que habitan las regiones tropicales de México (Rivera *et al.*, 1989), siendo la mayor limitante que impide alcanzar la meta ideal de los 12 meses de intervalo entre partos. Esta situación depende en gran medida del restablecimiento de la actividad ovárica post-parto, que a su vez depende de la condición corporal, prácticas de amamantamiento, producción de leche y enfermedades (Galina y Arthur, 1989).

Aunque en los últimos años se ha incrementado la utilización de concentrados comerciales y/o subproductos agrícolas en estas regiones de clima tropical, la limitante más importante de los sistemas de producción sigue siendo el manejo inadecuado de la nutrición. Por lo tanto, es de especial interés procurar en los países tropicales el monitoreo de la condición corporal y el balance de energía en el animal con base en los nutrientes disponibles en la dieta, con relación al nivel óptimo requerido para su producción.

Lucy *et al.* (1992) señalan que más investigación es necesaria con relación a la dinámica folicular de las vacas post-parto a fin de esclarecer la relación entre el consumo de energía, lactancia y función folicular. Existe evidencia en ganado lechero de que para mantener o incrementar la producción de leche, los productores a menudo proporcionan

proteína en exceso en la dieta a partir de las recomendaciones o requerimientos (Butler y Elrod, 1995).

Asimismo, es posible que exista una relación entre la dinámica folicular y el nivel nutricional del ganado, haciendo suponer que vacas de doble propósito en anestro con condición corporal baja manifiesten espontáneamente celo, siendo éste de fertilidad baja debido a una pobre nutrición por estar en pastoreo. Sin embargo, no se sabe con certeza si el inducir a la ciclicidad y proporcionar una complementación alimenticia a estas hembras afectaría su rendimiento reproductivo dentro de explotaciones comerciales.

HIPÓTESIS

Al utilizar una estrategia de inducción a la ciclicidad en combinación con la complementación alimenticia durante el anestro post-parto de vacas de doble propósito con condición corporal baja, durante la época de secas, se permitirá que inicie la dinámica folicular, ocurra la ovulación, se incrementen las tasas de gestación posteriores a los tratamientos y aumente sustancialmente la condición corporal con respecto a las de condición corporal alta. Sin embargo, este efecto será nulo o no significativo en la época de lluvias.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la inducción a la ciclicidad en combinación con la complementación alimenticia sobre el rendimiento reproductivo y productivo en vacas de doble propósito en el trópico húmedo mexicano.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la tasa de inducción a estro en época de secas y lluvias en hembras de doble propósito anéstricas con diferentes condiciones corporales.
2. Evaluar el efecto de la complementación alimenticia y la respuesta de la inducción a la ciclicidad sobre la condición corporal en vacas de doble propósito.
3. Caracterizar los cambios en la dinámica folicular antes y durante el tratamiento inductor a la ciclicidad a través de ultrasonografía.
4. Determinar el estado acíclico de las hembras a través de las concentraciones de progesterona láctea antes y durante el tratamiento con Norgestomet.
5. Evaluar la tasa de gestación en ambas épocas del año en vacas de doble propósito.

MATERIAL Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en 42 diferentes explotaciones comerciales de ganado de doble propósito, distribuidas de la siguiente manera: 27 fincas ubicadas en el municipio de Actopan y 15 en el municipio de Alto Lucero, ambos en el estado de Veracruz, México. El primero está localizado a 18° 27' latitud norte y 95° 21' longitud oeste, con clima Aw₂, temperatura promedio de 25.9°C y precipitación pluvial media de 1519.6 mm. El segundo se ubica a 20° 10' latitud norte y 97° 19' longitud oeste, con clima Aw₂, temperatura promedio de 24.4°C y precipitación pluvial de 954 mm (García, 1981).

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

En época de secas (enero-marzo) se manejaron 27 explotaciones, mientras que en época de lluvias (junio-agosto) se emplearon 15 explotaciones, teniendo cada fase de experimentación una duración de tres meses. Con el fin de facilitar la aplicación de la metodología, este experimento se dividió en dos partes. En la primera parte se aplicaron solamente procedimientos generales, mientras que en la segunda, además de éstos, se aplicaron también procedimientos particulares. Esto se debió principalmente a la dificultad de realizar la evaluación ultrasonográfica por el gran número de animales contemplados al inicio del estudio y su localización geográfica, y al alto costo de la prueba de radioinmunoensayo para la determinación de progesterona láctea.

TRATAMIENTOS

Las vacas anéstricas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2⁴ en la primera parte del experimento, y se utilizó este mismo diseño con 5 repeticiones por tratamiento en la segunda parte. Los efectos fueron época del año (secas y lluvias), condición corporal (baja y alta), complementación alimenticia (con y sin complemento) e inducción a la ciclicidad (con y sin Synchronate B [SMB]).

PRIMERA PARTE DEL EXPERIMENTO I

De los 327 animales originalmente seleccionados de los municipios de Actopan y Alto Lucero, Ver., en las épocas de secas y lluvias, fueron excluidas para la realización de los análisis estadísticos 73 vacas, que se encontraban ciclando al inicio del estudio, por presentar valores mayores de 2.5 nmol/L de progesterona láctea, y sólo fueron consideradas 254 vacas, de las cuales 114 y 140 se utilizaron en la época de secas y en la época de lluvias, respectivamente. Las hembras tenían una edad de 48 ± 9 meses y un peso promedio de 457 ± 40.7 Kg.

De acuerdo con la evaluación del estado nutricional, en época de secas se tuvieron 66 y 48 vacas con condición corporal baja y alta, respectivamente, mientras que en la época de lluvias se emplearon 68 y 72 hembras con condición corporal baja y alta, respectivamente.

En la época de secas, 35 de las hembras con condición corporal baja recibieron complementación alimenticia y 31 no la recibieron, mientras que los números para las de condición corporal alta fueron de 28 y 20, respectivamente. En la época de lluvias se tuvieron, respectivamente, 36 y 32 hembras con y sin complemento dentro de la condición corporal baja, mientras que 39 vacas con condición corporal alta lo recibieron y 33 no lo recibieron.

En la época de secas, las vacas con condición corporal baja y con complemento se dividieron en 25 hembras que recibieron SMB y 10 que no lo recibieron; las vacas con condición corporal baja y sin complemento se agruparon en 20 hembras con SMB y 11 sin SMB. De igual forma se hizo con las vacas con condición corporal alta y con complemento, quedando 19 con SMB y 9 sin SMB, mientras que para las de condición corporal alta sin complemento se tuvieron 14 hembras con SMB y 6 sin SMB. En la época de lluvias, 24 vacas con condición corporal baja y con complemento recibieron SMB y 12 no lo recibieron; las hembras con condición corporal baja y sin complemento se agruparon en 24 animales con SMB y 8 sin SMB. De las vacas con condición corporal alta y con complemento 29 recibieron SMB y 10 no lo recibieron, mientras que las de condición corporal alta y sin complemento fueron 26 con SMB y 7 sin SMB.

SEGUNDA PARTE DEL EXPERIMENTO I

Se utilizaron un total de 80 vacas de doble propósito, seleccionadas dentro de las 42 explotaciones participantes, incluyendo solamente 16 explotaciones de los municipios de Actopan y Alto Lucero, Ver.

PROCEDIMIENTOS GENERALES

CARACTERÍSTICAS Y MANEJO DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES

Las hembras inicialmente fueron identificadas conforme a los registros existentes en las diferentes explotaciones comerciales donde se llevaron a cabo las fases experimentales. Posteriormente, fueron identificadas con un arete y numeración progresiva de acuerdo con el orden de inclusión en el estudio; además, fueron examinadas a través de palpación rectal durante los primeros meses previos al estudio a fin de evaluar que se encontraran libres de patologías clínicas en el aparato genital, verificar la presencia de estructuras ováricas y posteriormente, por medio de ultrasonografía, se confirmó la evaluación inicial. Asimismo, fueron mantenidas bajo el manejo constante de cada explotación, con respecto a las condiciones de alimentación (pastoreo) y sanidad (desparasitación externa cada 21 días e interna cada 120 días y vacunaciones contra enfermedades comunes como derriengue, fiebre carbonosa, carbón sintomático y brucelosis).

La mayoría de las explotaciones emplean un sistema de amamantamiento restringido, tradicional en la zona, esto es, tener el becerro al pie para facilitar la bajada de la leche. Después del ordeño, se les permite a los becerros mamar la leche residual hasta el momento en que se termina de ordeñar al total de las vacas; posteriormente, los becerros son separados de las madres por un periodo de 4 horas para volverse a reunir otra vez por un periodo de media hora, tiempo en el cual los becerros pueden amamantarse libremente; después vuelven a ser separados para ser reunidos hasta el ordeño de la mañana siguiente.

Los animales se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo en praderas que promedian aproximadamente 100 ha sembradas con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), pangola (*Digitaria decumbens*), estando presentes algunos pastos nativos como el *Paspalum spp.* y

Axonopus spp., predominando las praderas mixtas dentro de las instalaciones de los productores ubicados en estas áreas del trópico.

CONDICIÓN CORPORAL

Se evaluó la condición corporal (CC) al inicio del estudio para posteriormente volverla a medir al final del mismo. A los animales con CC de 1 a 2.25 se les agrupó dentro de la categoría baja, y los que presentaron CC de 2.5 a 5 se agruparon en la categoría alta. Se utilizó la escala del 1 al 5 descrita por Edmonson *et al.* (1989), donde 1 es un animal emaciado y 5 es un animal gordo. Esta división se realizó con el propósito de identificar a los animales que tuvieran aumentos significativos en la condición corporal durante la fase experimental y así poder establecer la estrategia de complementación.

COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

Al inicio del experimento (día 0), a las hembras asignadas a la complementación alimenticia se les ofreció diariamente el 1.0% del peso vivo (MS) de un alimento comercial (Alpesur S.A. de C.V.), que contenía 2.84 Mcal/kg de energía digestible y 16% de proteína cruda, por 45 días.

INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

Al día 10 del experimento, las vacas asignadas al tratamiento inductor fueron inducidas a celo con la aplicación de 6 mg de Norgestomet, contenido en un implante de aplicación subcutánea, y una inyección intramuscular de 2 ml, conteniendo 5 mg de valerato de estradiol y 3 mg de Norgestomet. El implante permaneció *in situ* durante 9 días (SMB, Lab. Rhône Mérieux Mexicana, S.A. de C.V.).

DESTETE TEMPORAL

Al momento del retiro del implante de SMB los becerros fueron separados de sus madres por un lapso de 48 h y al término de este periodo regresaron a su manejo tradicional. Este tipo de destete se hizo por recomendación del laboratorio fabricante del

implante utilizado y con la finalidad de inducir la liberación de LH y provocar la ovulación en las hembras tratadas.

DETECCIÓN DE ESTROS

La observación de celos se realizó 24 h posteriores al retiro del implante auricular y se hizo de acuerdo al método empleado por cada explotación: tres veces al día por espacio de 30 a 60 min, donde una vaca fue considerada en estro si permitía por lo menos dos montas en los periodos de observación (Orihuela *et al.*, 1989).

INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

A las vacas se les dió servicio a través de inseminación artificial (IA) por un mismo técnico inseminador en un lapso de 12 h posteriores a la presentación del estro, y las hembras que presentaron nuevamente signos de estro (repetidoras) fueron servidas mediante I.A. o con un semental, excluyendo este servicio de los análisis estadísticos. A aquéllas que presentaron estro después del mes de marzo y agosto ya no se les dió servicio, concluyendo así las dos épocas del año.

DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN

El diagnóstico de gestación se realizó 30 días después del primer servicio de IA mediante estudios de ultrasonografía, y se confirmó al día 45 a través de palpación rectal.

PROCEDIMIENTOS PARTICULARES

EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA

Todas las vacas fueron examinadas cada tercer día durante siete días con el fin de caracterizar los cambios en las estructuras ováricas antes de iniciar la aplicación del agente farmacológico (SMB), además de monitorear los cambios en dichas estructuras que deben ocurrir debido a la acción de la progesterona sintética liberada por la aplicación del tratamiento descrito. Se utilizó un ultrasonido portátil Aloka 210 modelo SSD-210 XII con un transductor de 7.5 MHz, que se insertó vía rectal y se colocó a lo largo de la superficie

dorsal del cuerno del útero, posteriormente se realizaron movimientos laterales para examinar los ovarios. El tracto reproductivo no fue manipulado directamente antes o durante la examinación ultrasonográfica. Los folículos presentes fueron medidos para determinar el crecimiento diario de éstos, de acuerdo con la técnica previamente establecida por diversos autores (Sirois y Fortune, 1988; Ginther *et al.*, 1989; Taylor *et al.*, 1993).

DETERMINACIÓN DE PROGESTERONA LÁCTEA

Para confirmar la actividad ovárica, se obtuvieron de todas las vacas muestras de leche el mismo día de la evaluación ultrasonográfica; esto es, desde el inicio de los tratamientos hasta el día 7 y 21 después de la inseminación artificial, con la finalidad de detectar la funcionalidad del tratamiento inductor a la ciclicidad. Las muestras se tomaron antes de realizar el ordeño en un recipiente de 30 ml, el cual contenía una tableta con 100 mg de azida de sodio (0.1%) como conservador. Posteriormente, fueron centrifugadas a 2000 G durante 10 min para retirar la porción de grasa y se hicieron alícuotas con 2 ml, las cuales se congelaron a -20°C para su posterior análisis.

Los análisis de progesterona láctea se realizaron por duplicado a través de radioinmunoensayo en fase sólida (Srikandakumar *et al.*, 1986) en el Laboratorio de Radioinmunoensayo de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica "Torreón del Molino" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. La sensibilidad del método se definió como dos veces la desviación estándar de la media y ésta fue de 0.06 nmol/L al 11.9%. El coeficiente de variación interensayo a dosis baja fue de 2.35 ± 0.36 al 15.3%; en dosis alta fue de 20.4 ± 21.9 al 10.7%; el valor intraensayo a dosis baja fue de 2.37 ± 0.1 al 4.7% y en dosis alta, 17.8 ± 0.68 al 3.8%. Se consideró a una vaca en anestro cuando ésta mostraba dos valores consecutivos de progesterona inferiores a 2.5 nmol/L. La presencia de un cuerpo lúteo activo se determinó cuando la concentración de progesterona fue superior a 2.5 nmol/L.

VARIABLES EN ESTUDIO

Se estudió el efecto de la inducción a la ciclicidad en combinación con la complementación alimenticia sobre:

Rendimiento reproductivo: tasa general de inducción a estro (%), dinámica folicular (mm), concentraciones de progesterona láctea (nmol/L) y tasa general de gestación (%).

Rendimiento productivo: cambios significativos en condición corporal.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el presente estudio se analizaron estadísticamente las variables continuas de acuerdo a un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2^4 , siendo el factor A las dos épocas del año (secas y lluvias), el factor B las dos condiciones de cambio en la condición corporal (baja y alta), el factor C los dos niveles de complementación (con y sin complemento) y el factor D los dos niveles de inducción (con y sin SMB), resultando en 16 tratamientos con diferentes repeticiones por tratamiento en la primera parte del experimento y con 5 repeticiones por tratamiento en la segunda parte. Cuando fue necesario, se utilizó la prueba complementaria de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 para separar valores promedio. Se utilizó PROC GLM para variables continuas (dinámica folicular [mm], intervalos de tiempo, concentración de progesterona [nmol/L]), incluyendo un análisis de mediciones repetidas antes y durante el tratamiento inductor, y para el caso de las variables nominales u ordinales (inducidas o no inducidas a la ciclicidad, vacías y gestantes) se utilizó PROC CATMOD, disponibles estas pruebas en el paquete estadístico SAS (Gody y Smith, 1991). En este último procedimiento se empleó un análisis de regresión logística y estimación de máxima verosimilitud con un modelo para determinar los efectos principales y las interacciones que afectaban a las variables de respuesta. Dado que en las interacciones en progesterona láctea y ultrasonografías se diluían los efectos en los tratamientos, para expresar estos resultados sólo se consideraron los efectos principales.

Modelo estadístico: Modelo lineal factorial

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + E_j + S_k + I_l + CE_{ij} + CS_{ik} + ES_{jk} + CES_{ijk} + CI_{il} + EI_{jl} + CEI_{ijl} + SI_{kl} + CSI_{likl} + ESI_{jkl} + CESI_{ijkl} + E_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general de la variable de respuesta

C_i = Efecto de la i -ésima condición corporal, $i = 1, 2$

E_j = Efecto de la j -ésima época del año, $j = 1, 2$

S_k = Efecto de la k -ésima complementación alimenticia, $k = 1, 2$

I_l = Efecto de la l -ésima inducción, $l = 1, 2$

CE_{ij} = Efecto de la doble interacción

CEI_{ijl} = Efecto de la triple interacción

$CESI_{ijkl}$ = Efecto de la cuádruple interacción

E_{ijkl} = Error experimental

RESULTADOS

PRIMERA PARTE DEL EXPERIMENTO I

VARIABLES REPRODUCTIVAS

TASA DE INDUCCIÓN AL ESTRO

Se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año y el empleo del SMB ($P < 0.05$). La inducción al estro fue más exitosa en la época de secas (81%) y en los animales que recibieron SMB (98%). Las vacas que recibieron SMB tuvieron una tasa de inducción al estro de $98.1 \pm 3.8\%$, mayor ($P < 0.05$) que las hembras que no lo recibieron ($44.5 \pm 24.4\%$).

TASA DE GESTACIÓN

El análisis únicamente reveló diferencia estadística por el efecto del empleo del implante de SMB ($P < 0.05$). La tasa de gestación al primer servicio fue de $30.1 \pm 11.2\%$ por el uso de implante y de $15.7 \pm 11.2\%$ para los animales testigo.

VARIABLES PRODUCTIVAS

CONDICIÓN CORPORAL

En ambas épocas del año, el promedio de la CC baja y alta evaluada en las vacas al inicio del estudio fue de 1.9 ± 0.05 y 2.7 ± 0.1 , respectivamente, mientras que al final del estudio fue de 1.9 ± 0.18 y 2.4 ± 0.31 , respectivamente ($P > 0.05$).

SEGUNDA PARTE DEL EXPERIMENTO I

VARIABLES REPRODUCTIVAS

TASA DE INDUCCIÓN AL ESTRO

Únicamente se encontró diferencia estadística por efecto de la época del año y del empleo del SMB ($P < 0.05$). La tasa general de inducción al estro observada dentro de las 36 a 48 h después del retiro del implante fue del 80 y 62.5%, respectivamente, para época de secas y época de lluvias. Todas las vacas que recibieron el implante presentaron estro comparado con el $42.5 \pm 22.5\%$ de las vacas testigo.

TASA DE GESTACIÓN

Se encontró diferencia estadística por efecto de la condición corporal y el empleo del SMB ($P < 0.05$). La tasa de gestación fue mayor en las vacas con CC alta ($37.5 \pm 22.5\%$) que en las vacas con CC baja ($15 \pm 17.5\%$) y en las vacas que recibieron SMB (37.5 ± 22.5 vs. $15 \pm 17.7\%$ del grupo sin SMB).

ESTRUCTURAS OVÁRICAS

Con respecto a la talla folicular, el análisis no reveló diferencia estadística en las observaciones antes y durante el tratamiento con SMB ($P > 0.05$). Al evaluar los efectos principales, sólo se encontró diferencia estadística por efecto de época del año en las observaciones durante la acción del SMB, siendo la talla folicular en la época de secas menor (4.95 ± 0.01 mm) que en la época de lluvias (5.65 ± 0.01 mm) ($P < 0.05$).

PROGESTERONA LÁCTEA

No se encontró diferencia estadística antes ni durante el tratamiento inductor para ninguno de los efectos ($P > 0.05$). Al evaluar los efectos principales, se encontró que el empleo del SMB disminuyó los niveles de progesterona láctea en las cuatro observaciones (0.09 ± 0.01 nmol/L) con respecto a los grupos testigo (0.43 ± 0.01 nmol/L) ($P < 0.05$).

VARIABLES PRODUCTIVAS

CONDICIÓN CORPORAL

En ambas épocas del año, el promedio de la CC baja y alta evaluada al inicio del estudio fue de 1.9 ± 0.1 y 2.7 ± 0.2 , respectivamente, mientras que al final del estudio fue de 1.97 ± 0.1 y 2.4 ± 0.2 , respectivamente ($P > 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Butler, W.R. and Elrod, C.C.: Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. AIBIR. *Sexto Congreso Internacional de Reproducción Bovina*. México, D.F. pp.20-27 (1995).
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T and Webster, G.: A body condition scoring chart for Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78 (1989).
- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abst.* 57:889-910 (1989).
- García, E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp. 143-201 (1981).
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P. and Knopf, L.: Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187-200 (1989).
- Gody, R.P. and Smith, J.K.: Applied statistics and the SAS programming language. 3rd Ed. Prentice Hall, Englewood Cliff, N.J. USA. (1991).
- Hippen, H.E. y Escobar, F.J.: Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo. *Vet. Méx.* 15:83-92 (1984).
- Lucy, M.C., Savio, J.D., Badinga, L., De La Sota, R.L. and Thatcher, W.W.: Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci.* 70:3615-3626 (1992).
- Orihuela, A., Galina, C.S. and Duchateau, A.: The efficacy of detection and fertility synchronization with PGF2 alfa or Synchronate B in Zebu cattle. *Theriogenology.* 32:745-753 (1989).
- Rivera, J., Anta, E., Galina, C.S., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Vet. Méx.* 20:19-25 (1989).
- Ruan, T.R. y Romero, V.A.: Producción de carne y leche en el ganado de doble propósito. Memorias III Reunión Anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Veracruz, Ver. México. pp. 25-30 (1989).
- SAS. User's guide. Statistics. SAS Institute, Cary, N.C. USA. (1988).
- Sirois, J. and Fortune, J.E.: Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317 (1988).
- Srikandakumar, A., Ingraham, R.H., Ellsworth, M., Archbald, L.F., Liao, A. and Godke, R.A.: Comparison of solid-phase, no extraction radioimmunoassays for progesterone with and extraction assay for monitoring luteal function in the mare, bitch and cow. *Theriogenology.* 26:779-793 (1986).
- Taylor, C., Rajamahendran, R., and Walton, S.J. Ovarian follicular dynamics and plasma luteinizing hormone concentrations in norgestomet-treated heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 173-184 (1993).
- Vaccaro, L. and López, D.: Genetic improvement of dual purpose cattle in Latin America. Animal Genetic Resources Information. FAO. Pp.15-32 (1995).

EXPERIMENTO II

DINÁMICA FOLICULAR, TIEMPO DE OVULACIÓN Y TASAS DE GESTACIÓN EN VACAS *Bos taurus/Bos indicus* INDUCIDAS A LA CICLICIDAD CON NORGESTOMET EN EL TRÓPICO HÚMEDO. Montiel F., Galina C.S. y Castañeda, M.O.G.

RESUMEN

Con el objeto de determinar la dinámica folicular, tiempo de ovulación y tasas de gestación en hembras *Bos taurus/Bos indicus*, durante la época de secas y lluvias, con y sin complementación alimenticia y bajo celo inducido o natural en la zona centro del Estado de Veracruz, se utilizaron 48 vacas vacías en anestro y lactantes. Las vacas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2^3 con 6 repeticiones, siendo los efectos, época del año (secas y lluvias), complementación alimenticia (con y sin complemento) y tipo de celo (inducido y natural). Al día 0 del estudio, la mitad de las hembras con celo inducido y natural fueron complementadas diariamente con el 1% del peso vivo (MS) de un concentrado comercial con 3.84 Mcal/kg de ED y 19% de proteína cruda durante 45 días. Al día 10 del estudio, todas las hembras fueron inducidas y sincronizadas con un implante auricular de Synchronate-B (SMB), el cual permaneció 9 días *in situ*. A la detección de estros, las hembras se dividieron en celo inducido, que fueron servidas a través de inseminación artificial, y celo natural, a las cuales se les anotó el día del celo y fueron servidas en el segundo celo. En celo inducido se realizaron cuatro ultrasonografías antes y cinco durante el tratamiento con SMB, mientras que en el celo natural se realizaron ocho. Posteriormente, las ultrasonografías se hicieron en todas las vacas, cada 4 h iniciando al manifestar estro, para evaluar el tiempo de ovulación. El diagnóstico de gestación se realizó al día 30 post-inseminación artificial mediante ultrasonografía. Los resultados obtenidos se analizaron a través de PROC CATMOD y PROC GLM, disponibles en SAS. En la respuesta a la inducción de estros se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año y el tipo de celo ($P < 0.05$).

La tasa de inducción al estro fue mayor en la época de secas (83.3%) que en la época de lluvias (50%), y en las hembras inducidas ($87.5 \pm 16\%$) que en las de celo natural ($45.8 \pm 25\%$)($P < 0.05$). El tiempo de manifestación de celo post-retiro de implantes fue menor en la época de secas sin complementación alimenticia (29.2 ± 2.9 h) que en los demás tratamientos (37.8 ± 5.7 h) ($P < 0.05$). El tiempo promedio de ovulación post-detección de estro fue de 25 ± 1.7 h ($P > 0.05$). La tasa de gestación a primer servicio fue mayor en la época de secas (33.3%) que en la época de lluvias (4.16%) ($P < 0.05$). La talla folicular sólo fue afectada por la época del año antes de la acción del SMB en las hembras de celo inducido, siendo mayor en época de lluvias que en época de secas ($P < 0.05$). Ni la época del año ni la complementación alimenticia tuvieron efecto en la actividad folicular de las vacas en celo natural ($P > 0.05$). Se concluye que la inducción a la ciclicidad con Norgestomet mejora la fertilidad en época de secas, pero no en época de lluvias.

(Palabras clave: Ultrasonido, Ovulación, Anestro, Bovinos, Trópico)

INTRODUCCIÓN

El anestro post-parto es el intervalo durante el cual las vacas no presentan signos conductuales de estro o calor después de haber parido. Es, sin duda alguna, uno de los mayores problemas de infertilidad que existe en el ganado bovino de doble propósito, debido a su alta incidencia y a las pérdidas que de él se derivan. La condición de anestro está asociada a ovarios estáticos, de tal manera que aunque existe desarrollo folicular, ninguno de los folículos ováricos que inician su crecimiento durante esta fase alcanza su maduración para llegar a ovular. Como resultado del desarrollo incompleto de los folículos, la ovulación no ocurre mientras la condición de anestro esté vigente (Sirois y Fortune, 1988).

Se ha determinado que los factores más importantes que intervienen en el reinicio de la actividad ovárica post-parto son la nutrición y el amamantamiento; también se han propuesto diferentes causas de anestro entre las que destacan el número de partos, la raza de la vaca y la época del año en que ocurre el parto (Galina y Arthur, 1989; Williams, 1990). Cualquier otro elemento propuesto como agente causal de anestro post-parto no deja de ser sino un componente más que modula los efectos ejercidos por la alimentación y la presencia del becerro (Wettemann, 1994).

La interacción entre el parto, el amamantamiento, la ingestión de nutrientes, los cambios en el peso corporal y la condición corporal al parto afectan el intervalo de tiempo transcurrido desde el parto a la primera ovulación (Richards *et al.*, 1989). Fallas *et al.* (1987) reportaron que en animales Holstein x Cebú, el primer ciclo ocurre cerca de los 93 días post-parto, dependiendo del tipo de amamantamiento de los becerros. Ramírez Iglesia *et al.* (1992), encontraron que en animales de primer parto en clima tropical el primer estro post-parto ocurrió a los 56 ± 32 días, y la primera elevación de progesterona fue observada en el 50.8% de los animales a los 42 ± 27 días.

Con base en la información anterior, se pretende determinar la dinámica folicular, tiempo de ovulación y tasas de gestación bajo celo sincronizado y natural en hembras *Bos taurus/Bos indicus* anéstricas con y sin complementación alimenticia en época de secas y lluvias.

HIPÓTESIS

En época de secas, pero no de lluvias, el celo natural aunado a una estrategia de complementación alimenticia en vacas *Bos taurus/Bos indicus* bajo condiciones de pastoreo, modificará sustancialmente la dinámica folicular, tiempo de ovulación y tasa de gestación del hato en empadre inmediato con respecto a las hembras en celo inducido complementadas.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la complementación alimenticia sobre la dinámica folicular, tiempo de ovulación y tasas de gestación en vacas *Bos taurus/Bos indicus* inducidas a la ciclicidad con Norgestomet en el trópico húmedo, en ambas épocas del año.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Caracterizar los cambios en la dinámica folicular antes y durante el tratamiento inductor de estros a través de observaciones de ultrasonografía en vacas *Bos taurus/Bos indicus* en celo inducido.
2. Evaluar la dinámica folicular en un ciclo estral posterior al inducido (celo natural) en vacas *Bos taurus/Bos indicus*.
3. Determinar el tiempo de manifestación de estro después del retiro del implante de Norgestomet en vacas *Bos taurus/Bos indicus*.
4. Conocer el tiempo de ovulación post-detección de estros en hembras *Bos taurus/Bos indicus* en celo inducido y natural.
5. Determinar la tasa de inducción a estro en época de secas y lluvias en hembras *Bos taurus/Bos indicus* con diferentes condiciones corporales.
6. Evaluar la tasa de gestación en empadre inmediato en ambas épocas del año.

MATERIAL Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó en el municipio de Jamapa, situado cerca de la ciudad de Veracruz, la cual se encuentra localizada en la zona central del estado de Veracruz, México, a 19° 12' latitud norte y 96° 08' longitud oeste. El clima es tropical sub-húmedo, con una precipitación pluvial anual de 1677 mm, concentrada entre los meses de junio a octubre, y vientos del norte de octubre a mayo. La temperatura diaria promedio es de 23.4°C (García, 1981).

CARACTERÍSTICAS Y MANEJO DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES

Se seleccionaron de un hato comercial 48 hembras de doble propósito (*Bos taurus* x *Bos indicus*) vacías, en anestro y lactando, cuya edad y peso promedio fueron 4 años, con un rango entre 3 y 7 años, y 410 ± 57.9 kg, respectivamente.

Las hembras inicialmente fueron identificadas conforme a los registros existentes en la finca donde se realizó el estudio, obteniéndose la fecha de parto y número de partos. Posteriormente, fueron identificadas con un arete y numeración progresiva de acuerdo con los tratamientos. Además, las vacas fueron examinadas a través de palpación rectal al inicio del estudio a fin de evaluar que se encontraran libres de patologías clínicas en el aparato genital, así como para verificar el estado ovárico por medio de ultrasonografía para confirmar la evaluación inicial. Asimismo, se sujetaron al manejo rutinario de la explotación, con relación a las condiciones de alimentación (pastoreo rotacional) y sanidad (desparasitaciones externas cada 21 días e internas cada 120 días y vacunaciones contra enfermedades comunes de la zona como son derriengue, fiebre carbonosa, carbón sintomático y brucelosis).

El manejo de los becerros fue bajo un sistema de amamantamiento restringido, común en la zona, que consiste en tener al becerro al pie para facilitar la bajada de la leche. Después del ordeño se le permite al becerro mamar la leche residual hasta el momento en que se termina de ordeñar al total de las vacas. Posteriormente, los becerros son separados de las madres por un periodo de 4 h para volverlos a reunir por un periodo de media hora,

tiempo en el cual el becerro puede amamantarse libremente; después vuelven a ser separados para ser reunidos hasta el ordeño de la mañana siguiente.

Los animales se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo en praderas que promedian aproximadamente 100 ha sembradas con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*), guinea (*Panicum maximum*) e insurgente (*Brachiaria brizantha*), estando presentes algunos pastos nativos como el *Paspalum spp.* y *Axonopus spp.*, predominando las praderas mixtas dentro de las instalaciones de los productores ubicados en estas áreas del trópico.

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en época de secas (del 15 de abril al 30 de junio de 1998) y en época de lluvias (del 24 de septiembre al 5 de diciembre de 1998).

TRATAMIENTOS

Las vacas se distribuyeron en un arreglo factorial de 2³, con 6 repeticiones, siendo los efectos época del año (secas y lluvias), complementación alimenticia (con y sin complemento) y tipo de celo (inducido y natural).

COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

Al inicio del experimento (día 0), la mitad de las hembras con celo inducido (n=12) y celo natural (n=12) fueron complementadas, a razón de 1% de MS en base al peso corporal, con un concentrado comercial (Purina S.A. de C.V.), que contiene 3.84 Mcal/kg de energía digestible y 19% de proteína cruda, durante un periodo de 45 días. El resto de las hembras no recibieron complemento y fungieron como testigo.

INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

La inducción de estros se programó al día 10 de iniciado el estudio en todos los animales (n=48), con la aplicación de 6 mg de Norgestomet, contenido en un implante, que se administró por vía subcutánea, y una inyección intramuscular de 2 ml con 5 mg de

valerato de estradiol y 3 mg de Norgestomet (SMB, Lab. Rhone Mérieux Mexicana S.A. de C.V.). El implante permaneció *in situ* durante 9 días.

DINÁMICA FOLICULAR

Todas las vacas en los grupos de celo inducido fueron examinadas con ultrasonografía cada tercer día durante siete días, con el fin de caracterizar los cambios en las estructuras ováricas antes de iniciar la aplicación del agente farmacológico (SMB). Después de la aplicación se realizaron otras cinco ultrasonografías en diez días. Estos exámenes fueron hechos con el fin de monitorear los cambios en las estructuras ováricas que deben ocurrir debido a la acción de la progesterona sintética liberada por la aplicación del tratamiento descrito. En los grupos de celo natural se realizaron ocho evaluaciones ultrasonográficas durante el celo posterior al inducido. Se utilizó un ultrasonido portátil Pie Medical Scanner modelo Vet Scan 480, con un transductor de 7.5/5.0 Mhz, el cual se insertó por vía rectal y se colocó a lo largo de la superficie dorsal del cuerno del útero. Posteriormente, se realizaron movimientos laterales para examinar los ovarios. El tracto reproductivo no fue manipulado directamente antes o durante el examen ultrasonográfico. Los folículos presentes fueron medidos para determinar el crecimiento diario de éstos, de acuerdo a la técnica previamente establecida por diversos autores (Sirois y Fortune, 1988; Ginther *et al.*, 1989; Taylor *et al.*, 1993).

TIEMPO DE OVULACIÓN

Se utilizó la técnica de ultrasonografía por vía rectal para determinar el tiempo de ovulación. Esto es, se realizaron observaciones con un intervalo de 4 h a partir del momento en que las vacas de ambos grupos (celo inducido o natural) fueron detectadas en celo hasta la ovulación. Se utilizó el ultrasonido empleado en la dinámica folicular, el cual se insertó vía rectal para examinar los ovarios. El folículo dominante presente fue medido para determinar el crecimiento y el tiempo de ovulación, de acuerdo a la técnica previamente establecida (Pierson y Ginther 1984).

DESTETE TEMPORAL

Al momento del retiro del implante de SMB los becerros fueron “destetados” por un lapso de 48 h y al término de este periodo regresaron a su manejo tradicional. Este tipo de destete se hizo por recomendación del laboratorio fabricante del implante utilizado y con la finalidad de inducir la liberación de LH y provocar la ovulación en las hembras tratadas.

DETECCIÓN DE ESTROS

Se detectó el estro de forma continua durante 3 días, dando inicio 24 h después del retiro del implante en todas las hembras, utilizando para esto un toro marcador. A las hembras que se incluyeron en el grupo de celo natural se les dejó pasar el estro, registrándose solamente hora y día, observándose nuevamente el estro alrededor del día 17. Este manejo se realizó con el fin de facilitar la aplicación de la metodología establecida para este experimento, para obtener en forma compacta un grupo de hembras que manifestarán celo natural de manera sincronizada. En todos los casos, una vaca fue considerada en celo al permitir por lo menos dos montas en los periodos de observación (Orihuela *et al.*, 1989).

INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Todas las hembras fueron inseminadas por un mismo técnico en un lapso de 12 h posteriores a la presentación del estro y las vacas que presentaron nuevamente signos de estro (repetidoras) fueron servidas mediante inseminación artificial, excluyendo este servicio de los análisis estadísticos.

DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN

Se realizó en todas las hembras a los 30 días post-inseminación artificial, mediante ultrasonografía, y se confirmó a través de palpación rectal al día 45.

VARIABLES EN ESTUDIO

Se estudió el efecto de la complementación alimenticia sobre el rendimiento reproductivo: dinámica folicular, tiempo de ovulación (h), tiempo de manifestación de celo

post-retiro de implante (h) y tasa de gestación (%).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizó estadísticamente a las variables continuas de acuerdo con un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2^3 , siendo el factor A las 2 épocas del año (secas y lluvias), el B los 2 niveles de complementación alimenticia (con y sin complemento) y el C los 2 tipos de celo (inducido y natural), finalizando con 8 tratamientos con 6 repeticiones. Se utilizó PROC GLM (SAS, 1988) para variables continuas (horas y dinámica folicular [mm]), incluyendo un análisis de mediciones repetidas antes y durante el tratamiento inductor, y para separación de medias, la prueba de Tukey. Para las variables nominales u ordinales (vacías y gestantes), se utilizó PROC CATMOD, disponible también en el paquete estadístico SAS (Gody y Smith, 1991). En este último procedimiento se empleó un análisis de regresión logística y estimación de máxima verosimilitud con un modelo para determinar los efectos principales y las interacciones que afectaban las variables de respuesta. Dado que en las interacciones se diluían los efectos en los tratamientos, para expresar los resultados sólo se consideraron los efectos principales.

Modelo estadístico: Modelo lineal factorial

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + C_k + ES_{ij} + EC_{ik} + SC_{jk} + ESC_{ijk} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general de la variable de respuesta

E_i = Efecto de la i -ésima época del año, $i = 1, 2$

S_j = Efecto de la j -ésima complementación alimenticia, $j = 1, 2$

C_k = Efecto del k -ésimo tipo de celo, $k = 1, 2$

ES_{ij} = Efecto de la interacción época del año x nivel de complementación

EC_{ik} = Efecto de la interacción época del año x tipo de celo

SC_{jk} = Efecto de la interacción del nivel de complementación x tipo de celo

ESC_{ijk} = Efecto de la triple interacción

E_{ijk} = Error experimental

RESULTADOS

VARIABLES REPRODUCTIVAS

TASA DE INDUCCIÓN AL ESTRO

Se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año y el tipo de celo ($P < 0.05$). La tasa de inducción al estro fue mayor en la época de secas ($83.3 \pm 23.6\%$) que en la época de lluvias ($50 \pm 35.3\%$), y en las hembras inducidas ($87.5 \pm 16\%$) que en las de celo natural ($45.8 \pm 25\%$).

TIEMPO DE MANIFESTACIÓN DE CELO

Al evaluar el tiempo de manifestación de celo post-retiro de implantes, pudo observarse que las hembras en época de secas que no recibieron complementación alimenticia manifestaron el celo antes (29.2 ± 2.9 h) que los demás grupos (media: 37.8 ± 5.7 h) ($P < 0.05$).

ESTRUCTURAS OVÁRICAS

Sólo se encontró diferencia estadística por efecto de época del año al evaluar las cuatro observaciones antes de la acción del SMB en las hembras de celo inducido, encontrando que el tamaño de los folículos observados fue mayor en las hembras pertenecientes a la época de lluvias (1.27 ± 0.03 mm) que en las hembras durante la época de secas (0.75 ± 0.03 mm) ($P < 0.05$). Ni la época del año ni la complementación alimenticia tuvieron efecto en la actividad folicular de las vacas en celo natural ($P > 0.05$).

TIEMPO DE OVULACIÓN

Cuando se analizó la información del tiempo de ovulación, el análisis no reveló diferencia estadística en ninguno de los efectos en estudio. El tiempo promedio de ovulación post-detección de estro fue de 25 ± 1.7 h ($P > 0.05$).

TASA DE GESTACIÓN

Se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año ($P < 0.05$), siendo la tasa de gestación superior en la época de secas ($33.3 \pm 13.6\%$) que en la época de lluvias ($4.16 \pm 8.3\%$) a primer servicio.

LITERATURA CITADA

- Fallas, M.R., Zarco, Q.L., Galina, C.S. y Basurto, H.: Efecto del amamantamiento sobre la actividad ovárica posparto en vacas F₁ (Holstein x Indobrasil) en dos tipos de pasto. Memoria Reunión de Investigación Pecuaria en México. pp.348-349 (1987).
- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics. Part 1. Puberty and age at first calving. *Anim. Breed. Abst.* 57:583-590 (1989).
- García, E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp. 143-201 (1981).
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P. and Knopf, L.: Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187-200 (1989).
- Gody, R.P. and Smith, J.K.: Applied statistics and the SAS programming language. 3rd Ed. Prentice Hall, Englewood Cliff, N.J. USA. (1991).
- Orihuela, A., Galina, C.S. and Duchateau, A.: The efficacy of detection and fertility synchronization with PGF2 alfa or Synchronate B in Zebu cattle. *Theriogenology* 32:745-753 (1989).
- Pierson, R.A. and Ginther, O.J.: Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology*. 21:495 (1984).
- Ramírez Iglesia, L., Soto Balloso, E., Gonzalez Stangnaro, C., Soto Castillo, G. and Rincon Urdaneta, E.: Factors affecting postpartum ovarian activity in crossbred primiparous tropical heifers. *Theriogenology*. 38:449-460 (1992).
- Richards, M.W., Wettemann, R.P. and Schoenemann, H.M. Nutritional anestrus in beef cows: Body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:1520-1526 (1989).
- SAS. User's guide. Statistics. SAS Institute, Cary, N.C. USA. (1988).
- Sirois, J. and Fortune, J.E.: Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317 (1988).
- Taylor, C., Rajamahendran, R., and Walton, S.J. Ovarian follicular dynamics and plasma luteinizing hormone concentrations in norgestomet-treated heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 173-184 (1993).
- Wettemann, R.P. Precalving nutrition/ Birth weight interaction and rebreeding efficiency. Animal Science Research Report. Oklahoma State University (1994).
- Williams, G.L.: Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A Review. *J. Anim. Sci* 68:831-852 (1990).

EXPERIMENTO III

PERFILES METABÓLICOS Y DESEMPEÑO REPRODUCTIVO - PRODUCTIVO DE VACAS *Bos taurus/Bos indicus* EN CELO INDUCIDO Y NATURAL CON COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA DURANTE ÉPOCA DE EMPADRE BAJO CONDICIONES DE PASTOREO. Montiel F., Galina C.S. y Castañeda, M.O.G.

RESUMEN

Con el objeto de determinar el efecto de la complementación alimenticia en época de empadre sobre perfiles metabólicos y desempeño reproductivo - productivo de vacas *Bos taurus/Bos indicus* bajo condiciones de pastoreo en la zona centro del Estado de Veracruz, se utilizaron 48 hembras vacías en anestro y lactantes. Las vacas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2³ con 6 repeticiones, siendo los efectos época del año (secas y lluvias), complementación alimenticia (con y sin complemento) y tipo de celo (inducido y natural). En el día 0 del estudio, la mitad de las hembras con celo inducido y natural fueron complementadas ofreciéndose diariamente el 1% del peso vivo (MS) de un concentrado comercial con 3.84 Mcal/kg de ED y 19% de proteína cruda durante 45 días. A todas las vacas se les registró la producción láctea 7 días antes y 45 días durante la complementación alimenticia. Asimismo, al día 0 y 45 de ésta se les tomaron muestras sanguíneas para determinación del perfil metabólico de glucosa y triglicéridos, que representan el metabolismo energético, de urea, albúmina y proteína total, que corresponden al metabolismo proteico, y de cobre, zinc y fósforo, representando el metabolismo mineral. Al día 10 del estudio, todas las hembras fueron inducidas y sincronizadas con un implante auricular de Synchronate-B (SMB), el cual permaneció durante 9 días *in situ*. Para la determinación de progesterona láctea, a los animales de celo inducido se les recolectaron cuatro muestras de leche antes y cinco durante la acción farmacológica del Norgestomet, mientras que a las hembras de celo natural se les tomaron ocho muestras después de haber manifestado celo inducido. En la detección de estros, las hembras de celo inducido fueron servidas a través de inseminación artificial, mientras que a

las de celo natural se les anotó el día del celo y fueron inseminadas en el segundo celo. El diagnóstico de gestación se realizó al día 30 post-inseminación artificial mediante ultrasonografía. Los resultados obtenidos se analizaron a través de PROC CATMOD, PROC GLM y PROC TTEST, disponibles en SAS. Se encontraron diferencias estadísticas por efecto de época del año en glucosa, albúmina, cobre y zinc y en cuanto al inicio y final de la complementación alimenticia en glucosa, urea, albúmina, proteína total y zinc ($P < 0.05$). La fertilidad general obtenida después de dos servicios de inseminación artificial fue del 58.3 (14/24) y 16.6% (4/24) en época de secas y lluvias, respectivamente, siendo la época del año la variable que afectó la tasa de gestación ($P < 0.05$). En cuanto a la producción láctea no se encontró diferencia estadística en los tratamientos ($P > 0.05$). En las concentraciones de progesterona láctea no se encontró diferencia significativa antes y durante tratamientos ($P > 0.05$). En la condición corporal post-parto al inicio y final de los tratamientos se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año ($P < 0.05$).

(Palabras clave: Complementación, Perfil metabólico, Progesterona, Leche, Bovinos, Trópico)

INTRODUCCIÓN

Existe evidencia de que bajo condiciones prácticas de explotación, una alta proporción de vacas y novillonas se encuentra en anestro al inicio de la época del programa reproductivo, dependiendo del estado nutricional, ya que los niveles bajos de energía durante el crecimiento, antes y después del parto, inhiben la aparición del estro y reducen la fertilidad en los pocos animales que lo presentan (Anta *et al.*, 1989; Peña, 1993). Por lo tanto, la complementación debe considerarse como una estrategia en beneficio de la eficiencia reproductiva del hato, debiéndose considerar el tipo y duración de la complementación, el tipo de animal y los ingredientes a utilizar, ya que existe cierta controversia en relación a definir el complemento más adecuado (McDowell, 1985) y a cuándo es mejor complementar: antes o después del parto o en ambos casos.

Por otro lado, se ha encontrado que bajo condiciones del trópico existe una marcada época de producción de leche, siendo mayor en las lluvias (68%), en donde los volúmenes lácteos repercutirán sobre la actividad ovárica, ya que ésta se correlaciona significativamente con los días abiertos. Además, se comprueba cierta interrelación entre atrofia ovárica y mayor producción (Aluja y McDowell, 1984). Si se tienen producciones mayores a 8 kg diarios por vaca es necesario complementar, ya que el pasto sólo cubrirá en una corta temporada las necesidades nutricionales (Iturbide, 1989). González (1979), estudiando diferentes razas (Pardo suizo, Holstein, Cebú y mestizo) y su relación con el intervalo parto-primero estro, encontró que a mayor producción el intervalo se alarga.

La evaluación de la condición corporal es una manera efectiva de medir la cantidad de energía metabolizable almacenada como grasa y músculo en un animal vivo (Edmonson *et al.*, 1989). Así, las vacas que logran mantener buena condición corporal después del parto presentan mayor función hipofisiaria y mejor potencial reproductivo, que se traduce en un rápido retorno al estro post-parto (Rutter y Randel, 1984).

El perfil metabólico es un examen paraclínico empleado en el diagnóstico de las enfermedades de la producción, mediante el cual se determinan, en grupos representativos de animales, las concentraciones de algunos constituyentes orgánicos que son indicadores del balance de algunas vías metabólicas y se comparan sus resultados con valores de

referencia. Ha sido satisfactoriamente usado en diversos países para dilucidar trastornos metabólicos, o cuando, aun sin observar anormalidades, se requiere establecer el riesgo de peligro existente (Payne *et al.*, 1970; Blowey, 1975; Wolff *et al.*, 1978; Pelletier *et al.*, 1985; Whitaker y Kelly, 1994; Wittwer, 1994). La evaluación del perfil metabólico mediante el análisis de los componentes sanguíneos tiene también utilidad práctica y clínica, representando un medio para evaluar el estado nutricional del animal (Bernal, 1990). Existe controversia con respecto a la eficiencia de los metabolitos sanguíneos como indicadores del estado nutricional de un animal; así, se ha encontrado que concentraciones reducidas de glucosa e insulina y aumento de ácidos grasos no esterificados en la sangre están asociados con el anestro nutricional en el ganado para carne (Richards *et al.*, 1989). Sin embargo, Tegegne *et al.* (1993) informaron que la concentración de metabolitos sanguíneos no fue un buen indicador del estado nutricional y no se relacionó con el reinicio de la actividad ovárica post-parto en vacas Cebú.

Con base en la información anterior, se puede argumentar que existe una relación entre el perfil metabólico y el nivel nutricional del ganado, haciendo suponer que vacas de doble propósito en celo inducido manifiestan celo, pero con fertilidad baja, debido a una pobre nutrición por estar en pastoreo. Sin embargo, existe la interrogante de que si al realizar una complementación alimenticia post-parto en estas hembras se afectará el rendimiento reproductivo – productivo, en comparación con hembras que observen celo natural durante época de secas y lluvias.

HIPÓTESIS

Al utilizar una estrategia de complementación alimenticia en combinación con el celo natural durante la época de secas, se tendrá algún efecto sobre el perfil metabólico y el desempeño reproductivo y productivo de vacas *Bos taurus/Bos indicus* con respecto al celo inducido en época de empadre. Sin embargo, este efecto será nulo o significativo en la época de lluvias.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la estrategia de complementación alimenticia en combinación con el celo natural durante la época de secas y lluvias sobre el perfil metabólico y el desempeño reproductivo y productivo de vacas *Bos taurus/Bos indicus* con respecto al celo inducido en época de empadre.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar el efecto de la complementación alimenticia sobre la condición corporal en vacas *Bos taurus/Bos indicus*.
2. Determinar el efecto de la complementación alimenticia sobre la producción láctea en vacas *Bos taurus/Bos indicus* con diferentes tiempos post-parto.
3. Delimitar la importancia del perfil metabólico dentro del metabolismo energético, proteico y mineral, como medida para evaluar una estrategia de complementación alimenticia en hembras *Bos taurus/Bos indicus*.
4. Comprobar el estado acíclico de las hembras *Bos taurus/Bos indicus* a través de las concentraciones de progesterona láctea antes y durante el tratamiento con Norgestomet (SMB).
5. Determinar las concentraciones de progesterona láctea en hembras *Bos taurus/Bos indicus* en celo natural.
6. Evaluar la tasa de gestación en empadre inmediato en ambas épocas del año en vacas *Bos taurus/Bos indicus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó en el municipio de Jamapa, situado cerca de la ciudad de Veracruz, la cual se encuentra localizada en la zona central del estado de Veracruz, México, a 19° 12' latitud norte y 96° 08' longitud oeste. El clima es tropical subhúmedo con una precipitación pluvial anual de 1677 mm, que se concentra en los meses de junio a octubre, con vientos del norte de octubre a mayo. La temperatura diaria promedio es de 23.4°C (García, 1981).

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES

Se seleccionaron de un hato comercial 48 hembras *Bos taurus* x *Bos indicus* vacías, en anestro y lactando, cuya edad y peso promedio fueron 4 años y 410 kg \pm 57.9, respectivamente, con un rango entre 3 y 7 años.

Las hembras inicialmente fueron identificadas conforme a los registros existentes en la finca donde se realizó el estudio, registrándose la fecha de parto y número de partos. Posteriormente, fueron identificadas con un arete y numeración progresiva de acuerdo con los tratamientos. Además, fueron examinadas a través de palpación rectal al inicio del estudio a fin de evaluar que se encontraran libres de patologías clínicas en el aparato genital, así como verificar el estado ovárico por medio de ultrasonografía para confirmar la evaluación inicial. Asimismo, fueron mantenidas bajo el manejo rutinario de la explotación, con relación a las condiciones de alimentación (pastoreo rotacional), manejo y sanidad (desparasitaciones externas cada 21 días e internas cada 120 días y vacunaciones contra enfermedades comunes de la zona como el derriengue, fiebre carbonosa, carbón sintomático y brucelosis).

El manejo de los becerros fue bajo un sistema de amamantamiento restringido, tradicional en la zona, esto es, tener al becerro al pie para facilitar la bajada de la leche. Después del ordeño se le permite al becerro mamar la leche residual hasta el momento en que se termina de ordeñar al total de las vacas; posteriormente, los becerros son separados de las madres por un periodo de 4 h para volverlos a reunir por un periodo de media hora,

tiempo en el cual el becerro puede amamantarse libremente; después vuelven a ser separados para ser reunidos hasta el ordeño de la mañana siguiente.

Los animales fueron mantenidos bajo condiciones de pastoreo en praderas que promedian aproximadamente 100 ha sembradas con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*), guinea (*Panicum maximum*) e insurgente (*Brachiaria brizantha*), estando presentes algunos pastos nativos como el *Paspalum spp.* y *Axonopus spp.*, predominando las praderas mixtas dentro de las instalaciones de los productores ubicados en estas áreas del trópico.

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

El estudio fue realizado en época de secas (del 15 de abril al 30 de junio de 1998) y en época de lluvias (del 24 de septiembre al 5 de diciembre de 1998).

TRATAMIENTOS

Las vacas se distribuyeron en un arreglo factorial de 2^3 con 6 repeticiones, siendo los efectos época del año (secas [ES] y lluvias [EL]), complementación alimenticia en época de empadre (con y sin complemento [C/COMP y S/COMP]) y tipo de celo (inducido y natural [CI y CN]).

CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal de todas las hembras se evaluó al momento de que cada una fue distribuida de acuerdo al tratamiento y al final del mismo, utilizando la escala del 1 al 5 descrita por Edmonson *et al.* (1989), donde 1 es un animal emaciado y 5 es un animal gordo.

COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA

La mitad de las hembras seleccionadas al azar con celo inducido (n=12) y natural (n=12) recibieron diariamente una complementación alimenticia durante época de empadre, equivalente al 1.0% del peso vivo (MS), consistente en un concentrado comercial (Purina, S.A. de C.V.), que contenía 3.84 Mcal/kg de energía digestible y 19% de proteína cruda,

durante un periodo de 45 días. El resto de los animales no recibió complementación alguna y funcionó como testigo.

PRODUCCIÓN LÁCTEA

En todas las vacas se registró la producción láctea 7 días antes y por 45 días durante la complementación alimenticia a lo largo de la época de empadre. Se utilizó una báscula tipo reloj.

METABOLITOS SANGUÍNEOS

Al inicio y final (días 0 y 45) del establecimiento de la estrategia de complementación alimenticia durante la época de empadre, se tomaron muestras sanguíneas de todas las hembras mediante punción de la vena coccígea, utilizando tubos al vacío sin aditivos. Las muestras se conservaron a 5°C hasta llegar al laboratorio, donde fueron centrifugadas a 2000 G durante 10 min para separar el suero, que se conservó a -20°C para posteriormente analizar, de acuerdo con las diferentes técnicas. El perfil metabólico está compuesto por el metabolismo energético, representado por glucosa (mmol/L) y triglicéridos (mmol/L), por el metabolismo proteico, por urea (mmol/L), proteína total (g/L) y albúmina (g/L), y por el metabolismo mineral, por fósforo (mmol/L), cobre ($\mu\text{mol/L}$) y zinc ($\mu\text{mol/L}$). Las concentraciones séricas de glucosa, triglicéridos, urea, proteína total, albúmina y fósforo se determinaron con un espectrofotómetro (Cobas-Mira, Roche, Suiza) en el Departamento de Patología Clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Las concentraciones séricas de cobre y zinc se determinaron con espectrometría de absorción atómica (Perkin Elmer, Mod. 3110, Norwoth Connecticut, EUA).

INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

La inducción de estros se programó para el día 10 de iniciado el estudio en todos los animales (n=48), con la aplicación por vía SC de 6 mg de Norgestomet contenido en un implante, y una inyección intramuscular de 2 ml con 5 mg de valerato de estradiol y 3 mg de Norgestomet (SMB). El implante permaneció *in situ* durante 9 días.

DETERMINACIÓN DE PROGESTERONA LÁCTEA

Para determinar la actividad ovárica, se obtuvieron de las hembras pertenecientes a los grupos de celo inducido dos muestras de leche por semana, desde el inicio del estudio hasta el día 7 y 21 post-inseminación artificial. En las vacas con celo natural cada tercer día se recolectó una muestra para obtener un total de ocho muestras hasta el momento de retornar al estro, además de las del día 7 y 21. Las muestras se tomaron antes de realizar el ordeño, en un recipiente de 30 ml, el cual contenía una tableta con 100 mg de azida de sodio (0.1%) como conservador; posteriormente fueron centrifugadas a 2000 G durante 10 min para retirar la porción de grasa y se hicieron alícuotas con 2 ml, las cuales se congelaron a -20°C para su posterior análisis.

Los análisis de progesterona láctea se realizaron por duplicado a través de radioinmunoensayo en fase sólida (Srikandakumar *et al.*, 1986), en el Laboratorio de Radioinmunoensayo de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica "Torreón del Molino", de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. La sensibilidad del método se definió como dos veces la desviación estándar de la media y ésta fue de 0.06 nmol/L al 11.9%. El coeficiente de variación interensayo a dosis baja fue de 2.35 ± 0.36 al 15.3%; en dosis alta fue de 20.4 ± 21.9 al 10.7%. El valor intraensayo a dosis baja fue de 2.37 ± 0.1 al 4.7% y en dosis alta, 17.8 ± 0.68 al 3.8%. Se consideró a una vaca en anestro cuando ésta mostraba dos valores consecutivos de progesterona inferiores a 2.5 nmol/L. La presencia de un cuerpo lúteo activo se determinó cuando la concentración de progesterona era superior a 2.5 nmol/L.

DESTETE TEMPORAL

Al momento del retiro del implante de SMB los becerros fueron "destetados" por un lapso de 48 h y al término de este periodo regresaron a su manejo tradicional. Este tipo de destete se hizo por recomendación del laboratorio fabricante del implante utilizado y con la finalidad de inducir la liberación de LH y provocar la ovulación en las hembras tratadas.

DETECCIÓN DE ESTROS

La observación de celos se realizó de forma continua durante 3 días, dando inicio 24 h después del retiro del implante en todas las hembras, utilizando para esto un toro marcador. A las hembras que se incluyeron en el grupo de celo natural se les dejó pasar el estro, registrándose solamente hora y día, observándose nuevamente alrededor del día 17. Este manejo se realizó con el fin de facilitar la aplicación de la metodología establecida para este experimento para obtener en forma compacta un grupo de hembras que manifestaran celo natural de manera sincronizada. En todos los casos, una vaca fue considerada en celo al permitir por lo menos dos montas en los periodos de observación (Orihuela *et al.*, 1989).

INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Los animales de los grupos de celo inducido y natural fueron inseminados por un mismo técnico en un lapso de 12 h posteriores a la presentación del estro y aquellas hembras que presentaron nuevamente signos de estro (repetidoras) fueron servidas mediante inseminación artificial, recibiendo un total de dos servicios.

DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN

El diagnóstico de gestación se realizó en todas las hembras a los 30 días post-inseminación artificial mediante ultrasonografía y se confirmó a través de palpación rectal al día 45.

VARIABLES EN ESTUDIO

Se evaluó el efecto de la estrategia de complementación alimenticia en combinación con el celo inducido y natural durante la época de secas y lluvias sobre:

Rendimiento reproductivo: concentraciones de progesterona láctea (nmol/L) y tasa general de gestación (%).

Rendimiento productivo: cambios significativos en condición corporal, producción láctea (kg) y concentraciones séricas del perfil metabólico (glucosa, triglicéridos, urea y fósforo [mmol/L], proteína total y albúmina [g/L], cobre y zinc [μ mol/L]).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizó estadísticamente a las variables continuas de acuerdo con un diseño completamente al azar en arreglo factorial de 2^3 , siendo el factor A las 2 épocas del año (secas y lluvias), el B los 2 niveles de complementación alimenticia (con y sin complemento) y el C los 2 tipos de celo (inducido y natural), finalizando con 8 tratamientos con 6 repeticiones. Se utilizó PROC GLM (SAS, 1988) para variables continuas (concentraciones de progesterona láctea [nmol/L] y horas), incluyendo un análisis de mediciones repetidas antes y durante el tratamiento inductor, y para separación de medias se utilizó la prueba de Tukey. Se consideraron en el modelo inicial el tiempo posparto y el número de partos como covariables. Además, se empleó PROC TTEST para la comparación de medias apareadas, esto es, antes y después de la complementación alimenticia en la condición corporal, producción de leche y metabolitos sanguíneos. Para las variables nominales u ordinales (vacías y gestantes), se utilizó PROC CATMOD, disponible también en el paquete estadístico SAS (Gody y Smith, 1991). En este último procedimiento se empleó un análisis de regresión logística y estimación de máxima verosimilitud con un modelo para determinar los efectos principales y las interacciones que afectaban las variables de respuesta.

Modelo estadístico: Modelo lineal factorial

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + C_k + ES_{ij} + EC_{ik} + SC_{jk} + ESC_{ijk} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general de la variable de respuesta

E_i = Efecto de la i -ésima época del año, $i = 1, 2$

S_j = Efecto de la j -ésima complementación alimenticia, $j = 1, 2$

C_k = Efecto del k -ésimo tipo de celo, $k = 1, 2$

ES_{ij} = Efecto de la interacción época del año x nivel de complementación

EC_{ik} = Efecto de la interacción época del año x tipo de celo

SC_{jk} = Efecto de la interacción del nivel de complementación x tipo de celo

ESC_{ijk} = Efecto de la triple interacción

E_{ijk} = Error experimental

RESULTADOS

DESEMPEÑO REPRODUCTIVO

ACTIVIDAD OVÁRICA POR PROGESTERONA LÁCTEA

Con respecto a las concentraciones de progesterona láctea, el análisis no reveló diferencia estadística en las observaciones antes del tratamiento con SMB con respecto a la época del año y a la complementación alimenticia, encontrándose concentraciones promedio de 0.07 ± 0.1 nmol/L para ambas variables. De igual forma, durante el tratamiento con SMB las concentraciones obtenidas para las mismas variables anteriores fueron en promedio de 0.65 ± 0.03 nmol/L ($P > 0.05$). Asimismo, en las hembras en celo natural, no tuvieron efecto sobre las concentraciones de progesterona en leche ni la época del año ni la complementación alimenticia, obteniéndose en promedio 0.09 ± 0.09 y 0.1 ± 0 nmol/L, respectivamente ($P > 0.05$).

TASA DE GESTACIÓN

Se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año ($P < 0.05$). La tasa de gestación a primer servicio fue de 33.3 ± 13.6 y $4.16 \pm 8.3\%$, respectivamente, para época de secas y de lluvias. Después del segundo servicio, el $25 \pm 9.6\%$ quedó gestante en la época de secas y el $12.5 \pm 8.3\%$ en la época de lluvias ($P < 0.05$).

DESEMPEÑO PRODUCTIVO

CONDICIÓN CORPORAL

En la condición corporal post-parto al inicio y final de los tratamientos se encontró únicamente diferencia estadística por efecto de la época del año, siendo en época de secas de 1.85 ± 0.26 y 1.99 ± 0.23 , respectivamente, y en época de lluvias de 1.47 ± 0.35 y 1.43 ± 0.23 , respectivamente ($P < 0.05$).

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

PRODUCCIÓN LÁCTEA

No se encontraron diferencias estadísticas en los efectos principales ($P>0.05$). Los valores obtenidos de producción de leche durante la estrategia de complementación alimenticia en época de secas fue de 4.0 ± 0.4 kg, mientras que en época de lluvias la producción fue de 3.8 ± 0.1 kg.

METABOLITOS

Se encontraron diferencias estadísticas por efecto de época del año, en secas y lluvias, en glucosa (2.8 ± 0.1 vs 1.95 ± 0.08 mmol/L), albúmina (30.1 ± 0.6 vs 26.6 ± 0.05 g/L), cobre (6.2 ± 0.2 vs 12.5 ± 0.3 μ mol/L) y zinc (17.7 ± 0.1 vs 32.8 ± 0.9 μ mol/L) ($P<0.05$).

Se hallaron diferencias estadísticas por efecto de la complementación alimenticia ($P<0.05$). Las concentraciones séricas de glucosa obtenidas en época de secas al inicio y final de la complementación alimenticia fueron de 3.2 ± 0.1 y 2.5 ± 0.1 mmol/L para las hembras con complemento y de 3.1 ± 0.1 y 2.5 ± 0.1 mmol/L para las vacas sin complemento, mientras que en época de lluvias fueron de 1.6 ± 0.1 , 2.5 ± 0.1 , 1.5 ± 0.1 y 2.2 ± 0.1 mmol/L, respectivamente. En albúmina sólo se hallaron diferencias en las hembras sin complemento en época de secas, siendo las concentraciones al inicio y final de la complementación alimenticia de 30.8 ± 0.8 y 28.5 ± 0.8 g/L, respectivamente. En proteína total sólo se encontraron diferencias en las vacas con complemento en época de secas, siendo las concentraciones halladas antes y después de la complementación alimenticia de 82.3 ± 2.1 y 75.6 ± 2.1 g/L, respectivamente. Con respecto a la urea, las diferencias encontradas en época de lluvias al inicio y final de la complementación alimenticia fueron de 2.6 ± 0.2 y 3.3 ± 0.2 mmol/L para las hembras con complemento y de 2.1 ± 0.4 y 3.4 ± 0.4 mmol/L para las vacas sin complemento, mientras que en época de secas sólo se hallaron diferencias antes y después de la complementación alimenticia con concentraciones de 3.6 ± 0.2 y 2.9 ± 0.2 mmol/L para las hembras sin complemento. Finalmente, en zinc sólo se hallaron diferencias estadísticas en las hembras con complemento en época de secas, siendo las concentraciones al inicio y final de la

complementación alimenticia de 15.5 ± 0.1 y 21.1 ± 0.1 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente, mientras que para las vacas sin complemento fueron de 14.5 ± 0.1 y 19.7 ± 0.1 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentraciones de metabolitos sanguíneos de vacas anéstricas de doble propósito al inicio y final (día 0 y 45) de la complementación alimenticia en ambas épocas del año, bajo condiciones del trópico húmedo.

Metabolito Sanguíneo	Época de secas					Época de lluvias				
	Con complementación alimenticia		Sin complementación alimenticia		$\bar{X} \pm \text{EEM}$	Con complementación alimenticia		Sin complementación alimenticia		$\bar{X} \pm \text{EEM}$
	Día 0	Día 45	Día 0	Día 45		Día 0	Día 45	Día 0	Día 45	
Glucosa (mmol/L)	3.2±0.1 ^a	2.5±0.1 ^b	3.1±0.1 ^a	2.5±0.1 ^b	2.8±0.07 ^c	1.6±0.1 ^a	2.5±0.1 ^b	1.5±0.1 ^a	2.2±0.1 ^b	1.95±0.1 ^d
Triglicéridos (mmol/L)	0.12±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.13±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.12±0.01 ^c	0.16±0.02 ^a	0.18±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.16±0.01 ^c
Albúmina (g/L)	31.1±0.9 ^a	30.1±0.9 ^a	30.8±0.8 ^a	28.5±0.8 ^b	30.1±0.6 ^c	28±0.7 ^a	26.8±0.7 ^a	26.4±0.7 ^a	25.3±0.7 ^a	26.6±0.5 ^d
Proteína total (g/L)	82.3±2.1 ^a	75.6±2.1 ^b	79.8±2 ^a	74.4±2 ^a	78.1±1.4 ^c	74.2±1.5 ^a	77.6±1.5 ^a	76.9±1.7 ^a	76.7±1.7 ^a	76.4±1.1 ^c
Urea (mmol/L)	3.7±0.2 ^a	3.2±0.2 ^a	3.6±0.2 ^a	2.9±0.2 ^b	3.4±0.15 ^c	2.6±0.2 ^a	3.3±0.2 ^b	2.1±0.4 ^a	3.4±0.4 ^b	2.9±0.2 ^c
Cobre (μmol/L)	6.2±0.2 ^a	6.5±0.2 ^a	6.3±0.2 ^a	5.7±0.2 ^a	6.2±0.2 ^c	12.5±0.3 ^a	12.7±0.3 ^a	12.5±0.3 ^a	12.4±0.3 ^a	12.5±0.3 ^d
Zinc (μmol/L)	15.5±0.1 ^a	21.1±0.1 ^b	14.5±0.1 ^a	19.7±0.1 ^b	17.7±0.1 ^c	32.5±0.9 ^a	32.9±.9 ^a	32.1±0.9 ^a	33.9±0.9 ^a	32.8±0.9 ^d
Fósforo (mmol/L)	1.63±0.1 ^a	1.32±0.1 ^a	1.47±0.1 ^a	1.43±0.1 ^a	1.5±0.07 ^c	1.57±0.2 ^a	1.74±0.2 ^a	1.41±0.2 ^a	1.82±0.2 ^a	1.6±0.16 ^c

^{a, b} Dentro de época, diferente literal indica diferencia estadística (inicio y final) (P<0.05).

^{c, d} Efecto de época del año (P<0.05).

LITERATURA CITADA

- Aluja, A. y McDowell, R.E.: Decision making by livestock/crop small holders in the state of Veracruz, Mexico. Cornell International Agriculture Mimeograph 105. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York (1984).
- Anta, E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Vet. Méx.* 20:19-25 (1989).
- Bernal, G.: Técnicas para evaluar el perfil metabólico. En: Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. *Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México*, A.C. México, D.F., México. 212-230. (1990).
- Blowey, R.: A practical application of metabolic profiles. *Vet. Rec.* 97:324-327 (1975).
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T and Webster, G.: A body condition scoring chart for Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78 (1989).
- García, E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3ª Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp. 143-201 (1981).
- Gody, R.P. and Smith, J.K.: Applied statistics and the SAS programming language. 3rd Ed. Prentice Hall, Englewood Cliff, N.J. USA. (1991).
- González, P.E.: Comportamiento reproductivo de vacas con aumentos de peso controlado antes y después del parto. *Tec. Pec. Méx.* 36:40-45 (1979).
- Iturbide, C.A.: La nutrición y su importancia en la reproducción. Compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Vol I, CATIE, Turrialba, Costa Rica (1989).
- McDowell, R.E.: Meeting constraints to intensive dairying in tropical areas. Dep. of Anim. Sci. *Cornell Univer.*, USA. (1985).
- Orihuela, A., Galina, C.S. and Duchateau, A.: The efficacy of detection and fertility synchronization with PGF2 alfa or Synchronate B in Zebu cattle. *Theriogenology* 32:745-753 (1989).
- Payne, J.M., Dew, S.M., Manston, R. and Faulks, M.: The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Vet. Rec.* 87:150-158 (1970).
- Pelletier, A., Trumblay, A. and Helie, T.: Facteurs influencant le profile metabolique des vaches laitiers. *Can. Vet J.* 26:306-31 (1985).
- Peña, R. C.: Evaluación de fincas ganaderas del trópico con diferente nivel tecnológico en suplementación alimentaria, producción láctea, condición corporal y la relación de éstas con la actividad ovárica postparto de vacas mestizas en época de secas. Tesis de Maestría, FMVZ, UNAM. (1993).
- Richards, M.W., Wettemann, R.P. and Schoenemann, H.M. Nutritional anestrus in beef cows: concentrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. *J. Anim. Sci.* 67:2354-2362 (1989).
- Rutter, L.M. and Randel, R.D.: Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265-274 (1984).
- SAS. User's guide. Statistics. SAS Institute, Cary, N.C. USA. (1988).

- Srikandakumar, A., Ingraham, R.H., Ellsworth, M., Archbald, L.F., Liao, A. and Godke, R.A.: Comparison of solid-phase, no extraction radioimmunoassays for progesterone with and extraction assay for monitoring luteal function in the mare, bitch and cow. *Theriogenology*. 26:779-793 (1986).
- Tegegne, A., Entwistle, K.W. and Mukasa-Mugerwa, E.: Plasma progesterone and blood metabolite profiles in postpartum Small East African Zebu Cows. *Anim. Trop. Hlth. Prod.* 25:101-110 (1993).
- Whitaker, D.A. and Kelly, J.M.: Use and interpretation of metabolic profiles in dairy cattle. En: AIEA/ARCAL III: Primer Curso Nacional de Divulgación de Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y Cinéticas Digestivas Relacionadas con la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Maracay, Venezuela (1994).
- Wittwer, F.: Diagnóstico de desbalances metabólicos nutricionales en animales de producción. En: AIEA/ARCAL III: Primer Curso Nacional de Divulgación de Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y Cinéticas Digestivas Relacionadas con la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Maracay, Venezuela (1994).
- Wolff, J., Bryant, E., Cordes, D., Ramberg, G., Saunders, W.M. and Sutherland, R.J.: Can a metabolic profile be developed for New Zealand condition? *N.Z. Vet. J.* 26:266-269 (1978).

DISCUSIÓN

Considerando en la actualidad la importancia que representan los programas de mejoramiento genético en las zonas tropicales a través de la técnica de inseminación artificial, en combinación con tratamientos de control del ciclo estral y estrategias de complementación alimenticia, se programaron una serie de experimentos en los cuales se evaluó la posibilidad de que exista una relación entre la dinámica folicular y el nivel nutricional del ganado, presuponiendo que vacas denominadas de doble propósito en anestro con condición corporal baja manifiesten celo, pero con fertilidad baja, siendo esto producto de una pobre nutrición por estar en pastoreo. Sin embargo, también se planteó la interrogante de que si al realizar una complementación alimenticia en estas hembras se afectaría el rendimiento reproductivo en comparación con hembras que observen una buena condición corporal dentro de las explotaciones comerciales. Además, se supuso que al utilizar una estrategia de complementación alimenticia en combinación con el celo natural durante la época de secas, se podría tener algún efecto sobre el perfil metabólico y el desempeño productivo y reproductivo de vacas *Bos taurus/Bos indicus* con respecto al celo inducido, siendo este efecto nulo o poco significativo en la época de lluvias. Por lo anterior y debido a las interrogantes planteadas, se presentarán a continuación algunos factores y las variables que intervinieron en el desarrollo de este experimento, como selección de animales, rendimiento reproductivo y productivo de vacas de doble propósito bajo condiciones del trópico húmedo.

SELECCIÓN DE ANIMALES

En este aspecto, es relevante mencionar la cantidad de animales que fue necesaria evaluar para reunir los requisitos establecidos al inicio del presente estudio. Finalmente, en los experimentos del primero y segundo año se utilizaron 382 hembras de doble propósito con 43 productores del trópico húmedo, ya que fue necesario utilizar 751 animales que se palparon por vía rectal para obtener los grupos experimentales encontrándose que el 50.8% fueron empleados dentro de este estudio. Estos hallazgos son superiores a los resultados de la investigación de Landívar *et al.* (1985), quienes realizaron un estudio, cuyo objetivo fue

comparar la fertilidad a estro inducido con $\text{PGF}_{2\alpha}$ comparado con estro natural, tanto en monta directa como con inseminación artificial, y fue necesario que se palparan por vía rectal 616 animales para incluir sólo el 34% del total de los animales. Además, Wild (1989) realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar la distribución de la fertilidad en un empadre de 90 días comparando el rendimiento de hembras con estro inducido con prostaglandinas *versus* estro natural, valorando los resultados tanto de inseminación artificial como de monta natural, y reportó que fue necesario palpar mediante vía rectal 461 animales del trópico húmedo, incluyendo el 84% de los animales en su estudio, siendo estos hallazgos mayores a los encontrados en el presente estudio. Con base en estas investigaciones es evidente que los resultados de diferentes tipos de programas están sujetos a una amplia variabilidad, de modo que aun en condiciones similares no es de esperar resultados que sean repetibles cada vez que se aplique la selección de animales experimentales para un programa reproductivo. A través del presente estudio se evidenciaron razones por las que fue necesario palpar un gran número de hembras de doble propósito para obtener a los animales experimentales, las cuales fueron vacas vacías ciclando y gestaciones tempranas (primer tercio de gestación), dado que la mayoría de los ganaderos no emplean, dentro de sus actividades, el diagnóstico de gestación a través de palpación rectal y desconocen las alteraciones morfológicas (cérvis sinuoso) y patológicas (metritis, piometra, quistes ováricos) del tracto genital del ganado. Por último, se detectaron vacas con diversos cuadros subclínicos que pasan desapercibidos por los ganaderos, incrementándose esta situación en la época de estiaje donde se deja de ordeñar. En un estudio previo realizado por Montiel (1996), se encontró que para realizar un programa de transferencia de embriones con productores del trópico húmedo se comenzó el estudio con 100 hembras con la idea optimista de que todas iban a ser utilizadas. En la práctica fue necesario incorporar 295 más para poder completar las 100 vacas a las que se les transfirió un embrión. Todo esto explica por qué no hay una mayor utilización de técnicas reproductivas (transferencia de embriones e inseminación artificial) para el mejoramiento genético de los hatos que continúa siendo a través de monta natural.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO

TASA DE INDUCCIÓN AL ESTRO

Dentro de la primera y segunda parte del experimento I, con relación a la tasa de inducción al estro encontrada posterior al tratamiento con SMB, ésta fue superior (98.1 ± 3.8 y 100% , respectivamente) con respecto al grupo testigo (44.8 ± 24.5 y $42.5 \pm 22.5\%$, respectivamente). Estos resultados son similares a lo encontrado por Luthra *et al.* (1994). Además, se consideran superiores a lo hallado por Domínguez (1999), quien señaló un 64.3% de hembras anéstricas de doble propósito que presentaron estro al retiro del implante de SMB, y fue similar al grupo testigo (42.8%). De igual forma, fue superior a lo encontrado por Montiel (1996), quien señaló un 59.2% de hembras detectadas en estro dentro de un programa de transferencia de embriones. Estas diferencias probablemente se deben a la manera en que se detectaron los estros. En el presente estudio la detección de estros la realizó personal capacitado en todas las explotaciones comerciales participantes, mientras que en el estudio de Domínguez (1999), no se realizó detección de estros y en el de Montiel (1996), la actividad de observación fue realizada por los productores, quienes, al desconocer los mecanismos básicos de los signos conductuales del celo, encontraron sólo un 32.8% de hembras en estro. Los resultados del presente estudio coinciden con las observaciones obtenidas por otros autores, que mencionan que la conducta estral es superior cuando el agente sincronizador es un progestágeno (González *et al.*, 1975; Galina *et al.*, 1987; Orihuela *et al.*, 1989; Odde, 1990). Esta coincidencia puede ser producto de que todas las hembras inducidas se encontraban en anestro y con una etapa de desarrollo folicular similar al inicio del tratamiento, y de que la acción del Norgestomet retrasa la maduración de cualquier folículo que pudiera haber iniciado durante el tratamiento con progestágenos. Esta acción probablemente es la responsable de la mayor respuesta en la tasa de inducción al estro en los grupos tratados con respecto al grupo testigo. También se puede mencionar que la respuesta de inducción al estro pudo haber sido incrementada por el destete, pues éste se realizó al retirarse el implante de SMB.

Según los resultados del presente estudio, la tasa de inducción al estro resultó significativa con respecto a la época del año y al empleo del SMB. En este sentido, Porras y

Galina (1993) explican que diversos factores como el estado fisiológico del animal (vacas no ciclando), condición corporal, efecto de la época del año y tipo racial pueden modificar la respuesta del estro con progestágenos. Aunque en el presente estudio todas las vacas estuvieron bajo las mismas condiciones generales de manejo, es posible suponer que factores tales como número de partos, intervalo entre partos y pérdida de peso durante la gestación, que no fueron considerados en la respuesta al tratamiento con Norgestomet, y que ocasionan retraso en la aparición del estro y baja proporción de hembras ciclando en el hato, hayan afectado los resultados en todas las hembras, lo que implicaría la importancia de evaluar dichos factores en futuros estudios.

Con respecto a la época del año, se encontró que en ambas partes del experimento I, más hembras presentaron conducta de celo en época de secas que en época de lluvias. Esto demuestra que la estación del año pudo afectar el número de vacas que manifestaron signos de estro para su posterior inclusión en el programa de IA. Existe información similar realizada en ganado Brahman y cruza con *Bos taurus* por Richards *et al.* (1989), quienes encontraron, en un programa de sincronización con SMB, que durante la época de secas la respuesta fue de 84% *versus* 64% en época de lluvias. En cuanto a las vacas pertenecientes al grupo testigo y que manifestaron estro, los resultados del presente estudio son inferiores a lo reportado por Roditan *et al.* (1996) en ganado Holstein, quienes encontraron un 96% de manifestación de estro en ambas épocas del año. Igualmente, los datos aquí hallados fueron inferiores en época de lluvias, pero mayores en época de secas a lo señalado por Galina *et al.* (1989), quienes encontraron diferencias significativas en el número de vacas observadas en estro en época de lluvias (31% del hato) comparado con época de secas (17%). En otro estudio, Galina *et al.* (1990) encontraron que de un hato seleccionado para inseminación artificial pocas vacas fueron observadas en calor en la época de secas (21%) comparado con la época de lluvias (33%). Aunque estos estudios fueron realizados en celo natural y demuestran una tendencia de efecto estacional, de igual manera en el presente estudio se presentó esta misma evidencia estacional independientemente de la aplicación del tratamiento inductor. Mezzadra *et al.* (1993) mencionan la existencia de diferencias estacionales en el fotoperiodo, lo que provoca que en época de lluvias las concentraciones de LH sean mayores que en época de secas y, por tanto, que el anestro sea más largo en

ésta. Sin embargo, en el presente estudio se evidenció un efecto contrario, al obtenerse una mejor respuesta en época de secas en comparación con la época de lluvias. Este efecto estacional pudo deberse a que en la época de secas la respuesta de inducción fue mayor porque los animales pastorearon en potreros con buena disponibilidad forrajera, con lo que posiblemente tuvieron la suficiente energía de reserva para destinarla a las funciones reproductivas. Por lo tanto, es necesario plantear la realización de futuros experimentos que nos permitan monitorear las concentraciones séricas de LH en ganado de doble propósito bajo celo inducido y natural, así como también la disponibilidad de forrajes a lo largo del año.

En el experimento I los cambios en condición corporal en las dos épocas del año fueron poco perceptibles; es decir, en la época de lluvias las vacas con condición corporal baja tuvieron la tendencia a disminuir, mientras que en la época de secas a aumentar conforme superaron la crisis energética del pico lactacional. Para los animales con condición corporal alta parece no haber modificaciones importantes. Esto posiblemente ocasionó que no hubiera diferencias en la respuesta, en contraste con los estudios de Galina *et al.* (1989,1990), donde hubo en la época de secas una marcada reducción en la calidad del pasto, lo cual se reflejó en una pobre condición corporal.

Debido a que los progestágenos son usados ampliamente en el ganado bovino como método de control del ciclo estral (Luthra *et al.*, 1994), se decidió su empleo para iniciar el programa de inducción y sincronización, particularmente para sincronizar la ovulación en el experimento II del presente estudio. Al inicio de éste se programó la inducción a la ciclicidad durante época de secas y lluvias de 24 vacas en cada época mediante el uso del SMB, para que de esta forma mostraran celo inducido, encontrando que la respuesta a la inducción al estro dentro del rango de las 36 a las 48 h después del retiro del implante en época de secas y lluvias fue del 100 y 66%, respectivamente ($P < 0.05$). La mitad de hembras de cada época fueron programadas para después mostrar celo natural en un periodo razonablemente sincronizado, esto es, a los 21 días (celo natural posterior al inducido). Estos resultados en época de secas se consideran superiores, mientras que los de la época de lluvias se consideran inferiores a lo reportado en trabajos realizados con ganado *Bos indicus* y *Bos taurus*, donde la respuesta a la conducta obtenida con el uso de la

combinación de Norgestomet más valerato de estradiol varió del 85 al 90% (Orihuela *et al.*, 1989; Odde, 1990; McGowan, *et al.*, 1992; Cavalieri y Fitzpatrick, 1995). Estas diferencias pueden deberse a la profundidad del anestro, que es un concepto (frecuentemente no mencionado y a menudo no definido e intuitivamente comprendido) que puede ser usado para medir la inducción a la ovulación o ciclicidad ovárica (Wright y Malmö, 1992). En el presente experimento, las hembras inducidas en época de lluvias pudieron haber presentado un anestro más profundo que las inducidas en época de secas, debido a que éstas pudieron haber presentado un anestro superficial. Considerando que todas las vacas estuvieron dentro de condiciones similares en cuanto a manejo nutricional, raza, tiempo post-parto y amamantamiento, el factor época del año pudo afectar la profundidad del anestro durante la época de lluvias, ya que dichas hembras pudieron tener una alteración en el mecanismo básico, similar al reportado por McNatty *et al.* (1984) en vacas cíclicas, las que en invierno tienen folículos dominantes estrogénicamente activos con más células de la granulosa, cuerpos lúteos más grandes, concentraciones altas de progesterona y durante la fase lútea, menores pulsos de LH en comparación con la primavera. La profundidad del anestro puede reflejarse por alteración en la frecuencia de LH en hembras acíclicas. Durante la acción de un implante auricular basado en un progestágeno más la aplicación de estradiol exógeno se provoca la supresión de la secreción de gonadotropinas, pudiendo el Norgestomet no inhibir adecuadamente las alteraciones existentes de LH por efecto de época del año, siendo ésta la razón por la cual probablemente hubo diferencias en el presente estudio. Además, en éste se reflejó que el SMB es un tratamiento efectivo para la resolución del anestro, inducción a la ciclicidad y manifestación de la conducta estral en ganado de doble propósito, independientemente de la época del año, ya que las vacas manifestaron celo natural en un rango de 21 a 24 días posteriores al celo inducido y pudieron ser servidas mediante inseminación artificial en ambos tipos de celo en un periodo sincronizado, que de manera natural no hubiera sido posible.

Estos resultados están de acuerdo a lo señalado en la literatura referente a que cuando la administración de progestágenos se suspende, los animales muestran estró 3 a 5 días después, siendo éste seguido por ciclos estrales de duración normal (Ireland y Roche, 1982; King *et al.*, 1982), con alto grado de precisión (De los Santos *et al.*, 1976; Koppel *et*

al., 1979; Galina *et al.*, 1982; Lokhande, 1983), facilitando el empleo de cualquier técnica reproductiva (Wishart y Young, 1974).

En el experimento II, la respuesta a celo natural posterior al celo inducido fue mayor sólo en época de secas a lo señalado por Montiel (1996) en un esquema similar, pero dentro de un programa de transferencia de embriones a celo natural, en el que no habiendo evaluado el efecto de época, se encontró una respuesta del 56% durante los meses de junio a septiembre. Las diferencias entre las épocas del año pudieron ser efecto del cambio de clima (fenómeno climatológico “El Niño”), que originó que un bajo porcentaje de animales en la época de lluvias tuvieran signos de estro conductual y formación de cuerpo lúteo evaluado por ultrasonografía. Sin embargo, existe evidencia indirecta en otros estudios realizados por Montiel (1996) y Barrientos (1999) en ganado de doble propósito y por Medrano *et al.* (1996) en ganado cebuino, en donde este efecto también se presentó. Durante las lluvias, las vacas manifiestan pobres o nulos signos de estro (25%) debido probablemente al exceso de agua y humedad que restan el confort, ya que tienen que protegerse de las condiciones climáticas adversas, lo cual limita las manifestaciones conductuales de estro. Por otro lado, la actividad ovárica podría verse interrumpida como un mecanismo de defensa, ocasionado por la elevación en la concentración de cortisol debido al estrés causado por las lluvias. Por lo anterior, es necesaria más información al respecto para evaluar si existe una correlación entre la fisiología ovárica en ganado de doble propósito y el medio ambiente, particularmente los cambios de clima.

Al realizar comparaciones porcentuales entre el primer y segundo experimento del presente estudio se encontró un decremento en un 30% de manifestación de estro en época de lluvias en el experimento II en comparación con el experimento I, no así para la época de secas que se mantuvo dentro del rango del 80 y 90% en ambos experimentos. Esto puede ser reflejo de que durante el año de 1998, tiempo en el cual se realizó el experimento II, se presentó el fenómeno climatológico conocido como “El Niño”, que afecta particularmente a los sistemas de producción del trópico. Durante 1998, este fenómeno provocó que la temperatura alcanzada fuera 1.06°C superior con relación al promedio de 1994 a 1997 (26.9 *versus* 25.8°C) y la precipitación pluvial aumentó en un 50% (Romero, 1999). En el presente estudio el efecto que causó “El Niño” fue que durante la época de lluvias se

presentaron precipitaciones pluviales superiores a las normales, que coincidieron con el desarrollo de la fase experimental durante esta época. Esto probablemente repercutió en el desempeño reproductivo de las vacas, ya que posiblemente pudieron sufrir estrés ambiental por la gran cantidad de lluvia presente, lo que condujo a una conducta de agrupamiento entre ellas para protegerse del medio ambiente, y es probable que junto con esta conducta la actividad reproductiva se viera disminuida como un mecanismo natural de defensa en contra de condiciones climatológicas adversas, pudiendo entonces el medio ambiente influir también sobre el perfil hormonal de estos animales.

ESTRUCTURAS OVÁRICAS

Actualmente, mucha investigación reciente en reproducción de bovinos ha sido enfocada sobre el desarrollo y crecimiento de folículos ováricos dentro del ovario, lo que ha permitido comprender y controlar el desarrollo folicular para mejorar la eficiencia de técnicas reproductivas, tales como la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

Los estudios sobre el desarrollo folicular en el ovario se han realizado predominantemente en razas *Bos taurus*, notablemente Holstein (Sirois y Fortune, 1988; Ginther *et al.*, 1989) y Hereford x Friesian (Savio *et al.*, 1988), aunque hay algunos reportes iniciales en vacas *Bos indicus* (Barros *et al.*, 1993) y vaquillas prepúberes (Fajersson y Edqvist, 1993). Todos estos estudios se realizaron en vacas ciclando y la información al respecto en vacas anéstricas *Bos taurus* x *Bos indicus* es todavía inconclusa. Es de esperarse que la dinámica folicular sea diferente a la de vacas de razas europeas y cebuinas puras, pero similar a la de las novillonas de estas razas que están empezando a establecer sus ciclos estrales normales. A pesar de la premisa anterior, hay que considerar que, aun existiendo similitudes entre el ganado de doble propósito en anestro y las novillonas acíclicas, no se pueden realizar comparaciones directas con los resultados de este estudio, dado que en estudios con novillas la mayoría no emplea tratamientos sincronizadores y la actividad folicular se evalúa durante periodos prolongados de más de 2 o 3 ciclos estrales (Rhodes *et al.*, 1995).

Al evaluar la actividad ovárica mediante ultrasonografía en el experimento I, se encontró que la época del año no afectó las observaciones antes y durante el tratamiento inductor al estro. Sin embargo, al realizar el análisis por los efectos principales, se encontraron diferencias significativas entre épocas del año mientras las hembras tenían el SMB *in situ*. En el experimento II sólo se encontró efecto de época del año antes del tratamiento con SMB, pero no así en las hembras de celo natural. En la literatura han sido reportadas diferencias estacionales en la actividad ovárica en ganado *Bos indicus* y *Bos taurus* (McNatty *et al.*, 1984; Stahringer *et al.*, 1990), así como en novillonas *Bos indicus*, que muestran una mayor variación estacional que las novillonas *Bos taurus* (Plasse *et al.*, 1968; Mezzadra *et al.*, 1993). La falta de actividad ovárica en novillonas Brahman también aumentó durante los meses de invierno en Texas (Stahringer *et al.*, 1990). De manera similar, Mezzadra *et al.* (1993) señalaron un aumento en la incidencia del anestro durante el periodo en que la duración del día es menor en animales con una alta proporción sanguínea de *Bos indicus* en Argentina.

A pesar de que todos los estudios anteriores muestran la existencia de un efecto estacional, en el presente estudio existen contrastes en los resultados de un año a otro, por lo que la asociación entre dinámica folicular y época del año probablemente esté determinada por individuos, más que por los efectos ambientales y variaciones estacionales. Por lo tanto, es necesaria más investigación sobre esta asociación que permita aumentar el tamaño de la muestra y realizar un mayor número de observaciones ultrasonográficas antes de establecer una inducción al estro, tomando en consideración los cambios en el fotoperiodo sobre los eventos ováricos de las vacas.

Las hembras de los experimentos I y II que recibieron la complementación alimenticia no mostraron diferencias significativas en cuanto a la talla folicular. Sin embargo, es importante destacar que la variación observada en todas las tallas foliculares resultó mayor en las hembras que recibieron una complementación alimenticia durante el experimento, mientras que una variación moderada en todas las tallas de folículos fue observada en las hembras que se mantuvieron sin complementación. Este evento sugiere que las hembras complementadas desarrollan folículos más grandes antes de la presentación del estro inducido en comparación con las no complementadas, pero la

variación individual en los animales y el tamaño de muestra, impiden confirmar esta hipótesis. Estos resultados pueden ser comparados indirectamente con los hallazgos de Soto *et al.* (1997) en novillonas Cebú, donde la complementación no afectó la cantidad o proporción de folículos pequeños, medianos y grandes, que fueron similares en hembras con y sin complementación, con valores de 5.3 ± 2.8 , 30.7 ± 8.7 y 72.8 ± 14.0 folículos, respectivamente.

Los resultados del presente estudio también pueden ser respaldados por los señalamientos de Lucy *et al.* (1992), quienes indican que los patrones de crecimiento folicular después del parto son inconsistentes, ya que algunas hembras presentan ovarios inactivos, mientras que otras desarrollan folículos grandes (> 10 mm), lo cual podría deberse a insuficiente secreción de LH, asociada con inadecuado consumo de energía y amamantamiento. Así, McDowell (1994) señala que el número de folículos ováricos probablemente no sea afectado por el estado nutricional de la hembra; sin embargo, se incrementa el tamaño de los folículos y la concentración de estradiol hasta dos veces en hembras mantenidas con ganancia de peso, en comparación con hembras en un bajo plano nutricional.

Además, en el experimento I la talla folicular fue similar entre tratamientos y entre las hembras que ciclaron y aquéllas que permanecieron en anestro; no obstante el 54.2% de las hembras no lograron ciclar aunque desarrollaron folículos grandes durante las dos épocas del año. Es importante hacer distinción entre la falta de ovulación de un ovario estático o de uno con evidencia folicular, ya que en éste se desarrollan folículos dominantes, pero no hay ovulación debido a que el amamantamiento inhibe la secreción de LH (Lucy *et al.*, 1992). Esta información pudo haberse evidenciado en el presente estudio, donde en las hembras que ciclaron se presentó un folículo grande, responsable de la manifestación de conducta de celo y, por consiguiente, se les dió servicio de IA, pudiendo esta respuesta haberse visto aumentada con el destete de 48 h que permitió la liberación de LH y, por ende, la ovulación.

Por último, en cuanto a condición corporal, existe evidencia indirecta de Rasby *et al.* (1992), quienes encontraron una mayor actividad ovárica en vacas de 6 a 7 puntos comparado con vacas de 3 a 5 puntos (escala del 1 al 9, vacas Hereford no lactantes).

Además, Richards *et al.* (1989) señalaron en vacas Hereford no lactantes que una reducción de nutrientes resulta en una pérdida de condición corporal y, por consiguiente, disminuye la actividad ovárica. Esta información contradice a lo aquí encontrado, con respecto a que la condición corporal de las hembras al inicio del empadre no afectó la población folicular en ninguna de las tallas registradas, evidenciando que la nutrición afecta la reproducción en el ganado, ya que restricciones en el consumo de alimento pueden ser los responsables del anestro y, por lo tanto, del incremento en los intervalos parto-primer servicio, debido a la disminución en la frecuencia de pulsos de LH e impedimento del desarrollo preovulatorio de los folículos ováricos. Sin embargo, a pesar de toda la evidencia fisiológica que relaciona la nutrición y la condición corporal con la dinámica folicular, los datos que se tienen son contradictorios y poco concluyentes.

Asimismo, se puede evidenciar que los mecanismos fisiológicos por los cuales la baja condición corporal pudiera ser causante del anestro en ganado de doble propósito no quedan completamente comprendidos. La restricción de energía y proteína en la dieta puede afectar la reproducción por alteración de la secreción de GnRH y/o alteración de la sensibilidad de la pituitaria hacia GnRH, que reduce la secreción de gonadotropinas, lo que ocasiona una disminución de la actividad ovárica en las vacas, con decremento en el desarrollo folicular, ausencia de estro y pérdida de la ovulación.

PROGESTERONA LÁCTEA

Con base en el perfil de progesterona láctea durante el experimento I del presente estudio, se confirmó el estado anéstrico de las vacas de doble propósito evaluado inicialmente a través de palpación rectal y ultrasonografía con valores inferiores a 2.5 nmol/L. Asimismo, las concentraciones de progesterona láctea antes y durante el tratamiento inductor a la ciclicidad no fueron afectadas por la época del año, condición corporal, complementación alimenticia ni por el efecto del implante.

En el experimento III, en las hembras que ciclaron, los patrones de secreción de progesterona láctea fueron 100% regulares. Cabe destacar que el 25% de las hembras que recibieron complementación alimenticia en cualquiera de las estrategias utilizadas observaron patrones regulares de secreción de progesterona láctea. Estos resultados son

comparables con los reportados por Tegegne *et al.* (1993), que indican patrones similares de secreción de progesterona en el post-parto, como los que se encuentran en hembras que no ciclan, en hembras que ciclan, en hembras en las que después del servicio el perfil de progesterona se describe como normal y en hembras en las que después del servicio el nivel de progesterona decrece rápidamente, siendo esto a la 4^a - 5^a semana después de la monta, a lo que los autores sugieren fallas en la concepción o muerte embrionaria temprana. En el presente estudio, no se evaluaron las concentraciones de progesterona con esta metodología; sin embargo, es necesario realizar más investigaciones posteriores al servicio de inseminación que contemplen un seguimiento hasta la 5^a - 6^a semana y evaluar dichos efectos.

En los resultados del presente estudio no se encontró relación entre el número de hembras que ciclan y dejan de ciclar con la complementación alimenticia ni con la condición corporal. Este efecto fue similar al reportado por Harrison y Randel (1986) y Rhodes *et al.* (1995), quienes indicaron que aunque el decremento en la condición corporal provoca disminución en el tamaño del cuerpo lúteo, las concentraciones de progesterona no disminuyen; sin embargo, resulta contrastante con lo señalado por Imakawa *et al.* (1983, 1986), quienes reportaron una disminución en las concentraciones de progesterona después de una reducción de la condición corporal.

Aunque en el experimento I la época del año no afectó las concentraciones de progesterona láctea, en el experimento III en la época de secas se encontró un menor número de vacas que ciclaron con concentraciones bajas de progesterona láctea (3.1 nmol/L), *versus* las que ciclaron con concentraciones altas. Esto puede ser comparado con los hallazgos de Stahringer *et al.* (1990), quienes encontraron que las concentraciones de progesterona en novillonas Brahman disminuyen en la época de secas, aunque tales relaciones no fueron detectadas en el estudio de Rhodes *et al.* (1995). Además, es probable que en el presente estudio durante la época de secas, al existir evidencia indirecta de un incremento en la temperatura ambiental de 1.06°C (Romero, 1999), ésta haya podido alterar los valores de progesterona láctea, por haber rebasado la zona termoneutral del ganado *Bos taurus/Bos indicus*, dando como resultado los bajos valores encontrados de progesterona láctea, por lo que es necesaria más información al respecto para evaluar si existe una

correlación entre las concentraciones de progesterona en el ganado de doble propósito y el medio ambiente, particularmente los cambios de temperatura ambiental.

TIEMPO DE OVULACIÓN

Existe una amplia información del intervalo entre el inicio del estro y la ovulación en ganado *Bos indicus* (25.6 h, Plasse *et al.*, 1970; 20.6 h, Troconiz, 1976) y en ganado *Bos taurus* (33.2 h, Randel *et al.*, 1973). Asimismo, con la utilización de PGF2 alfa en vacas *Bos indicus*, la ovulación ocurre a las 30.1 y 25.8 h después de haber iniciado el estro natural y sincronizado, respectivamente (Moreno *et al.*, 1985). Inclusive, recientemente Basurto *et al.* (1997) reportaron que la ovulación ocurrió en promedio a las 28.5 ± 5 h después de iniciado el estro en novillonas Holstein x Cebú sincronizadas con PGF2 alfa. Sin embargo, estos resultados presentan una similitud indirecta con los reportados en la presente investigación con ganado *Bos taurus/Bos indicus* al utilizar un progestágeno sintético (SMB), encontrándose que el tiempo de ovulación en los grupos de celo inducido tuvo un rango de 22 ± 2.6 a 25.0 ± 2.9 h en ambas épocas del año, mientras que en celo natural el rango fue de 24.7 ± 2.9 a 27.7 ± 2.9 h en época de secas y lluvias, respectivamente, siendo estos hallazgos comparables a los de Anta *et al.* (1989), quienes reportaron 30 ± 3.6 h en siete estudios en bovinos explotados en el trópico húmedo. Se puede concluir que los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a otros estudios relacionados con bovinos, independientemente del agente farmacológico empleado.

TASA DE GESTACIÓN

Dentro de la primera y segunda parte del experimento I del presente estudio, la tasa de gestación a primer servicio encontrada en los grupos con SMB fue de 30.1 ± 11.2 y $37.5 \pm 22.5\%$, respectivamente, mientras que en el grupo testigo fue del 15.7 ± 11.2 y $15.0 \pm 17.7\%$, respectivamente. Estos resultados son superiores a lo encontrado por Domínguez (1999), quien señaló una tasa de gestación de 9.1 y 5.5% para hembras con SMB y testigos, respectivamente, así como lo señalado por López y Páez (1999), que

encontraron una tasa de gestación de 13.3% para los grupos tratado y testigo. Además, son similares a lo encontrado por Porras y Galina (1993), quienes al utilizar un implante de Norgestomet (6 mg) y valerato de estradiol obtuvieron entre 20 y 30% de gestaciones. Sin embargo, son inferiores a lo encontrado por Deutscher (1987), quien obtuvo en ganado europeo un 50 a 55% de concepción al primer servicio después de un programa de sincronización con SMB en combinación con inseminación artificial. Aunque en el presente estudio se encontraron modestas tasas de gestación en comparación con las demás investigaciones utilizando Norgestomet, que obtuvieron resultados inferiores, cabe la posibilidad de que estas variaciones pudieran haberse debido a la presencia de niveles elevados de LH durante el tratamiento con Norgestomet, asociados con niveles elevados de estrógenos cuando el tratamiento finaliza. Existe la posibilidad de que bajas concentraciones de progesterona en ausencia de cuerpo lúteo no supriman totalmente la liberación de LH e impidan el reemplazo de los folículos dominantes, lo que podría explicar la fertilidad baja. Para el caso del ganado *Bos taurus*, éste pudiera tener una respuesta diferente al empleo del SMB en comparación con ganado de doble propósito en condiciones tropicales.

Básicamente, en el experimento II del presente estudio la nutrición no se vio reflejada en la tasa de gestación al establecer una estrategia de complementación alimenticia a corto plazo durante el post-parto, independientemente de las variables en estudio. Sin embargo, tanto los animales que recibieron el complemento alimenticio como los que no lo hicieron, lograron mantener su condición corporal durante el estudio, lo que en combinación con la estrategia reproductiva probablemente favoreció el alto grado y porcentaje de sincronización y los moderados porcentajes de gestación durante la época de secas. Mientras, la tasa de gestación observada a segundo servicio dentro del experimento III del presente estudio fue del 37.5%, siendo superior a lo encontrado por Domínguez (1999), quien obtuvo un 31.8% de gestación, y que son inferiores a lo reportado por López y Páez (1999), quienes encontraron un 46.6% de tasa de gestación al utilizar SMB.

Al encontrar contradicción entre los resultados anteriores, se puede suponer que durante el presente estudio existió un incremento en la temperatura ambiental, el cual no fue evaluado, pero se tomó como referencia al reportado por Romero (1999) durante 1998

en la zona tropical. Este incremento pudo haber afectado la tasa de gestación, ya que existe evidencia de que un aumento en la temperatura uterina de 0.5°C por encima de lo normal en el día de la inseminación artificial puede causar una disminución del 12.8% en la tasa de gestación (Gwazdauskas *et al.*, 1973), por consiguiente, ésta disminuye durante el verano en las regiones tropicales. El estrés calórico es más perjudicial en el establecimiento de la gestación si se presenta en el momento del estro o inmediatamente después (Aréchiga y Hansen, 1997), lo que probablemente pudo haber sucedido durante el desarrollo del presente estudio. En este sentido, Putney *et al.* (1989) mencionan que exponer a estrés calórico por 10 horas en el inicio del estro a vacas superovuladas no afectó la tasa de fertilización, pero redujo la proporción de embriones normales recolectados en el día 7 después del estro. También es posible que el estrés calórico pueda afectar el mantenimiento del cuerpo lúteo, debido a que en el día 17 de la gestación incrementa la producción de PGF2 α en respuesta a la oxitocina (Wolfenson *et al.*, 1993). No obstante, queda la posibilidad de que las alteraciones en la función de los ovocitos antes del estro contribuyan a obtener una fertilidad muy pobre durante el estrés calórico. Además, los cambios en el ambiente uterino también pueden contribuir a la mortalidad embrionaria, pudiendo reducir las concentraciones de progesterona, por lo que se requiere realizar investigaciones futuras que puedan sostener estas hipótesis.

Es reconocido que existe una relación positiva entre el nivel alimenticio y la eficiencia reproductiva, pero los efectos de la nutrición sobre la reproducción permanecen sólo parcialmente entendidos debido a una considerable variabilidad en los resultados obtenidos últimamente (McDowell, 1994). No obstante, resulta interesante el hecho de que las hembras que fueron complementadas durante 45 días a través del periodo de anestro post-parto presentaron resultados variables en cuanto a tasa de gestación (17.8 al 30%), siendo éstos inferiores (pero no estadísticamente) a los de las hembras que no recibieron complementación alimenticia (10 al 50%) en la primera y segunda parte del experimento I del presente estudio, por lo que se rechaza la hipótesis planteada inicialmente donde las épocas del año serían diferentes en cuanto a fertilidad por efecto de la complementación alimenticia. Probablemente, los resultados anteriormente manifestados sean de origen numérico y no tengan significado biológico; sin embargo, diversos trabajos señalados por

Galina y Arthur (1989) muestran evidencia de que la complementación alimenticia antes del parto y ocho semanas después del mismo resulta en mejor desempeño reproductivo que ofrecer complementación alimenticia sólo en el periodo post-parto. Además, se ha mostrado que complementar 40 días antes no afectó el periodo de anestro post-parto (Pleasant y Ginindza, 1981). Posiblemente, el no encontrar diferencias estadísticas en los grupos con y sin complemento pudo haberse debido a que las hembras no complementadas tendrían que haber perdido peso y reflejarlo en la condición corporal para poder evidenciar diferencias estadísticas con el grupo suplementado, lo que probablemente no sucedió. Esto fue evidenciado por Holroyd (1989) en Australia, quien demostró, en un estudio a largo plazo, que la complementación sólo tendrá efecto si el grupo testigo pierde peso.

En el presente estudio, en las hembras, independientemente de la condición corporal no se encontraron diferencias estadísticas en la tasa de gestación durante la primera parte del experimento I, resultando de gran interés que durante la segunda parte las vacas con condición corporal alta presentaran una mejor tasa de gestación con respecto a las hembras de condición corporal baja. Se evidenció también que las dietas alimenticias de 16-19% de proteína cruda ofrecidas a vacas flacas después del parto resultarían costosas y podrían producir efectos adversos al desempeño reproductivo post-parto, ya que el concentrado alimenticio estimuló la producción de leche, incrementándose el efecto de amamantamiento y, consecuentemente, el alargamiento del anestro. Por lo tanto, Dziuk y Bellows (1983) recomiendan que la condición corporal de las vacas gestantes se incremente durante la gestación mediante forrajes y niveles bajos de concentrados, o bien sin éste, lo cual cuesta menos que ofrecer niveles altos de concentrado después del parto.

Se ha demostrado que la complementación debe considerarse como una estrategia en beneficio de la eficiencia reproductiva del hato, pudiéndose considerar la duración de la complementación y la finalidad zotécnica (McDowell, 1985). Es innegable que las marcadas fluctuaciones en la disponibilidad alimenticia del forraje durante las diferentes épocas del año bajo condiciones de pastoreo en el trópico son muy comunes, y presentan variaciones en la producción de forraje debido a variaciones en la precipitación y temperatura. Dado que el pastoreo extensivo en época de sequía afecta considerablemente el rendimiento reproductivo – productivo de las hembras, es importante crear conciencia y

responsabilidad en los ganaderos de las zonas tropicales de la importancia de implementar técnicas de vanguardia en reproducción-nutrición, como lo es la inducción de estros, inseminación artificial y estrategias de complementación alimenticia, para aumentar las posibilidades de éxito de sus programas reproductivos.

Por último, la mayoría de los productores aportaron hembras que conformaban sus hatos y que a la fecha de la inclusión en el estudio no se encontraban gestantes, independientemente de contar con la presencia de toros responsables de la reproducción. Sin embargo, es necesaria más información respecto a las causas por las cuales dichas hembras estaban vacías, si fue debido a la época del año o eran hembras con mayor dificultad para quedar gestantes.

RENDIMIENTO PRODUCTIVO

CONDICIÓN CORPORAL

Con respecto a los cambios de condición corporal observados al inicio y final del presente estudio, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos en ambas partes del experimento I, así como tampoco entre las hembras que quedaron gestantes durante el periodo de empadre y aquellas que no ciclaron. Además, resulta interesante observar que tanto en las hembras que fueron o no complementadas, sólo se observó un ligero aumento y disminución en la condición corporal durante el periodo de complementación alimenticia a lo largo de las dos épocas del año.

En este estudio no se tomó en cuenta el periodo post-parto por carecer de registros en la mayoría de las explotaciones. A este respecto, existe evidencia de Senatore *et al.* (1996), quienes reportaron una disminución en el grosor de la grasa corporal los primeros 100 días post-parto en vacas lecheras, iniciando con una condición corporal promedio al parto de 3.8 puntos, con una pérdida de 0.5 puntos durante las dos primeras semanas post-parto. En referencia a lo anterior, en este estudio no se pudo precisar, de acuerdo con la metodología establecida para clasificar a las hembras en condición corporal baja y alta, si estos animales se encontraban ganando o perdiendo peso al momento de comenzar el estudio. Es probable que el no haber podido establecer la condición corporal previa al

periodo experimental haya sido una de las causas por las que no se encontraron diferencias en el estudio.

Además, en las zonas tropicales no se tiene definida claramente una curva de lactancia en el ganado de doble propósito. Sin embargo, existe evidencia de Domecq *et al.* (1997a,b), quienes realizaron un estudio en vacas lecheras multíparas para determinar la influencia de los cambios en la condición corporal durante el periodo seco y la lactancia temprana sobre la disminución en el porcentaje de concepción a primer servicio (CPS). Por medio de regresión logística se analizaron cerca de 16 variables relacionadas con producción de leche, época del parto, número de lactancia, días abiertos, entre otros, y se concluyó que las variaciones en la condición corporal durante los primeros 30 días post-parto están asociadas con la reducción en la probabilidad de la concepción a primer servicio. Según estos estudios, animales que pierden un punto en condición corporal durante el primer mes de lactancia, presentan 1.5 veces menos probabilidad de concepción a primer servicio. En otras palabras, si la CPS para grupos de vacas que no perdieron un punto de condición corporal durante el primer mes de lactancia fue de 60%, vacas que perdieron un punto en ese periodo presentaron una tasa de concepción de 45%, concluyendo que la pérdida en condición corporal durante el primer mes de lactancia en vacas multíparas aumenta la probabilidad de falla en la CPS más que en cualquier otra variable estudiada. En este estudio una de las razones por las cuales no se encontró diferencia estadística pudo haber sido que en el periodo de evaluación de 45 días durante el anestro post-parto se desconocía la etapa de la curva de lactancia a la que pertenecía dicho periodo. Por lo tanto, resulta de gran interés realizar estudios posteriores donde se pueda caracterizar la curva de lactación de ganado de doble propósito.

Aunque existe una relación positiva entre el nivel alimenticio y la eficiencia reproductiva-productiva, los efectos de la nutrición sobre la reproducción-producción aún no han sido completamente entendidos debido a amplias variaciones en los resultados obtenidos en los últimos años, en especial con respecto a la condición corporal (Hauwuy *et al.*, 1993; Murphy *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1995; Holden *et al.*, 1995). Dada la naturaleza de las zonas tropicales, era de esperarse que en el presente estudio hubiera una sensible baja en la condición corporal en los animales que no recibieron la complementación alimenticia

con respecto a las que se vieron favorecidas con esta estrategia. No obstante, resulta interesante el hecho de que las hembras que fueron complementadas presentaron pérdida máxima de 0.7 y ganancia máxima de 0.3 punto en la condición corporal inicial y final, así como bajas tasas de gestación (17.8 al 30%), siendo estos valores inferiores (pero no estadísticamente) a los de las hembras que no recibieron complementación alimenticia, las cuales tuvieron pérdida máxima de 1.0 y ganancia máxima de 0.1 punto en la condición corporal, así como tasas de gestación de hasta el 50% en ambas partes del experimento I del presente estudio. Probablemente, los resultados anteriormente manifestados sean de origen numérico y no tengan significado biológico; sin embargo, se oponen a lo señalado por Butler y Smith (1989) y Ferguson (1991), quienes mencionan que vacas que pierden ≥ 1 punto de condición corporal del parto al empadre tendrán menores tasas de concepción que aquellas que pierden < 1 punto de condición corporal. La pérdida de un punto de condición corporal (escala del 1 al 5) seguida al parto es equivalente a alrededor de 400 Mcal de balance energético negativo (Ferguson, 1991), y los cambios en la condición corporal están altamente correlacionados con la movilización del tejido adiposo y con el balance energético negativo acumulado (Otto *et al.*, 1991). Los resultados de este estudio, basados en un gran número de vacas ($n=257$), proporcionan evidencia de que las evaluaciones obtenidas de condición corporal en el experimento I con las hembras de condición corporal alta y las vacas de la época de lluvias del experimento III posiblemente reflejen un balance energético negativo durante el post-parto, lo que pudo afectar el rendimiento reproductivo.

Algunos estudios han reportado disminuciones en la condición corporal durante el post-parto y se les asocia con el incremento en los intervalos post-parto (Short *et al.*, 1990; Heuwieser *et al.*, 1994). En el experimento III, la condición corporal fue similar en los diferentes días post-parto a través de la estrategia de complementación alimenticia. Sin embargo, las diferencias que existieron sólo estuvieron asociadas con la época del año. Actualmente no se sabe si la curva de respuesta típica de condición corporal-intervalo post-parto es la misma en las cruzas de *Bos taurus* x *Bos indicus* que las que se han encontrado en las razas europeas de clima templado. Es posible que la condición corporal óptima sea diferente para *Bos taurus* x *Bos indicus*, ya que esta craza podría suponer que requiere un

nivel de reservas corporales mayor en el trópico debido al probable aumento de los requerimientos de mantenimiento por su manejo y medio ambiente.

En el presente estudio, la relación entre el balance energético medido indirectamente por la condición corporal y el rendimiento reproductivo del ganado de doble propósito no quedó completamente establecida, al igual que en los estudios realizados por Ruegg (1991) y Heuwieser *et al.* (1994) en ganado Holstein. Debido a que la evaluación de la condición corporal es una forma de medir la cubierta de grasa de la región lumbar y pélvica (Ferguson y Otto, 1989) que evidencia el balance energético de los animales, puede ser recomendada como una sencilla herramienta de manejo en las fincas para disminuir los días a primer servicio y mejorar el intervalo entre partos dentro del hato, monitoreando aquellas hembras que pudieran diagnosticarse en anestro y realizar la evaluación en periodos constantes.

PRODUCCIÓN LÁCTEA

Actualmente, existe información de que el híbrido F₁ proporciona un balance entre la producción y la reproducción, lo cual lo recomienda como un genotipo idóneo para la zona tropical y para el productor. En investigaciones realizadas en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical se ha encontrado una buena producción de leche (7.89 kg/día a 306 días en lactancia). En cuanto al 3/4 Holstein presenta una producción de 7.65 kg/día en 318.3 días en producción. El 5/8 Holstein presenta una baja producción láctea (4.85 kg/día a 360.5 días en producción). En cuanto a la producción láctea del genotipo Holstein x Cebú, ésta es de 6.6 kg/día en 311 días en producción, para el genotipo Suizo x Cebú es de 5.2 kg/día en 300 días en producción y para el genotipo indefinido de 5.0 kg/día en 268 días en producción (Aluja *et al.*, 1998).

Estas producciones de leche son superiores a las obtenidas en este estudio, que fueron, en la época de secas, de 4.3 y 3.7 kg/día en los grupos con y sin complementación, respectivamente, antes de iniciar el tratamiento, y en la época de lluvias, de 3.7 y 3.9 kg/día, respectivamente. Después de transcurrir los 45 días de complementación, la producción en época de secas fue de 4.4 y 3.5 kg/día en los grupos con y sin complemento, respectivamente. En cuanto a la época de lluvias, los promedios se mantuvieron en la misma producción. Estas cantidades de leche son similares a los hallazgos de Romero

(1997), quien señaló una producción en época de secas y lluvias en ganado de doble propósito de 4.45 y 4.25 kg/día, respectivamente, bajo condiciones de pastoreo, y son inferiores a los del reporte de Villagómez *et al.* (1998), de 6.46 kg/día en ganado de doble propósito alimentado con forraje y complementación energética, y a las de Hernández *et al.* (1998), de 7.0, 4.2 y 4.7 kg/día en ranchos de doble propósito, con alimentación de pastos típicos del trópico y concentrados comerciales.

Sin duda alguna, el ganadero que maneja un sistema de doble propósito cada día se convence de las ventajas de los programas de cruzamiento. Sin embargo, la gran variedad de alternativas que existen, promovidas por una gran diversidad de grupos, ha provocado confusión entre los productores, especialmente porque no existen sistemas de evaluación implementados para valorar la información requerida para la toma de decisiones en la producción de leche (Plasse *et al.*, 1975; McDowell, 1994). Es posible que los resultados encontrados en el presente estudio para las vacas que recibieron una complementación alimenticia y las que no se vieron beneficiadas con ella, radiquen en la existencia de una proporción indefinida de razas de tipo europeo (Holstein, Suizo, Blonde D' Aquitaine), tanto productoras de leche como de carne. Por lo tanto, es de esperar un futuro consistente en las cruza de Holstein que producen más leche que otras cruza (Aluja *et al.*, 1998).

Hoy en día, no se conoce con precisión el potencial genético para la producción de leche de vacas de doble propósito de las regiones tropicales, pero es posible que ésta esté limitada por el manejo nutricional de los animales (Villagómez *et al.*, 1998). Lo anterior se debe a que en general los pastos tropicales contienen menos proteína, mayor fibra y son menos digestibles que los de clima templado (Poppi y McLennan, 1995).

Al proporcionar un concentrado comercial en este estudio, la producción aumentó linealmente hasta un máximo, después del cual, el concentrado no tuvo efecto. En general, algunos ganaderos usan concentrado comercial con alto contenido proteico para que el animal complemente sus necesidades de alimentación, pero sin obtener un efecto positivo en la producción individual, porque la calidad del pasto es reducida, lo cual sugiere que, independientemente del sistema de pastoreo, la complementación alimenticia es contraproducente porque sólo se produce un ligero aumento en la producción sin que las vacas cubran sus requisitos nutricionales, ya que la energía proveniente del complemento

alimenticio que reciben la destinan a la producción de leche y no al aumento de sus reservas corporales, y como consecuencia, de la condición corporal. Por lo tanto, es necesaria la búsqueda de alternativas para mejorar los sistemas de alimentación que se traduzcan en una mejor producción y consecuente reproducción.

En los resultados del experimento III, otro factor que pudo influir en la baja producción láctea fue el fenómeno climatológico denominado “El Niño”, y a pesar de que mucho se ha escrito sobre sus consecuencias en las actividades productivas del campo de Veracruz y del país, es poca la información generada a partir del análisis estadístico de los sistemas de producción. El sistema de producción con bovinos de doble propósito que predomina en las zonas tropicales (González, 1993) es especialmente sensible a este fenómeno en virtud de basar su producción en el pastoreo de forrajes tropicales exclusivamente, y éstos a su vez dependen para su crecimiento de las condiciones climáticas imperantes (Soest Van, 1993).

Romero (1999) reportó el impacto de “El Niño” sobre la producción de leche durante 1998 en una explotación comercial de ganado de doble propósito que sustenta su producción en pastoreo, encontrando que la producción por vaca por día de 1994 a 1998 fue de 3.8, 4.1, 4.0, 3.7 y 3.1 kg, observándose en 1998 una tendencia a la baja, ya que fueron afectadas las variables temperatura, precipitación, forraje y carga animal. Durante el desarrollo del experimento III del presente estudio se pudo observar la probable influencia de dicho fenómeno en las bajas producciones de leche por día en las vacas de doble propósito en la zona centro del estado de Veracruz, independientemente de la complementación alimenticia proporcionada.

PERFIL METABÓLICO

En México no existe suficiente información disponible de estudios realizados sobre perfiles metabólicos en ganado *Bos taurus* / *Bos indicus*, por lo que resultan escasos los valores de referencia nacionales y hubo la necesidad de comparar los resultados de este estudio con los de otros países. Por lo tanto, es necesario generar datos de acuerdo a las condiciones existentes en el país.

Componentes del metabolismo energético

La *glucosa* es un indicador directo, pero poco sensible del aporte de energía. Esta diferencia está condicionada por el hecho de que para su homeostasis existen mecanismos hormonales de control que mantienen su concentración sanguínea relativamente estable, siendo así un mal indicador del estado energético del bovino (Wittwer *et al.*, 1987). Dado que la glucosa es utilizada por todas las células animales para producir energía, los cambios en su concentración sanguínea pueden reflejar los mecanismos endocrinos compensatorios relacionados con el medio ambiente del animal (Richards *et al.*, 1995).

A través del presente estudio se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de glucosa antes y después de la complementación alimenticia en los grupos con y sin complemento. Se detectó una menor concentración de glucosa en época de lluvias (1.5 a 2.5 mmol/L) en comparación con época de secas (2.5 a 3.2 mmol/L). Estos resultados son inferiores sólo en época de lluvias al compararlos con los valores hallados por Kaneko (1980) y Duncan y Prasse (1986), quienes obtuvieron de 2.4 a 4.1 mmol/L, a los señalados por Wittwer *et al.* (1987), de 2.4 a 4.4 mmol/L, y a los encontrados por Rajora *et al.* (1997) para vacas Sahiwal con Jersey / Holstein Friesian (3.5 ± 0.2 mmol/L). Una causa importante de variación de los niveles sanguíneos de glucosa encontrados en el presente estudio pudo ser la fluctuación del consumo diario de alimento, dado que en la época de lluvias se presentó el fenómeno climatológico "El Niño", que ocasionó precipitaciones pluviales superiores a las normales, que influyeron al disminuir el consumo de forraje por parte de las hembras, y, por tanto, de los niveles sanguíneos de glucosa. Esta observación concuerda con lo indicado por Parker y Blowey (1976), quienes además señalan que en condiciones marginales de desequilibrio energético, los niveles sanguíneos de glucosa no constituyen un indicio seguro de si el consumo de energía es el adecuado.

La hipoglicemia se ha observado con menor frecuencia en invierno que en primavera. Concentraciones bajas de glucosa indican un severo balance energético negativo y a menudo están asociadas a cetosis y baja fertilidad (Wittwer *et al.*, 1987). Schultz (1968) señala que las vacas deben ser consideradas con cetosis si las concentraciones de glucosa son inferiores a 2.9 mmol/L y las de cuerpos cetónicos son superiores a 10 mg/dL. Si se considera que los mecanismos homeostáticos de la glucosa son capaces de regular las

concentraciones sanguíneas dentro de un rango estrecho bajo diferentes condiciones de aporte energético, las concentraciones de glucosa sanguínea serían de poco valor para evaluar el balance energético (Roberts *et al.*, 1978). Sin embargo, Baird *et al.* (1972), Downie y Gelman (1976) y Baird (1982) demostraron que la reducción energética en vacas en lactancia provoca disminución en la concentración sanguínea de glucosa dada la demanda de la glándula mamaria para la síntesis de lactosa; por ello, cuando dicha disminución se presenta, es de utilidad para identificar situaciones de déficit de energía (Payne *et al.*, 1970; Payne *et al.*, 1973). En el experimento III, las bajas concentraciones de glucosa a lo largo del post-parto pudieron indicar que las vacas *Bos taurus* / *Bos indicus* sufrieron un balance energético negativo, que probablemente debieron compensar utilizando sus reservas corporales de grasa. El balance energético negativo pudo condicionar una infiltración grasa del hígado, que se presenta cuando la movilización de grasa excede su capacidad de oxidación. Sin embargo, no se comprobó en el presente estudio que la movilización grasa haya provocado una alteración hepática de carácter patológico, puesto que sólo se evaluó la concentración de albúmina que presentó una disminución en la época de lluvias en los animales sin complemento, signo que se observa en dicha patología (Reid y Roberts, 1982), faltando evaluar la concentración de bilirrubina y la actividad de la aspartato aminotransferasa (ASAT), que corroborarían tal alteración. De los resultados del presente estudio, se puede concluir que por las condiciones de manejo y alimentación presentes para el nivel de producción láctea, las vacas *Bos taurus* / *Bos indicus* presentaron un bajo metabolismo de la glucosa, con un balance energético negativo durante el periodo de muestreo, pero sin revelar daño hepático por infiltración grasa.

La hipoglicemia observada en época de lluvias en el presente estudio probablemente sea responsable del anestro, ya que Richards *et al.* (1995) indicaron que éste ocurre cuando las vacas, al estar con alimentación restringida, pierden reservas energéticas corporales y presentan concentraciones en el nadir de glucosa, que es la mayor fuente de energía del ovario (Rabiee *et al.*, 1999). Dado que las concentraciones sanguíneas de glucosa en ganado productor de carne que mantiene el peso corporal estuvieron negativamente correlacionadas con la temperatura ambiental promedio y/o el fotoperiodo, los factores ambientales pudieron influir en los efectos del consumo de nutrientes y las reservas

energéticas corporales en el inicio del anestro nutricional (Richards *et al.*, 1995), existiendo la posibilidad de que esta situación se haya manifestado en el ganado *Bos taurus* / *Bos indicus*, para lo cual se requerirá mayor investigación al respecto.

Se ha reportado que en estados de desnutrición leve los animales tienden a disminuir fisiológicamente la disponibilidad de glucosa, pero aumentan la movilización de reservas corporales con aumento de ácidos grasos circulantes (Grimard *et al.*, 1995). En este sentido, en el presente estudio faltó determinar la concentración de ácidos grasos volátiles para poder corroborar estos hallazgos.

Con respecto a los triglicéridos, se ha documentado que su concentración aumenta de cuatro a cinco veces entre el día 17 pre-parto al día 1 post-parto. El incremento de los triglicéridos después del parto no parece ser dramático (Grummer, 1993). Esto fue evidenciado en el presente estudio al no encontrar diferencias estadísticas en los valores obtenidos durante las dos épocas del año, que fueron de 0.11 a 0.18 mmol/L, siendo similares a los reportados para bovinos, de 0.1 a 0.2 mmol/L (Manston y Allen, 1981), por lo que este metabolito no permitió dilucidar posibles trastornos metabólicos, como hígado graso, el cual es característico al término de la gestación e inicio de lactancia, lo cual permitiría observar anomalías y establecer el riesgo de peligro existente. Sin embargo, el hígado graso se ha asociado con ganado Holstein pero no con ganado *Bos taurus* / *Bos indicus*, por lo que estas cruces tal vez sean menos susceptibles a este padecimiento que las razas europeas.

Componentes del metabolismo proteico

La albúmina tiene varias funciones en el torrente sanguíneo, incluyendo el transporte de aniones orgánicos insolubles, el enlace de metales pesados tóxicos, el transporte de hormonas pobremente solubles, el mantenimiento de la presión osmótica del plasma coloidal y la provisión de una reserva de proteína. Bajos valores en el suero pueden resultar de malnutrición o enfermedades del hígado, incremento en el catabolismo, incremento en la excreción de orina o heces, o un cambio de distribución entre los compartimientos intravascular y extravascular. Valores altos en suero pueden resultar por deshidratación (Tietz, 1982; Kaneko, 1989).

A través del presente estudio se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de albúmina antes y después de la complementación alimenticia en los grupos con y sin complemento sólo en época de secas. Se detectó una baja concentración de albúmina en época de lluvias (25.3 a 28 g/L) en comparación con época de secas (28.5 a 31.1 g/L). Estos resultados son inferiores al compararlos con los valores reportados por Kaneko (1980) y Duncan y Prasse (1986), quienes encontraron de 30 a 36 g/L, a los señalados por Wittwer *et al.* (1987), que obtuvieron de 29 a 38 g/L, a los encontrados por Rajora *et al.* (1997) para vacas Sahiwal con Jersey / Holstein Friesian, que fueron de 29.8 ± 0.7 g/L, y a los obtenidos en México por Corro *et al.* (1999) y en Venezuela por Parra *et al.* (1999) en ganado *Bos taurus* / *Bos indicus*, que fueron de 33.4 y 33.8 g/L, respectivamente, en promedio, del primero al tercer mes post-parto. En el experimento III se observó una ligera hipoalbuminemia en la época de lluvias, lo que concuerda con lo señalado por Manston *et al.* (1977), quienes la asociaron con deficiencias proteicas crónicas y la observaron con mayor frecuencia en primavera y verano; también se ha asociado a hígado graso (Reid *et al.*, 1979) y al pico de producción láctea, cuando ocurre una demanda alta de nutrientes (Parra *et al.*, 1999). Esta información coincide con lo reportado por Contreras *et al.* (1996), quienes estudiaron los desórdenes nutricionales más comunes en pequeños hatos lecheros de Chile, y encontraron que sólo un 20.5% de las hembras tuvieron niveles bajos de albúmina asociados con anemia durante el inicio de la lactancia, lo cual sugiere que la concentración sanguínea de la albúmina varía sólo en estados nutricionales muy pobres, como se señala en el trabajo de Hayes *et al.* (1996), quienes no encontraron cambios en las concentraciones de albúmina cuando complementaron con monensina a vacas lecheras en buena condición corporal un mes antes del servicio de inseminación artificial. En el presente estudio se considera que los valores bajos obtenidos de albúmina hayan sido el reflejo de una pobre condición corporal, como consecuencia de las condiciones climatológicas que imperaron durante el desarrollo del experimento, al implementar la complementación treinta días antes de la inseminación artificial, reflejando una deficiencia de aporte proteico durante época de lluvias, periodo en el cual los niveles proteicos y energéticos de los pastizales, base de la alimentación, son los más bajos al presentar un exceso de humedad.

La concentración sanguínea de *proteína total* permaneció dentro de los niveles normales en todos los tratamientos, entre las hembras con y sin complemento y con diferente condición corporal. Un decremento de la proteína total puede estar causado por fallas hepáticas, mala absorción, hemorragia, pérdida intestinal o renal de proteína y deficiencias de proteína en la dieta; por el contrario, los incrementos pueden ser causados por deficiencias relativas de agua, enfermedades crónicas, por baja inmunidad y en casos de paraproteinemia (Kaneko, 1989).

A través del presente estudio no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de proteína total antes y después de la complementación alimenticia según la época del año, encontrándose sólo en las hembras con complemento en época de secas. Las concentraciones encontradas fueron de 74.4 a 82.3 g/L en época de secas, mientras que en época de lluvias fueron de 74.2 a 77.6 g/L. Estos resultados son comparables con los valores reportados por Kaneko (1980) y Duncan y Prasse (1986), quienes encontraron de 65 a 75 g/L, a los señalados por Wittwer *et al.* (1987), que obtuvieron de 66 a 90 g/L, a los encontrados por Contreras *et al.* (1996), que fueron de 77 y 78 g/L para primavera y otoño, respectivamente, y a los encontrados por Rajora *et al.* (1997) para vacas Sahiwal con Jersey / Holstein Friesian, que fueron de 63.6 ± 1.7 g/L. En el presente estudio se observaron variaciones que pueden ser atribuidas al efecto estacional y consideradas como normales, según lo indicaron Sykes y Russel (1979), quienes además mencionan que tales variaciones pueden ser debidas a la lactación.

Incrementos en la concentración sanguínea de *urea* indican que existe: a) exceso de proteína o nitrógeno no proteico en la dieta, b) pobre calidad de la proteína en la dieta, c) deficiencias de carbohidratos y d) fallas renales, causadas por una nefritis intersticial crónica y progresiva. Por otra parte, la reducida concentración de urea es causada por fallas en el ciclo de la urea, que conducen a excesos de amonio en el cuerpo (Wittwer *et al.*, 1987).

En el presente estudio se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de urea antes y después de la complementación alimenticia en los diferentes tratamientos, a excepción de las hembras con complemento en época de secas. Los valores encontrados fueron de 2.9 a 3.7 mmol/L en época de secas, mientras que en

época de lluvias fueron de 2.1 a 3.4 mmol/L. Estos resultados son inferiores al compararlos con los valores reportados por Kaneko (1980) y Duncan y Prasse (1986), quienes encontraron de 7.1 a 10.7 mmol/L, y con los encontrados por Contreras *et al.* (1996), que fueron de 5.4 y 5.3 mmol/L para primavera y otoño, respectivamente. Resultan similares a los señalados por Wittwer *et al.* (1987), que obtuvieron valores de 2.8 a 7.5 mmol/L. Las concentraciones de urea en la época de lluvias al inicio del experimento fueron mínimas según lo reportado en la literatura, lo que indicaría un disminuido aporte de proteínas en la dieta, especialmente asociado al elevado contenido de agua en los pastos en esta época, pero también se puede asociar a deficiencias de energía con la consecuente baja síntesis proteica microbiana, ocasionando fallas en el ciclo de la urea que conducirían a un aumento del amonio ruminal. Sin embargo, al final del experimento las concentraciones de urea se encontraron dentro del rango normal reportado por los autores antes citados, lo que podría sugerir que las vacas que recibieron complementación alimenticia tuvieron una mejor adaptación a la demanda de energía al regular el ciclo de la urea, mientras que en las hembras que no recibieron complementación alimenticia este aumento en la urea pudo deberse a un mayor déficit de energía que no se corrigió y se mantuvo durante el experimento, lo que concuerda con lo señalado por Blowey (1972), quien indica que un déficit energético determina un aumento de las concentraciones de amonio ruminal por disminución de la síntesis de proteína bacteriana, aumentando las concentraciones de urea sanguínea, por lo que las altas concentraciones plasmáticas de urea observadas en los hatos especialmente en lluvias, se deberían más a un déficit energético en la ración que a un excesivo aporte proteico en ésta.

Componentes del metabolismo mineral

El cobre es un constituyente y activador de los sistemas enzimáticos para la utilización de la glucosa, y las consecuencias de las carencias se traducen en infertilidad, trastornos cardíacos y decoloración y caída del pelo (Tietz, 1982; Kaneko, 1989). En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de cobre antes y después de la complementación alimenticia en los diferentes tratamientos. Dichas concentraciones fueron de 5.7 a 6.5 $\mu\text{mol/L}$ en época de secas, mientras que en

época de lluvias fueron de 12.4 a 12.7 $\mu\text{mol/L}$, hallándose diferencia por efecto estacional. Las concentraciones en época de secas para las hembras con y sin complemento fueron similares, siendo éstas inferiores a los valores de referencia indicados por Manston y Allen (1981), que fueron de 7.5 a 15 $\mu\text{mol/L}$, a los de Gardner *et al.* (1976), que indicaron valores de 12.5 a 15.7 $\mu\text{mol/L}$, así como también a lo señalado por Rowlands *et al.* (1979), con concentraciones de 10.8 a 11.4 $\mu\text{mol/L}$. Los resultados obtenidos en época de lluvias indican que los valores se encontraron dentro de los rangos normales mencionados por los anteriores autores. Claypool *et al.* (1975), en hembras productoras de leche y carne, concluyeron que las concentraciones sanguíneas de cobre menores a 9.4 $\mu\text{mol/L}$ indican deficiencia, pero concentraciones mayores no indican necesariamente suficiencia. Suttle (1986) señaló que, en las vacas, valores sanguíneos de cobre menores a 3.1 $\mu\text{mol/L}$ indican franca deficiencia, así como que valores mayores a 9.4 $\mu\text{mol/L}$ pueden ser considerados adecuados. A pesar de que la deficiencia de cobre se ha relacionado con infertilidad en las vacas, esto no pudo demostrarse en este estudio, ya que se tuvo el efecto contrario, al encontrar concentraciones menores de cobre y mayor fertilidad en época de secas que en época de lluvias, cuando las concentraciones de cobre fueron normales. Además, la deficiencia de cobre puede ser simplemente una deficiencia del elemento causada por inadecuado consumo (primaria) o por la presencia de antagonistas del cobre (molibdeno, azufre y hierro) en la dieta (Gooneratne *et al.*, 1989). Se sabe que el azufre y el molibdeno interactúan con el cobre en el rumen, formando compuestos de cobre que no son absorbidos en el intestino delgado (Suttle, 1991). Esta información sugiere la necesidad de realizar posteriores estudios, en los cuales se contemple el muestreo de suelos y pastos para evaluar las concentraciones de cobre, molibdeno y sulfatos en éstos y poder determinar concretamente si la hipocuprosis se debe a una deficiencia del mineral en la dieta o a un exceso de molibdeno y sulfatos en suelos y pastos.

El *zinc* es esencial para la síntesis de las proteínas, para el crecimiento y la reproducción, mientras que la consecuencia de la carencia se traduce en dermatitis y cojeras (Tietz, 1982). En el presente estudio sólo se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de zinc antes y después de la complementación alimenticia, en las hembras

con y sin complemento, en época de secas, cuando fueron de 14.5 a 21.1 $\mu\text{mol/L}$, mientras que en época de lluvias fueron de 32.1 a 33.9 $\mu\text{mol/L}$. Además se encontró efecto por época del año. Las concentraciones en época de secas para las hembras con y sin complemento fueron similares entre sí al inicio del estudio, encontrándose éstas dentro de los valores de referencia indicados por Manston y Allen (1981), que fueron de 15 a 27 $\mu\text{mol/L}$, a los de Verheiden *et al.* (1980), que indicaron valores de 12.2 a 18.4 $\mu\text{mol/L}$., así como también a lo señalado por Price y Humphries (1980), con concentraciones de 12.2 a 16.8 $\mu\text{mol/L}$. Mills (1987), al evaluar el estatus mineral en los bovinos, indica que la concentración sanguínea normal de zinc es de 12.2 a 21.4 $\mu\text{mol/L}$; los niveles marginales varían entre 6.1 a 12.2 $\mu\text{mol/L}$ y valores menores a 6.1 $\mu\text{mol/L}$ indican deficiencia. Sin embargo, en este estudio las concentraciones en época de lluvias se encontraron por encima de los valores máximos señalados por los anteriores autores.

Es importante considerar que los resultados obtenidos de estos minerales al inicio del experimento III reflejan una similitud en las concentraciones sanguíneas del zinc en la época de secas para hembras con y sin complemento, observando un incremento en ambos grupos de hembras al término de la complementación alimenticia, mientras que en época de lluvias las concentraciones de zinc en los grupos con y sin complemento se mantuvieron iguales del inicio al término de la complementación alimenticia. Graham (1991) menciona que el zinc juega un papel importante en los procesos reproductivos de las hembras, especialmente durante el estro y la gestación, viéndose éstos afectados cuando hay deficiencia del mineral. Sin embargo, en época de secas donde se obtuvieron concentraciones bajas, pero que se encontraban dentro del rango normal citado en la literatura por diversos autores, se halló un mayor porcentaje de hembras que manifestaron conducta de estro y que quedaron gestantes, a diferencia de la época de lluvias cuando sucedió lo contrario y donde las concentraciones de zinc se encontraban ligeramente por arriba del rango normal ($\bar{X} = 32.8 \mu\text{mol/L}$).

En las observaciones del cobre se halló una ligera tendencia de disminución en la concentración sanguínea de este metabolito en ambas épocas del año en los grupos sin complementación alimenticia, la que probablemente estaría causada por los cambios en la

composición del forraje dentro de los potreros, así como por el estado de madurez de las plantas. Wittwer *et al.* (1988) plantean que, si bien este aspecto no está bien estudiado en los elementos traza, se describe una disminución en las concentraciones de zinc y cobre con la maduración de las plantas. Con base en esto último, de los resultados del presente estudio no se puede concluir que en los grupos de animales muestreados hayan existido deficiencias de cobre y zinc durante la época de secas y lluvias. Por lo tanto, es necesario establecer futuros experimentos que involucren la evaluación del suelo y los pastos en conjunto con los animales muestreados para corroborar con mayor precisión la correlación de las concentraciones del perfil metabólico en hembras *Bos taurus* / *Bos indicus* en la zona tropical.

A través del presente estudio, en el fósforo no se observó efecto estacional, ni se encontraron diferencias significativas en las concentraciones antes y después de la complementación alimenticia en los diferentes tratamientos, las cuales fueron de 1.32 a 1.63 y de 1.41 a 1.82 mmol/L en época de secas y lluvias, respectivamente. Estos resultados se encuentran por debajo de los valores normales señalados por Kaneko (1980) y Duncan y Prasse (1986), quienes encontraron de 1.8 a 2.1 mmol/L, y a los obtenidos por Parra *et al.* (1999), que fueron de 1.9 mmol/L, pero dentro del rango normal señalado por Wittwer *et al.* (1987), quienes encontraron valores de 1.1 a 2.3 mmol/L, por Contreras *et al.* (1996), de 1.5 mmol/L para primavera y otoño, y por Rajora *et al.* (1997) para vacas Sahiwal con Jersey / Holstein Friesian (1.47 ± 0.04 mmol/L). En el presente estudio no se halló algún indicador de deficiencia de fósforo, aunque con frecuencia, las concentraciones bajas están relacionadas con una inadecuada ingestión de alimentos; sin embargo, el hallar concentraciones séricas bajas de fósforo no necesariamente implica la existencia de alteraciones patológicas en el animal (Reed *et al.*, 1974).

El comparar las concentraciones de metabolitos encontradas en el presente estudio con las obtenidas en otros países resulta difícil, dada la diversidad de valores que proporciona la literatura, aunque en general varios son coincidentes. Estas diferencias en las concentraciones podrían deberse más al factor ambiental que genético, dado que cada hato tiene su propio sistema de manejo caracterizado por sus excesos o deficiencias.

La evaluación del perfil metabólico puede resultar limitada porque la sangre periférica puede no ser una muestra apropiada, y los análisis estadísticos de las relaciones entre los metabolitos y el rendimiento reproductivo resultan ser insuficientes para reflejar la complejidad de los mecanismos biológicos existentes (Rabiee *et al.*, 1999). Además, cada animal posee patrones diferentes del perfil metabólico que pueden cambiar con la edad; por ejemplo, los niveles de proteínas totales aumentan según la edad, y los de fósforo, albúmina y urea disminuyen al aumentar aquélla (Lee *et al.*, 1978). Es posible que estos patrones individuales que existieron en cada hembra del hato, independientemente de los cambios que se produjeron por la época del año, complementación alimenticia y la lactación, hayan influido en el rendimiento reproductivo – productivo. Aunque en el presente estudio se consideró que los valores medios de los grupos experimentales se encontraron dentro del valor normal para los bovinos, la dificultad radicó en decidir cuándo un valor promedio de los grupos en estudio fue anormal, normal bajo o normal alto con respecto a la media de la población y las áreas “normales”.

Debido a lo anterior, se puede concluir que los metabolitos sanguíneos no son lo suficientemente precisos para detectar o predecir cambios en el desarrollo reproductivo y la producción de leche. Son necesarios experimentos posteriores para decididamente tener la posibilidad de usar estos marcadores como herramientas experimentales en el trópico, pero más que nada considerar el desarrollo adecuado de tecnología para ayudar a los ganaderos a incrementar la producción de leche en el trópico.

CONCLUSIONES

En ambas partes del experimento I, la tasa de inducción al estro sólo se vió afectada por efecto de época del año, resultando mayor en secas que en lluvias, y del empleo del SMB, no influyendo ni la condición corporal ni la complementación alimenticia. Sin embargo, sólo el empleo del SMB tuvo efecto sobre la tasa de gestación a primer servicio en la primera parte del experimento I, mientras que en la segunda parte tuvieron efecto la condición corporal y el empleo del SMB. Asimismo, en la segunda parte, ninguno de los efectos principales del estudio influyeron sobre la actividad ovárica y las concentraciones de progesterona láctea.

En el experimento II, el empleo del Norgestomet mejoró la fertilidad en época de secas, pero no en época de lluvias, ya que se obtuvo una mayor respuesta a la inducción al estro y una mayor tasa de gestación a primer servicio. Además, el tiempo de manifestación de celo pòst-retiro de implantes fue menor en la época de secas sin complementación alimenticia que en los demás tratamientos, y el tiempo promedio de ovulación post-detección de estro fue de 25 ± 1.7 h en todos los grupos experimentales. Con respecto a la talla folicular, sólo fue afectada por la época del año antes de la acción del SMB en las hembras de celo inducido, siendo mayor en época de lluvias que en época de secas. Por último, ni la época del año ni la complementación alimenticia tuvieron efecto en la actividad folicular de las vacas en celo natural.

En el experimento III, se encontró efecto de la época del año en glucosa, albúmina, cobre y zinc, mientras que al inicio y final de la complementación alimenticia fue en glucosa, albúmina, urea, proteína total y zinc. La época del año fue la variable que afectó la tasa de gestación, ya que la fertilidad obtenida después de dos servicios de inseminación artificial fue mayor en la época de secas. En cuanto a la producción láctea, ninguno de los tratamientos la afectó, así como tampoco a las concentraciones de progesterona en leche. Finalmente, sólo la época del año afectó la condición corporal post-parto al inicio y final de los tratamientos.

LITERATURA CITADA

- Aluja, A., Acosta, R. y Pulido, A.: Comportamiento del ganado Holstein x Cebú en sistemas de lechería tropical. Decimaprimer Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México. pp.224-228 (1998).
- Ánta, E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A. y Zarco, L.: Análisis de la información publicada sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet. Méx.* 20:11-18 (1989).
- Aréchiga, C.F. y Hansen, P.J.: El estrés calórico en la reproducción del ganado lechero: sus problemas y algunas soluciones. Memoria. XXIII Simposium de Ganadería Tropical: Interacción Nutrición-Reproducción en Ganado Bovino. SAGAR-INIFAP. Veracruz, Ver. México. pp.17-30 (1997).
- Baird, G.D., Heitzman, R.J. and Hibbit, K.G.: Effects of starvation on intermediary metabolic change occurring during bovine ketosis. *Biochem. J.* 128:1311-1317 (1972).
- Baird, G.D.: Primary ketosis in the high producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention and outlook. *J. Dairy Sci.* 65:1 (1982).
- Barrientos, M.M.: Evaluación del efecto de dispositivos vaginales que contienen progesterona natural de liberación prolongada (CIDR) y benzoato de estradiol, sobre la fertilidad y actividad ovárica en ganado bovino bajo las condiciones del trópico húmedo mexicano. Tesis de Maestría. FMVZ, UNAM. México, D.F. (1999).
- Barros, C.M., Figueiredo, R.A., Papa, F.O. and Rocha, G.: Follicular growth in Nelore cows (*Bos indicus*) after PGF 2α administration. *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl. 1):216 (1993).
- Basurto, C.H., Alonso, D.M., Gutiérrez, C. y Orozco, T.S.: Determinación ultrasonográfica del tiempo de ovulación en novillonas Holstein x Cebú sincronizadas con PGF2 alfa en el trópico húmedo de México. Décima Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México: pp.222 -224 (1997).
- Blowey, R.W.: Metabolic profiles. Some aspects of their interpretation and use in the field. *Vet. Ann.* 13:21-30 (1972).
- Butler, W.R. and Smith, R.D.: Interrelationships between energy balance and post-partum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783 (1989).
- Cavalieri, J. and Fitzpatrick, L.A.: Oestrus detection techniques and insemination strategies in *Bos indicus* heifers synchronized with norgestomet-oestradiol. *Austr. Vet. J.* 72(5):177-182 (1995).
- Claypool, D.W., Adams, F.W. and Pendell, H.W.: Relationship between the level of copper in the blood plasma and liver of cattle. *J. Anim. Sci.* 41:911 (1975).
- Contreras, P.A., Valenzuela, L., Wittwer, F. and Bohmwald, H.: The most common nutritional disorders in small dairy herds in Valdivia, Chile. *Arch. Med. Vet.* 28:39-50 (1996).
- Corro, M., Rubio, I., Castillo, E., Galindo, L., Aluja, A., Galina, C.S. and Murcia, C.: Effect of blood metabolites, body condition and pasture management on milk yield and postpartum intervals in dual purpose cattle farms in the tropics of the state of Veracruz, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 38(2-3):101-117 (1999).

- Chen, K.H., Huber, J.T., Theurer, C.B., Simas, J., Santos, F., Chan, S.C. and Swingle, R.S.: Effect of substituting steam-flaked sorghum for concentrate on lactation and digestion in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 78 (2):362-367 (1995).
- De los Santos, V.S., Taboada, J.J., Martínez, E. y Ruiz, R.: Efecto de la lactación controlada, de implantes de progestágeno SC21009, de valerato de estradiol y progesterona en la inducción de la sincronización del estro en ganado bovino productor de carne. Resúmenes de la XIII Reunión Anual del Inst. Nal. Pec. SAG. México:68 (1976).
- Deutscher, G.H.: Estrus synchronization for beef cattle. *Vet. Med. Pract.* 68:288 (1987).
- Dziuk, P.J. and Bellows, R.A.: Management of reproduction of beef, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 2):355-362 (1983).
- Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W. and Kaneene, J.B.: Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:101-112 (1997a).
- Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W. and Kaneene, J.B.: Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:113-120 (1997b).
- Domínguez, M.B.: Dinámica folicular, concentraciones de progesterona y tasas de fertilidad en vacas en anestro tratadas con diversas dosis de progestágenos. Tesis de Maestría. FMVZ, UNAM. México (1999).
- Downie, J.G. and Gelman, A.L.: The relationship between changes in body weight, plasma glucose and fertility in beef cows. *Vet. Rec.* 99:210-212 (1976).
- Duncan, J.R. and Prasse, K.W.: Veterinary Laboratory Medicine. Ed. 2. Ames, Iowa. Iowa State University Press (1986).
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G.: A body condition scoring chart for Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78 (1989).
- Fajersson, P. and Edqvist, L.E.: Ultrasonographic characterisation of the onset of puberty; first ovulation is followed by the development of a corpus luteum and a short luteal phase in Brown Swiss and Zebu heifers. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):209 (1993).
- Ferguson, J.D.: Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet. Clinics of North Amer.: Food Anim. Pract.* 7:483-507 (1991).
- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics, 2. Parturition and Calving Intervals. *Anim. Breed. Abst.* 57:679-686 (1989).
- Galina, C.S., Calderón, A. and McCloskey, M.: Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology.* 17:485-498 (1982).
- Galina, C.S., Murcia, C., Beatty, A., Navarro-Fierro, R., Porras, A.: Reproductive performance of Zebu Cattle in Mexico. Proceedings, Final Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA Coordinated Research Programme entitled "Regional network for improving the reproductive management of milk and meat-producing livestock in Latin America with the aid of radio-immunoassay techniques", September 19-23, Bogotá, Colombia (In press) (1989).
- Galina, C.S., Orihuela, A., Duchateau, A. and Navarro-Fierro, R.: Reproductive performance of Zebu cattle in Mexico using artificial insemination. *Vet. Clinics of North Amer.* 3:619-632 (1987).

- Imakawa, K., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: The influence of dietary energy intake on progesterone concentrations in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56:454-459 (1983).
- Imakawa, K., Day, M.L., Zalesky, D.D., Garcia-Winder, M., Kittok, R.J. and Kinder, J.E.: Influence of dietary-induced weight changes on serum luteinizing hormone, estrogen and progesterone in the bovine female. *Biol. Reprod.* 35:377-384 (1986).
- Ireland, J.J. and Roche, J.F.: Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. *J. Reprod. Fert.* 64:295-302 (1982).
- Kaneko, J.J.: Clinical biochemistry of domestic animals. Ed. 3. New York. Academic Press, Inc. (1980).
- Kaneko, J.J.: Clinical biochemistry of domestic animals. Ed. 4. New York. Academic Press, Inc. (1989).
- King, M.E., Holland, M.D. and Mauck, H.S.: Synchronization of estrus in beef cows with norgestomet-alfaprostol or Syncro-Mate B. *Theriogenology.* 30:785 (1988).
- Koppel, R.W., Padilla, R.F., Hernández, L. J., Román, P.H., Pérez, S.J. y Castillo, R.H.: Comportamiento reproductivo del ganado bovino lechero en clima tropical 4. Duración del estro, ovulación y respuestas fisiológicas en tres genotipos en dos épocas del año. *Tec. Pec. Mex.* 47: 71-77 (1984).
- Landivar, C., Galina, C.S. and Duchateau, A.: Fertility trial in Zebu cattle after a natural or controlled estrus with prostaglandin F2 alfa, comparing natural mating with artificial insemination. *Theriogenology.* 23 (3):421-429 (1985).
- Lokhande, S.M., Patil, V.H., Mahajan, T.C., Phadnis, Y.P., Humbolt, P.J. and Thibier, M.: Fertility in synchronized estrus in crossbreed (*Bos taurus* x *Bos indicus*) heifers. *Theriogenology.* 20(4):397-406 (1983).
- López, S.F. y Páez, M.J.R.: Combinaciones de diferentes dosis de progestágenos con eCG para la resolución del anestro posparto en vacas *Bos taurus* / *Bos indicus*. Tesis de Licenciatura. FMVZ, UV. Veracruz, México (1999).
- Lucy, M.C., Savio, J.D., Badinga, L., Dè La Sota, R.L. and Thatcher, W.W.: Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci.* 70:3615-3626 (1992).
- Luthra, R.A., Khar, S. K. and Singh, K.P.: Oestrus induction and synchronization in cows and buffaloes with synthetic progestagens. *Ind. J. Anim. Sci.* 64(10):1060-1061 (1994).
- Manston, R. and Allen, W.M.: The use of blood chemistry in monitoring the health of farm livestock. *Br. Vet. J.* 137:241-247 (1981).
- Manston, R., Ditchenhan, B.A. and Baldry, A.F.: The influence of system of husbandry upon the blood composition of bulls and steers reared for beef production. *Br. Vet. J.* 133:37-45 (1977).
- McDowell, R.E.: Meeting constrains to intensive dairying in tropicals areas. Dept. of Anim. Sci. *Cornell Univer.*, USA. (1985).
- McDowell, R.E.: Dairying with improved breeds in warm climates. *Published by Kimmickinnic Agri-Sultants, Inc.* pp.23-54 (1994).
- McGowan, M.R., Carroll, C.L. and Davies, F.J.: Fixed time insemination of *Bos indicus* heifers following the use of Synchronate-B (SMB) to synchronize estrus. *Theriogenology.* 37: 1293-1298 (1992).
- McNatty, K.P., Hudson, N., Gibb, M., Henderson, K.M., Lun, S., Heath, D. and Montgomery, G.W.: Seasonal difference in ovarian activity in cows. *J. Endocrinol.* 102:189-198 (1984).

- Medrano, E.A., Hernández, O., Lamothe, C. and Galina, C.S.: Evidence of asynchrony in the onset of oestrous signs in Zebu Cattle following Synchronate B treatment. *Res. Vet. Sci.* (1996)
- Mezzadra, C., Homse, A., Sampedro, D. and Albeiro, R.: Pubertal trades and seasonal variation of the sexual activity in Brahman, Hereford and Crossbred heifers. *Theriogenology*. 40:987-996 (1993).
- Mikeska, J.C. and Williams, G.L.: Timing of preovulatory endocrine events, estrus and ovulation in Brahman x Hereford females synchronized with Norgestomet and estradiol valerate. *J. Anim. Sci.* 66:939-946 (1988).
- Mills, C.F.: Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *J. Anim. Sci.* 65:1702 (1987).
- Montiel, P.F.: Implementación de un programa de transferencia de embriones Holstein - Cebú criopreservados, sexados y fertilizados *in vitro* con productores del trópico húmedo. Tesis de Maestría. FMVZ, UNAM. México, D.F. (1996).
- Moreno, F.I., Galina, H.C., Basurto, C.H. y Navarro-Fierro, R.: Estudio comparativo sobre el tiempo de ovulación en un estro natural y uno sincronizado con PGF2 alfa en la vaca Indobrasil. Memorias. Reunión de Investigación Pecuaria México. UNAM-SARH. México, D.F. pp.187 (1985).
- Murphy, M.G., O'Callaghan, D., Rath, M., Austin, F.H. and Roche, J.F.: Effect of avoparcin and bovine somatotrophin on measures of production and reproduction in dairy cows. *Anim. Prod.* 59 (3):321-326 (1994).
- Odde, K.G.: A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68:817 (1990).
- Orihuela, A., Galina, C.S. and Duchateau, A.: The efficiency of estrus detection on fertility following synchronization with PGF2 α or Synchronate B in Zebu Cattle. *Theriogenology*. 32:745-753 (1989).
- Parker, B.N.J. and Blowey, R.W.: Investigations into the relationship of selected blood components to nutrition and fertility of the dairy cow under commercial conditions. *Vet. Rec.* 98:394-404 (1976).
- Parra, O., Ojeda, A., Combellas, J., Gabaldon, L., Escobar, A., Martinez, N. and Benezra, M.: Blood metabolites and their relationship with production variables in dual-purpose cows in Venezuela. *Prev. Vet. Med.* 38:133-145 (1999).
- Payne, J.M., Dew, S.M., Manston, R. and Faulks, M.: The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Vet. Rec.* 87:150-158 (1970).
- Payne, J.M., Rowlands, G.J., Manston, R. and Dew, S.M.: A statistical appraisal of the results of metabolic profile test on 75 dairy herd. *Br. Vet. J.* 129:370-381 (1973).
- Plasse, D., Warnick, A.C. and Koger, M.: Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x Brithis heifers. *J. Anim. Sci.* 27:94-100 (1968).
- Plasse, D., Warnick, A.C. and Koger, M.: IV. Length of oestrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *J. Anim. Sci.* 30:63 (1970).
- Plasse, D., Baver, B., Verde, O. y Aragunde, M.: Influencias genéticas y ambientales sobre la eficiencia productiva de vacas Criollas, Cebú y sus cruces. Memorias de ALPA, Maracay, Venezuela. *ALPA* 10:57-73 (1975).

- Pleasant, A.B. and Ginindza, M.M.: The effect of pre-calving nutrition on the productivity of beef breeding cows in Swaziland. *Zimbabwe J. Agric. Res.* 19:7-12 (1981).
- Poppi, P.D. and McLennan, R.S.: Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278 (1995).
- Porras, A.A. y Galina, C.S.: Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. Memorias V Curso Internacional de Reproducción Bovina. *A.I.B.I.R.*, México. pp.187-192 (1993).
- Putney, D.J., Mullins, S., Thatcher, W.W., Drost, M. and Gross, T.S.: Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19:37-51 (1989).
- Rabiee, A.R., Lean, I.J., Gooden, J.M. and Miller, B.G.: Relationship among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 82:39-44 (1999).
- Rajora, V.S., Pachauri, S.P. and Gupta, G.C.: Blood profiles in dairy animals of different lactations and production. *Ind. J. Dairy Sci.* 50(5):388-392 (1997).
- Randel, R.D., Short, R.E., Christensen, D.S. and Bellows, R.A.: Effects of various mating stimuli on the LH surge and ovulation time following synchronization of estrus in the bovine. *J. Anim. Sci.* 37:128 (1973).
- Rasby, R.J., Wettemann, R.P., Harms, P.G., Lusby, K.S. and Wagner, J.J.: GnRH in the infundibular stalk-median eminence is related to percentage body fat in carcasses of beef cows. *Dom. Anim. Endoc.* 9(1):71-76 (1992).
- Reed, J.B.H., Smith, S.D., Doxey, D.L., Forbes, A.B., Finlay, R.S., Gerering, I.W. and Wright, J.D.: Serum inorganic phosphate, calcium and magnesium levels of cattle in Botswana. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 6:23-29 (1974).
- Reid, J.M., Roberts, C.J. and Manston, R.: Fatty liver and infertility in high yielding dairy cows. *Vet. Rec.* 104:75-76 (1979).
- Reid, J.M. and Roberts, C.J.: Fatty liver in dairy cows. *Practice.* 4:164-169 (1982).
- Rhodes, F.M., De'ath, G. and Entwistle, K.W.: Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Anim. Rep. Sci.* 38:265-277 (1995).
- Richards, M.W., Spicer, L.J. and Wettemann, R.P.: Influence of diet and ambient temperature on bovine serum insulin-like growth factor-I and thyroxine: relationship with non-esterified fatty acids, glucose, insulin, luteinizing hormone and progesterone. *Anim. Reprod. Sci.* 37:267-279 (1995).
- Richards, M.W., Wettemann, R.P. and Schoenemann, H.M.: Nutritional anestrus in beef cows: body weight changes, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:1520-1526 (1989).
- Roberts, C.J., Reid, J.M., Dew, S.M., Stark, A.J., Baird, G.D., Collins, R. and Mather, D.: The effects of underfeeding for 6 months during pregnancy and lactation on blood constituents, milk yield and body weight of dairy cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 90:383-394 (1978).
- Roditan, P., King, G.J., Subrod, S. and Pongpiachan, P.: Oestrus behaviour of Holstein cows during cooler and hotter tropical seasons. *Anim. Reprod. Sci.* 45:47-58 (1996).
- Romero, F.M.Z.: Efecto sobre la producción de leche del pastoreo restringido de Kudzú con vacas doble propósito en pastoreo intensivo de Señal. Décima Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México. Memoria. pp.229-233 (1997).

- Romero, F.M.Z.: El impacto de "El Niño" en la producción lechera de un hato de doble propósito. Decimasegunda Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México. Memoria. pp.160-164 (1999).
- Rowlands, G.J., Little, W., Stark, A.J. and Manston, R.: The blood composition of cows in comercial dairy herds and its relationship with season and lactation. *Br. Vet. J.* 135:64-74 (1979).
- Ruegg, P.L.: Body condition scoring in dairy cows: Relationship with production, reproduction, nutrition and health. *Comp. Cont. Ed.* 13:1309-1313 (1991).
- Savio, J.D., Keenan, L., Boland, M.P. and Roche, J.F.: Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. *J. Reprod. Fert.* 83:663-671 (1988).
- Schultz, L.H.: Ketosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 51:1133-1136 (1968).
- Senatore, E.M., Butler, W.R. and Oltenacu, P.A.: Relationship between energy balance and postpartum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *Anim. Sci.* 62:17-23 (1996).
- Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli and Custer, E.E.: Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816 (1990).
- Sirois, J. and Fortune, J.E.: Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308-317 (1988).
- Soest, P.J.- Van: Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. XVI Simposium de Ganadería Tropical. 4º Ciclo de Conferencias sobre Bovinos de Doble Propósito. SARH-INIFAP. Veracruz, Ver. México. pp.85 (1993).
- Soto, C.R., Galina, C.S., Rubio, I., Castillo, E. y Basurto, H.: Efecto de la suplementación alimenticia sobre el desempeño productivo y reproductivo de vaquillas Brahman a pastoreo en el trópico húmedo de México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (1):51-64 (1997).
- Stahnger, R.C., Neuendorff, D.A. and Randel, R.D.: Seasonal variation in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology.* 34:407-415 (1990).
- Suttle, N.F.: Problems in the diagnosis and anticipation of trace elements deficiencies in grazing livestock. *Vet. Rec.* 119:148 (1986).
- Suttle, N.F.: The interactions between copper, molybdenum and sulphur in ruminant nutrition. *Annu. Rev. Nutr.* 11:121 (1991).
- Sykes, A.R. and Russel, A.J.F.: Seasonal variation in plasma protein and urea nitrogen concentrations in hill sheep. *Res. Vet. Sci.* 27:223-229 (1979).
- Tegegne, A., Entwistle, K.W. and Mukasa-Mugerwa, E.: Plasma progesterone and blood metabolite profiles in postpartum Small East African Zebu Cows. *Anim. Trop. Hlth. Prod.* 25:101-110 (1993).
- Tietz, N.W.: Fundamentals of clinical chemistry. 2nd Ed. W.B. Saunders Co., Toronto, Canada (1982).
- Troconiz, J.F.: Duration of the estrous cycle, estrus and ovulation time in Brahman heifers. Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela (1976).

- Villagómez, A.M.E., Zárate, M.J., Villa, G.A., González, P.E. y Vásquez, P.C.: Efecto de la suplementación energética y la presencia del becerro sobre la condición corporal, el consumo voluntario y la producción de leche de vacas de doble propósito. Decimaprimera Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México. Memoria. pp.232-234 (1998).
- Wild, S.C.: Distribución de la fertilidad en los noventa días siguientes al estro natural o inducido con prostaglandinas bajo monta natural o inseminación artificial. Tesis de Maestría. FMVZ, UNAM. México, D.F. (1989).
- Wishart, D.F. and Young, I.M.: Artificial insemination of progestin (SC 21009) treated cattle at predetermined times. *Vet. Rec.* 95:503-508 (1974).
- Wittwer, F., Boehmwald, H., Contreras, P. y Filoza, J.: Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos en rebaños lecheros en Chile. *Arch. Méd. Vet.* 19:19-35 (1987).
- Wittwer, F., Contreras, P., Böhmwald, H., Anrique, R. and Fuchslocher, R.: Concentraciones de zinc y cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X Región-Chile. *Arch. Méd. Vet.* 20:118-125 (1988).
- Wolfenson, D., Bartol, F.F., Badinga, L., Barros, C.M., Marple, D.N., Cummings, K., Wolfe, D., Lucy, M.C., Spencer, T.E. and Thatcher, W.W.: Secretion of PGF₂ α and oxytocin during hyperthermia in cyclic and pregnant heifers. *Theriogenology*. 39:1129-1141 (1993).
- Wright, P. and Malmo, J.: Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet. Clinics of North Amer.: Food Anim. Pract.* 8(1):60-64 (1992).