

# Efecto de la estación y la inclusión de grasas saponificadas sobre el anestro posparto y la función tiroidea de vacas cebú

## Effects of season and supplemental calcium soaps on reproduction and thyroid function in zebu cows

Eugenio Villagómez Amezcua Manjarrez<sup>a</sup>, Juan Zárate Martínez<sup>b</sup>, Hugo Arellano Martínez<sup>†</sup>, Víctor Delio Hernández Hernández<sup>b</sup>, Jorge Fajardo Guel<sup>c</sup>

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar los efectos de la inclusión de grasas protegidas (G) a la dieta de vacas Indobrasil (n=23), sobre la duración del anestro posparto y la función tiroidea (FT). A partir del parto, se ofrecieron 4 kg/día de la dieta testigo (T) o la misma cantidad de una dieta formulada para incluir 0.4 kg/d de G. Se estimó que las dos dietas contenían 2.17 Mcal de EM/kg de MS. Se observaron celos dos veces/día, desde los 10 días posparto. El primer cuerpo lúteo (CL) se determinó mediante radioinmunoanálisis para progesterona de muestras colectadas cada cinco días. Para determinar la FT, triyodotironina (T<sub>3</sub>) y tiroxina (T<sub>4</sub>) séricas se radioinmunoanalizaron en sueros obtenidos con la frecuencia descrita. Se realizó un análisis de varianza donde los efectos principales fueron la dieta (G o T), la estación del año (primavera=E1 u otoño=E2) y su interacción. Las variables reproductivas fueron días al primer CL (D1CL) y al primer estro (D1E). La FT se determinó mediante un análisis para medidas repetidas de T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>; el criterio de diferencia fue  $P < 0.05$ . Los D1E y D1CL fueron afectados por la interacción (D1E: G-E1=76a, G-E2=55b, T-E1=100c, T-E2=53b días EE=2.8, D1CL: G-E1=64a, G-E2=35b, T-E1=70c, T-E2=44d días EE=0.6). Asimismo la FT fue afectada por la interacción (T<sub>3</sub>: G-E1=119a, G-E2=88b, T-E1=95bc, T-E2=102c ng/dl EE=3.1, T<sub>4</sub>: G-E1=4.1a, G-E2=3.5b, T-E1=3.7b, T-E2=5.1c ug/dl EE=0.2). Las grasas interactuaron con la estación para reducir la duración del anestro y modificar la función tiroidea.

**PALABRAS CLAVE:** Cebú, Grasas protegidas, Anestro, Función tiroidea.

### ABSTRACT

The effects of supplemental calcium soaps (CSFA) and season on reproductive responses and thyroid function were studied in zebu cows. Twenty three early postpartum Indobrasil cows were assigned at random to receive 0 (Control Diet=CD) or 0.4 kg/d CSFA (Dietary Fat=DF) incorporated to supplemental feed (EM=2.17). Estrus detection was performed during 1 h periods at 12 h intervals. Blood samples were collected at 5 d intervals for progesterone (P<sub>4</sub>), triiodothyronine (T<sub>3</sub>) and thyroxin (T<sub>4</sub>). First behavioral oestrus was detected and confirmed by an increase in plasma P<sub>4</sub>. A 2 x 2 factorial design was used, in which the main effects were: diet (CD or DF) and season (Spring {SP} or Fall {AU}). Dependent variables were: the interval from appearance of the first postpartum *corpus luteum* (D1CL), first estrus (D1E), T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub>. Data were analyzed through ANOVA and the criterion for statistical difference between means was  $P < 0.05$ . D1E and D1CL were affected by the interaction (D1E: DF-SP=76a, DF-AU=55b, CD-SP=100c, CD-AU=53b days EE=2.8; D1CL: DF-SP=64a, DF-AU=35b, CD-SP=70c, CD-AU=44d days EE=0.6). Also, the thyroid function was affected by the following interaction (T<sub>3</sub>: DF-SP=119a, DF-AU=88b, CD-SP=95bc, CD-AU=102c ng/dl EE=3.1, T<sub>4</sub>: DF-SP=4.1a, DF-AU=3.5b, CD-SP=3.7b, CD-AU=5.1c ug/dl EE=0.2). It can be concluded that CSFA and season interact by means of a reduction of anovulation interval and postpartum anoestrus and through thyroid function changes in zebu cows.

**KEY WORDS:** Zebu, Dietary fat, Season, Anestrus, Thyroid function.

Recibido el 19 de septiembre de 2002 y aceptado para su publicación el 4 de febrero de 2003.

a Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Microbiología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 15.5 Carretera México-Toluca. Col. Palo Alto. 05110. México DF. Tel. 55-70-31-00 Ext. 50. villagoe@micro.inifap.conacyt.mx. Correspondencia y solicitud de separatas.

b CIR Golfo Centro, INIFAP-SARH.

c Dirección de la División Pecuaria, INIFAP.

## INTRODUCCION

El ganado productor de carne de las áreas tropicales y subtropicales generalmente se maneja en condiciones extensivas, por lo que su dieta principal se basa en forrajes de baja calidad que dependen de las estaciones del año<sup>(1)</sup>. Dicha ganadería está constituida básicamente por animales cebú y sus cruza con razas europeas, los cuales han mostrado una gran adaptación a las condiciones existentes en el trópico<sup>(2)</sup>; sin embargo, sus índices productivos son relativamente bajos, debido a que presentan una madurez sexual tardía, largos períodos de anestro posparto y una marcada estacionalidad en la producción de becerros<sup>(3)</sup>; por lo que se requiere mejorar el manejo reproductivo, con el fin de lograr una mayor producción de carne.

Los ácidos grasos saponificados a sales de calcio proporcionan un método para incrementar la densidad energética en los suplementos sin afectar la utilización del forraje<sup>(4)</sup>. La inclusión de grasas protegidas a la dieta de vacas lecheras afecta de manera positiva diversos parámetros reproductivos<sup>(5,6)</sup>, aunque se desconoce el mecanismo por el cual influyen la reproducción; es posible que su consumo promueva un retorno rápido al balance energético, y por ende acelere el reinicio de la actividad ovárica posparto<sup>(7,8)</sup>. Adicionalmente, el ácido linoléico presente en dichas grasas, puede mejorar el reclutamiento folicular y las tasas de concepción<sup>(9)</sup>. Es probable que se estimule el transporte de colesterol lipoproteico por el intestino, y se incremente la concentración plasmática del colesterol de las lipoproteínas de baja y alta densidad<sup>(10)</sup>.

Al inicio de la lactación se presentan alteraciones marcadas en la repartición de los nutrimentos y en el metabolismo general del animal<sup>(11)</sup>. Con base en los cambios de la concentración sanguínea de hormonas tiroideas durante la lactación y su asociación con la producción de leche, se ha propuesto que dichas hormonas pueden tener un papel importante en la manutención del gasto de energía en funciones de alta prioridad, como la lactación y el amamantamiento<sup>(12)</sup>. Asimismo, en un estudio realizado con vacas de doble propósito

## INTRODUCTION

Beef production in the tropics and subtropics is generally subject to extensive management, being its main feed, low quality pastures which vary in quality with each season<sup>(1)</sup>. The cattle raising industry in these regions is based mainly on pure zebu breeds and zebu x european crosses, which have shown great capacity to produce in the tropics and subtropics<sup>(2)</sup>. However, production indexes are relatively low, owing to their late sexual maturity, long postpartum anoestrus and a marked seasonality in calf production<sup>(3)</sup>. Owing to this, reproduction management to increase beef production should be improved.

Calcium soaps provide a method to increase energy density of feed supplements without affecting forage intake<sup>(4)</sup>. Introduction of protected fats to dairy cows' diets affect positively several production parameters<sup>(5,6)</sup> through unknown mechanisms, although it could be possible that they promote a quick return to an energy balance and therefore to speed up a restart of ovarian activity<sup>(7,8)</sup>. Additionally, linolenic acid, found in these fats is known to improve follicular recruitment and conception rates<sup>(9)</sup>. Most probably lipoproteic cholesterol transportation in the intestine is stimulated and also an increase of cholesterol concentration in low and high density lipoproteins<sup>(10)</sup> could be expected.

At the beginning of lactation, sharp changes in general metabolism and in nutrients' partition are usually found<sup>(11)</sup>. Based on changes in blood hormone concentration during lactation, and to its association to milk production, it has been suggested that these hormones could play an important role in energy maintenance in high priority functions, as lactation and milk feeding<sup>(12)</sup>. Besides, in a study carried out on dual purpose cows in the tropics, thyroid hormones and their quotient associated positively to the energy balance, and showed higher correlation coefficients with postpartum reproduction variables<sup>(13,14)</sup>. To date no studies which relate the thyroid function to a protected fat intake and to reproductive behavior of zebu cows in the tropics can be found.

mantenidas en clima tropical, se observó que las hormonas tiroideas y el cociente de éstas se asociaron de manera positiva al balance energético, y tuvieron los coeficientes de correlación más altos en relación con las variables reproductivas posparto analizadas<sup>(13,14)</sup>. A la fecha no existen estudios que relacionen la función tiroidea al consumo de dieta con grasas protegidas y al comportamiento reproductivo de vacas cebú mantenidas en clima tropical.

Finalmente, la generalidad de los autores considera que las hembras bovinas son poliéstricas continuas<sup>(15,16)</sup>; sin embargo, estudios sobre ganado cebú han informado variaciones estacionales en cuanto a la manifestación de estros<sup>(17,18)</sup> y a las tasas de fecundación de estos animales<sup>(19)</sup>. Por lo tanto, existe la posibilidad de que el efecto del consumo de grasas protegidas sobre la actividad reproductiva de vacas, pueda diferir entre estaciones, y dicha variación esté influenciada por la especie y la raza de los animales.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la estación y de la inclusión de grasas protegidas, a la dieta de vacas Indobrasil mantenidas en clima tropical, sobre la primera ovulación posparto, la duración del anestro posparto y la función tiroidea.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 23 vacas Indobrasil de dos o más partos, pertenecientes al Campo Experimental "Playa Vicente" (CIRGOC-INIFAP). El clima en la región es tropical Amg<sup>(20)</sup> con temperatura media anual de 26 °C y precipitación promedio anual de 2,000 mm; localizado a 17° 9' Norte y 19° 65' Oeste a 95 msnm.

Los animales fueron asignados al azar, según fecha y número de parto, a cuatro grupos derivados de un arreglo factorial 2 x 2, cuyos factores principales fueron la dieta y la estación del año. La combinación de tratamientos fue: 1) vacas con un suplemento energético adicionado con grasas saponificadas a sales calcio durante la primavera (n=7); 2) vacas con un suplemento energético (dieta control) sin

Last but not least, most authors consider that bovine females are real uninterrupted poliestic<sup>(15,16)</sup>, however, studies carried out in zebu cattle have reported seasonal variations relative to oestrous<sup>(17,18)</sup> and conception rates. Therefore, there is a possibility that an effect of protected fat intake on cows' reproductive activity can vary with seasons, and that this variation is influenced by the animals' species and breeds.

Due to the above, the objective of the present study was to assess the effects of season and of an introduction of protected fats to diets of Indobrasil cows living in the tropics, on the first postpartum ovulation, on postpartum anoestrus time-span and on the thyroid function.

## MATERIALS AND METHODS

Twenty three Indobrasil with two or more previous calvings, were used in this study which was carried out at INIFAP's Playa Vicente Experimental Station, in the State of Veracruz, Mexico, located at 17° 9' N and 109° 65' W and at 65 m above sea level. The area's climate can be characterized as Amg Tropical, with a 26 °C average mean annual temperature and 2,000 mm average annual rainfall<sup>(20)</sup>,

Animals were allocated at random, in accordance with delivery date and number to four groups in a 2 x 2 factorial arrangement, whose main factors were diet and season. Treatments were 1) cows with energy supplement added with calcium soaps in spring (n=7), 2) (control) cows with energy supplement and no calcium soaps in spring (n=6), 3) cows with energy supplement added with calcium soaps in fall (n=5), 2) cows with energy supplement and no calcium soaps in fall (n=5).

Both supplements were formulated to contain the same amount of nitrogen (Table 1) and were offered at 4 kg/d from the first day postpartum to the second oestrus. The fat treatment diet was formulated to include Megalac (Church & Dwight Co., Princeton NJ, USA) 400 g/d, because several studies<sup>(6)</sup> have indicated that this amount allows for surpass to the small intestine of more than 30 g

adición de grasas saponificadas a sales calcio durante la primavera (n=6); 3) vacas con un suplemento energético adicionado con grasas saponificadas a sales calcio durante el otoño (n=5); 4) vacas con un suplemento energético sin adición de grasas saponificadas a sales calcio durante el otoño (n=5).

Los dos suplementos fueron formulados para ser isonitrogenados (Cuadro 1) y se ofrecieron 4 kg de los mismos, del primer día posparto hasta la presentación del segundo estro. La dieta del tratamiento con grasa se formuló para incluir 400 g al día de Megalac (Church & Dwight Co., Princeton, NJ), debido a que en diversos estudios<sup>(6)</sup> se ha estimado que la cantidad antes mencionada, permite un sobrepeso al intestino delgado superior a los 30 g, tanto del ácido graso linoleico como del linolénico. Asimismo, se estimó que la cantidad de grasa proporcionada representó menos del 3 % del total de materia seca consumida. Todos los animales se manejaron en condiciones similares de pastoreo rotacional, y tuvieron libre acceso a una mezcla de sales minerales y agua; el amamantamiento del becerro fue restringido a una hora por la mañana y una hora por la tarde. Los animales fueron pesados al inicio del experimento y posteriormente cada 15 días. Además se determinó su condición corporal en una escala de 10 puntos (1 muy flaca, y 10 obesa), mediante examen visual y palpación de la zona lumbar y del maslo de la cola (dos evaluadores independientes). Las mediciones de condición corporal se llevaron a cabo cada siete días a partir del parto.

Con el fin de determinar el reinicio del estro posparto, desde los 10 días posparto, todos los animales fueron observados durante dos períodos de una hora cada uno (0700 a 0800 y 1700 a 1800). El criterio para determinar de estro fue la monta homosexual. Para confirmar la presencia de cuerpos lúteos se colectaron muestras de sangre, a intervalos de cinco días desde el inicio del experimento hasta la presentación del segundo estro posparto. La sangre fue refrigerada por 16 h para su proceso de coagulación, y se centrifugó a 500 rpm a 5 °C para la colección de suero, en donde se cuantificó progesterona (P<sub>4</sub>) mediante un estuche comercial de progesterona en fase sólida (DPC,

Cuadro 1. Composición de las dietas (%)\*

Table 1. Diet Composition (%)\*

Component	With protected fat	Without protected fats
Ground corn	18.5	73.5
Canola	50.0	-
Meat meal	13.0	17.7
Molasses	5.5	5.0
Urea	1.0	1.9
Fatty acids**	10.0	-
Minerals***	1.0	0.95
Salt	1.0	0.95
Metabolic energy Mcal/kg/day	3.4	3.2
Crude protein, %	22.9	22.3

\* Dry matter base.

\*\* Calcium soaps of fatty acids; Megalac (Church & Dwight; Princeton, N.J.)

\*\*\* Minerals content in commercial formulation (Superbayphos Bayer): Ca (12 %), P(10 %), I (200 mg/kg), Mg (0.1 %), Cu (150 mg/kg), Mn (550 mg/kg), Co (50 mg/kg), Fe (500 mg/kg), Zn (129 mg/kg).

of linolenic and linoleic acids. Besides, fat represented less than 3 % of dry matter intake. All animals were kept in a pasture with a rotational grazing pattern and free access to water and mineral salts. Milk feeding to calves was restricted to 1 h in the morning and 1 h in the afternoon. All animals were weighted at the beginning of the experiment and at 15 d intervals thereafter. Every 7<sup>th</sup> day, individual body condition was graded in accordance with a 10 points scale (1=very thin, 10=obese) visually and with palpation at the lumbar area and at the tail by two independent evaluators.

To determine a postpartum oestrus restart, from day 10 postpartum on, all animals were observed daily for two 1 h periods (0700 to 0800 and 1700 1800). Criterion to determine oestrus was homosexual mounting. To confirm the presence of *corpus luteum*, blood samples were collected every five days from the experiment's beginning to the second postpartum oestrous. Blood was kept refrigerated for 16 h for coagulation, was centrifuged

Los Angeles Ca.); y el criterio para determinar la presencia de un cuerpo lúteo fue cuando se observó una concentración de progesterona igual o mayor a 1 ng/ml en dos muestras sanguíneas consecutivas. Para determinar la función tiroidea, triyodotironina ( $T_3$ ) y tiroxina ( $T_4$ ) séricas se cuantificaron mediante un radioinmunoanálisis en fase sólida (DPC, Los Angeles Ca.), en sueros obtenidos con la frecuencia y manejo descritos para la determinación de progesterona.

Se realizó un análisis de varianza para un diseño factorial 2 x 2, mediante el procedimiento GLM de SAS<sup>(21)</sup>. Las fuentes de variación fueron la dieta (grasas protegidas o testigo), la estación del año (primavera u otoño) y su doble interacción. Las variables dependientes reproductivas fueron: días al primer cuerpo lúteo y días al primer estro. La función tiroidea se determinó mediante un análisis de varianza para un diseño factorial 2 x 2 con medidas repetidas dentro del animal<sup>(22)</sup>, de los cambios de las concentraciones de  $T_3$  y  $T_4$  observados durante los primeros 60 días posparto. Las fuentes de variación fueron las descritas para las variables reproductivas y se incluyó en el modelo el efecto de la muestra. Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos se usó la opción "pdiff" del GLM<sup>(21)</sup>. Colateralmente se revisaron las correlaciones simples entre las variables reproductivas y las de función tiroidea<sup>(21)</sup>. En todos los modelos se incluyó la condición corporal al parto como covariable.

## RESULTADOS

En la Figura 1 se puede observar que las vacas que recibieron grasas protegidas en la dieta, tuvieron menores intervalos del parto a la primera ovulación y al primer estro posparto, en comparación con las que recibieron la dieta testigo ( $P < 0.05$ ). De igual manera, en la Figura 2 se observa que la época del año afectó los mismos parámetros reproductivos, siendo menores durante el otoño ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, se observó un efecto significativo de la interacción entre la dieta y la estación del año ( $P < 0.05$ ) sobre los intervalos reproductivos estudiados, los cuales se redujeron en las vacas que recibieron el tratamiento de grasas durante la

at 500 rpm at 5 °C for serum collection in which Progesterone ( $P_4$ ) was determined by means of a solid phase commercial progesterone test kit (DPC, Los Angeles, CA), and criterion for *corpus luteum* presence was a progesterone concentration of 1 ng/ml or higher in two consecutive blood samples. To determine thyroid function, triiodothyronine ( $T_3$ ) and thyroxin ( $T_4$ ) in serum obtained with the method described previously, were graded through solid phase radio immune analysis (DPC, Los Angeles, CA).

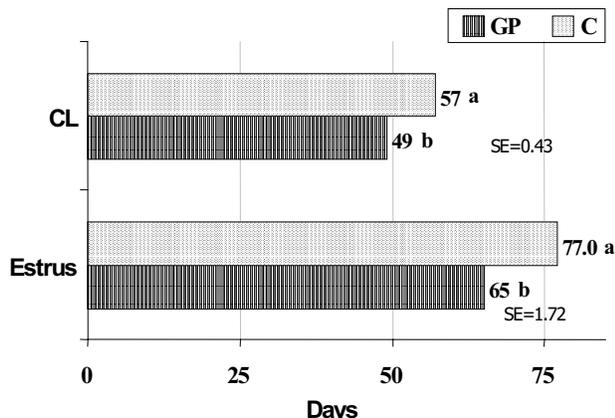
Variance analysis for a 2 x 2 factorial arrangement was carried out through the GLM procedure of SAS<sup>(21)</sup>. Variation sources were diet (control or protected fats), season (Spring or Fall) and their double interaction. Reproductive dependent variables were: days to the first *corpus luteum* and days to the first oestrus. Thyroid function was determined through a variance analysis for a 2 x 2 factorial arrangement with replications for the same animal<sup>(22)</sup>, of  $T_3$  and  $T_4$  concentration changes observed in the first 60 d postpartum. Variation sources were those described for reproductive variables and was included in the sample's effect model. When differences between treatments were detected, GLM's "pdiff" option was used<sup>(21)</sup>. Collaterally, simple correlations between thyroid function and reproductive variables were analyzed<sup>(21)</sup>. In all models, body condition at calving was included as a co-variable.

## RESULTS

As can be seen in Figure 1, cows who were fed with protected fats, showed a shorter period to the first ovulation and to the first postpartum oestrus, compared to those in the control groups ( $P < 0.05$ ). Also, season affected the same reproductive parameters (Figure 2), being shorter in fall ( $P < 0.05$ ). However, a significant effect of interaction between diet and season was observed ( $P < 0.05$ ) on these reproductive intervals, which were shorter in those cows fed with protected fats in spring compared to those subject to the control diet ( $P < 0.05$ ) (Figure 3). It is worth mentioning that for all treatments, body condition at calving as a co-variable was significant ( $P < 0.05$ ). Season

Figura 1. Primer cuerpo lúteo (CL) y primer estro posparto en vacas cebú con la inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio (GP) o no (C) en la dieta

Figure 1. First *corpus luteum* (CL) and first postpartum estrus in zebu cows with (GP) or without (C) calcium soaps added to their diets



ab Different letters within a category indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

primavera (Figura 3) en comparación de las que recibieron la dieta testigo. Cabe mencionar que en todos los modelos analizados, la condición corporal al parto como covariable resultó significativa ( $P < 0.01$ ).

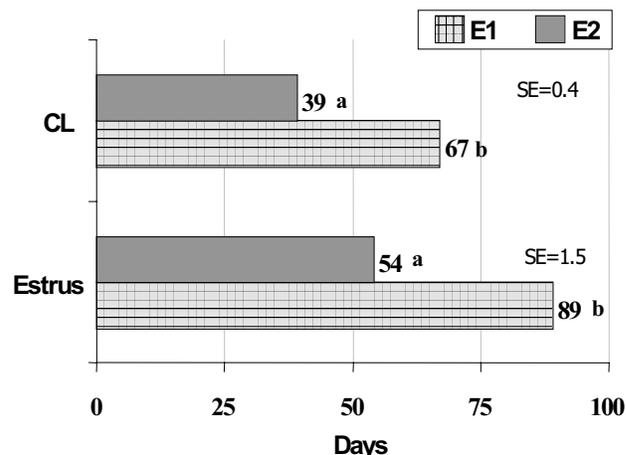
La estación del año afectó la concentración de ambas hormonas tiroideas ( $P < 0.05$ ; Figuras 4 y 5); además la función tiroidea fue afectada por la interacción de la dieta con la época del año ( $P < 0.05$ ). En la Figura 5 se puede observar que únicamente la dieta afectó la concentración de  $T_4$ , con una menor concentración en las vacas que recibieron las grasas protegidas ( $P < 0.05$ ) en comparación de la dieta control. Finalmente, no se observaron asociaciones estadísticamente significativas entre las variables reproductivas y las de la función tiroidea.

## DISCUSIÓN

La inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio en la dieta de vacas cebú, redujo los días al

Figura 2. Primer cuerpo lúteo (CL) y primer estro posparto en vacas cebú durante primavera (E1) y otoño (E2)

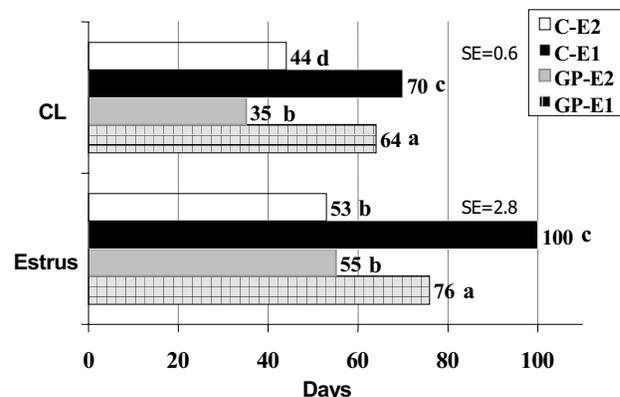
Figure 2. First *corpus luteum* (CL) and first postpartum estrus in zebu cows in spring (E1) and fall (E2)



ab Different letters within a category indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

Figura 3. Primer cuerpo lúteo (CL) y primer estro posparto en vacas cebú: interacción entre la dieta (G=grasas saponificadas a sales de calcio, C=control) y la estación del año (primavera=E1, otoño=E2)

Figure 3. First *corpus luteum* (CL) and first postpartum estrus in zebu cows: interaction between diet (GP=Calcium soaps, C=Control) and season (Spring=E1, Fall=E2)



abcd Different letters within a category indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

primer cuerpo lúteo y la duración del anestro. Los resultados concuerdan con los obtenidos en vacas lecheras, en las cuales se redujo el intervalo del parto a la primera ovulación<sup>(5)</sup> y los días abiertos<sup>(23)</sup>, al recibir en su dieta grasas de sobrepeso. Asimismo coinciden con los resultados obtenidos por Espinoza *et al.*<sup>(24)</sup>, quienes trabajando con vacas productoras de carne de razas europeas, observaron que el porcentaje de vacas ciclando durante los primeros 90 días posparto, fue mayor en el grupo que recibió una dieta conteniendo grasas protegidas. En contraste, nuestros resultados difieren de los observados en vacas Brahman<sup>(25)</sup>, las cuales recibieron tres niveles de grasa en la dieta (3.7, 5.2 y 6.5 %) y no presentaron diferencias en el porcentaje de vacas ciclando antes de los 90 días

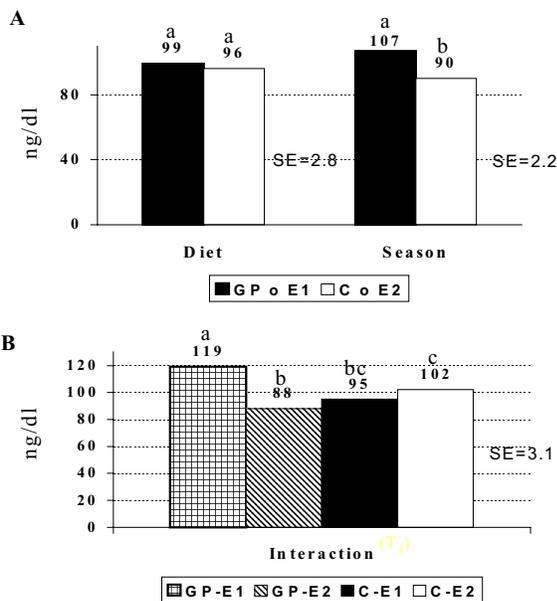
affected thyroid hormone concentration ( $P < 0.05$ ), as can be seen in Figures 4 and 5. Besides, the thyroid function was affected by interaction between diet and season ( $P < 0.05$ ). In Figure 5 it can be seen that only diet affected  $T_4$ , being lower in cows fed with protected fats ( $P < 0.05$ ) than those subject to the control diet. No statistically significant associations were seen between reproductive variables and thyroid function.

**DISCUSSION**

Introduction of calcium soaps of fatty acids to zebu cows' diets, reduced the period to the first *corpus luteum* and anoestrus time span. These results

Figura 4. A: Concentración de Triyodotironina ( $T_3$ ) durante los primeros 60 días posparto en vacas cebú con la inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio (GP) o no (C) en la dieta y durante la primavera (E1) o el otoño (E2). B: Interacción entre la dieta y la estación del año

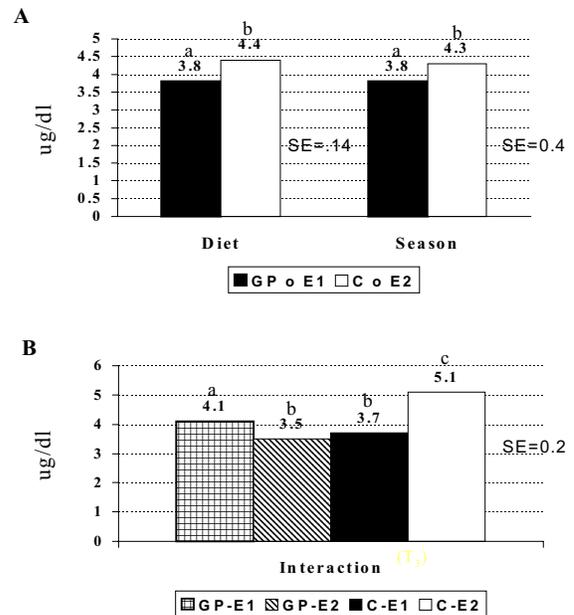
Figure 4. A: Triiodothyronine ( $T_3$ ) concentration in the first 60 d postpartum in zebu cows supplemented with (GP) calcium soaps or (C) control diet, in spring (E1) or fall (E2). B: Interaction between diet and season



abc Different letters within a category indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

Figura 5. A: Concentración de Tiroxina ( $T_4$ ) sérica durante los primeros 60 días posparto en vacas cebú con la inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio (GP) o no (C) en la dieta y durante la primavera (E1) o el otoño (E2). B: Interacción entre la dieta y la estación del año

Figure 5. A: Thyroxin ( $T_4$ ) concentration in the first 60 d postpartum in zebu cows supplemented with calcium soaps (GP) and control (C) in spring (E1) and fall (E2). B: Interaction between diet and season



abc Different letters within a category indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

posparto; los autores de este estudio atribuyeron la ausencia de diferencias estadísticas a la cantidad de animales utilizados en el mismo. Algo inesperado en el presente estudio, fue que durante la primavera se observaron intervalos del parto al primer cuerpo lúteo y primer estro más alargados que los observados durante el otoño. Resultados de estudios realizados con vacas cebú en la misma localidad donde se llevó a cabo la presente investigación, indican que la primavera ejerce un efecto benéfico sobre la presentación de estros<sup>(18)</sup> y los porcentajes de concepción de las vacas cebú<sup>(26,27)</sup>. Es posible que los resultados obtenidos en el experimento aquí informado, sean atribuibles a que durante la primavera del año de estudio se presentó una sequía de mayor duración a la observada en los años de los estudios anteriores. Sin embargo, se observó una interacción entre la dieta y la estación del año ( $P < 0.05$ ), en la cual durante la primavera las vacas que recibieron las grasas protegidas, presentaron una reducción significativa en los intervalos del parto a la presencia del primer cuerpo lúteo y al primer estro. Cabe recordar que se utilizó la condición corporal al parto como covariable en los modelos estadísticos, por lo que los resultados obtenidos se pueden atribuir al efecto del consumo de las grasas protegidas.

El ofrecer dietas que contienen grasas protegidas puede parcialmente resolver el balance energético negativo posparto y estimular la función ovárica<sup>(28,29)</sup>. A la fecha no se conoce con precisión el mecanismo por el cual las grasas protegidas afectan el comportamiento reproductivo; sin embargo, en un estudio se observó que la concentración sérica media de hormona luteinizante (LH), medida durante tres periodos alrededor del destete de la cría, fue mayor en vacas que recibieron grasas saponificadas en comparación de las vacas testigo<sup>(30)</sup>. Asimismo, Lucy *et al.*<sup>(28)</sup> observaron que vacas lecheras que recibieron el mismo tipo de grasa, presentaron una mayor concentración de LH basal durante el periodo posparto temprano y, en un estudio con vacas ovariectomizadas que recibieron grasas protegidas durante el periodo posparto temprano, se observó una mayor concentración de LH en respuesta a GnRH exógena<sup>(31)</sup>. Por otro lado, las grasas protegidas

concur with those obtained in dairy cows, in which the time span from calving to first ovulation was shortened<sup>(5)</sup> and also that in which open days were reduced<sup>(23)</sup> when fed with surpass fats. Also, these results concur with those obtained by Espinoza *et al.*<sup>(24)</sup> in european beef breeds cows, who reported that the percentage of cows who cycled in the first 90 d postpartum, was higher in the group fed with protected fats. On the other hand, results obtained in this study differ from those obtained with Brahman breed cows<sup>(25)</sup> who were fed with three different fat levels (3.7, 5.2 and 6.5 %) and showed no differences in the percentage of cows which cycled in the first 90 d postpartum. Authors of that study attributed the absence of statistical differences to the amount of intervening animals. In the present study, something unexpected happened, and this was that in spring the time span from calving to the first *corpus luteum* and first oestrus was longer than in the fall. Results of previous studies carried out on zebu cows in the same locality indicated that spring was more favorable for oestrus<sup>(18)</sup> and conception rates<sup>(26,27)</sup>. It is possible that results obtained in the present study could be the result of a very dry spring, with an extended drought period, longer than in the previous studies. However, a significant interaction between diet and season ( $P < 0.05$ ) was observed, in which those cows that were fed in Spring with protected fats, showed a significant shortening in the interval from delivery to the first oestrus and first *corpus luteum*. It should be worth remembering that body condition at calving was used as a co-variable in the statistical models, and therefore these results could be attributed to the effect of protected fat intake.

Diets that contain protected fats perhaps are able to resolve in a partial manner a negative postpartum energy balance and stimulate the ovarian function<sup>(28,29)</sup>. To date no precise known mechanism through which protected fats affect reproductive behavior is available, however, in a study it was shown that average serum LH concentration, gauged in three periods near weaning, was higher in cows to which soaps of fatty acids were administered when compared to the control group<sup>(30)</sup>. Besides, Lucy *et al.*<sup>(28)</sup>

pueden incrementar la liberación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , lo cual se ha postulado que funciona como un importante modulador en la reiniciación de los ciclos estrales durante el periodo posparto<sup>(9,32)</sup>. Además, la concentración del colesterol plasmático se incrementa de manera consistente con el consumo de grasa en la dieta<sup>(33)</sup> y por ende el colesterol lipoproteico<sup>(34)</sup>, que sirve como precursor para la síntesis de  $P_4$  en las células lúteas ováricas; y se ha observado que las lipoproteínas tanto de alta densidad como de baja densidad tienen similar capacidad de síntesis de  $P_4$  *in vitro*<sup>(35)</sup>. De tal manera, se ha observado que células de la granulosa de vaquillas que recibieron dietas altas en grasa tuvieron más pregnenolona y  $P_4$ , así como una mayor actividad lútea<sup>(36)</sup>. Por lo tanto, nuestros resultados pueden ser atribuidos a una más rápida recuperación hacia el balance energético positivo durante el periodo posparto, a una mayor disponibilidad de colesterol para la síntesis de  $P_4$  y al efecto positivo de la prostaglandina.

En el presente estudio no se observó un efecto de la dieta sobre la concentración de  $T_3$ ; sin embargo se presentó una interacción significativa entre la dieta y la época del año ( $P < 0.05$ ). En dicha interacción, durante la primavera las vacas que recibieron la dieta con grasas protegidas tuvieron la mayor concentración de dicha hormona en comparación con las vacas testigo. Villagómez *et al.*<sup>(13)</sup> observaron que vacas de doble propósito consumiendo pastos tropicales sin suplementación energética durante el periodo posparto, presentaron un profundo balance energético negativo acompañado de concentraciones reducidas de  $T_3$  y de  $T_4$ , que presuntamente reflejaban un estado hipotiroideo. Asimismo, se ha determinado que durante el período posparto temprano, las vacas lecheras sujetas a un fuerte estrés metabólico, presentan una disminución en las concentraciones de  $T_3$  y de  $T_4$ , así como un incremento en la concentración de  $T_3$  reversa, que en otras especies se conoce como “síndrome parecido a la enfermedad eutiroides”<sup>(12,37)</sup>. A diferencia de lo que se ha observado en los perfiles tiroideos descritos para vacas lecheras, en el presente estudio no se presentó una disminución de las hormonas citadas durante las primeras semanas posparto. No obstante, la

observado que vacas a las que se les administró el mismo tipo de grasas protegidas, mostraron una mayor concentración de LH en la etapa temprana del posparto, y en un estudio con vacas ovariectomizadas que recibieron grasas protegidas en las etapas tempranas del posparto, una mayor concentración de LH en respuesta a un GnRH exógeno fue observado<sup>(31)</sup>. Por otro lado, las grasas protegidas podrían aumentar la liberación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , efecto que podría explicarse como actuando como un importante modulador para el reinicio del ciclo estral posparto<sup>(9,32)</sup>. Además, la concentración de colesterol en plasma aumenta de manera consistente con el consumo de grasa<sup>(33)</sup>, y por lo tanto el colesterol lipoproteico<sup>(34)</sup>, que actúa como precursor para la síntesis de  $P_4$  en las células lúteas ováricas. Las altas y bajas densidades de lipoproteínas han mostrado una similar capacidad para la síntesis de  $P_4$  *in vitro*<sup>(35)</sup>. Por ejemplo, células de granulosa de vaquillas que recibieron dietas altas en grasa mostraron más pregnenolona y  $P_4$ , y mayor actividad lútea<sup>(36)</sup>. Por lo tanto, los resultados de este estudio podrían atribuirse a una recuperación más rápida del balance energético positivo y a una mayor disponibilidad de colesterol, necesaria para la síntesis de  $P_4$  y al efecto positivo de la prostaglandina.

En el presente estudio, no se observó efectos de la dieta sobre la concentración de  $T_3$ . Sin embargo, se presentó una interacción significativa ( $P < 0.05$ ) entre la dieta y la época del año. En esta interacción, las vacas que recibieron la dieta con grasas protegidas mostraron una mayor concentración de esta hormona que las vacas del grupo control. Villagómez *et al.*<sup>(13)</sup> observaron que vacas de doble propósito que pastaban en pastos tropicales sin suplementación energética durante el periodo posparto, mostraron un balance energético negativo acompañado de concentraciones reducidas de  $T_3$  y de  $T_4$ , que presuntamente reflejaban un estado hipotiroideo. Además, se ha reportado que en la etapa temprana del posparto, las vacas lecheras que experimentan un gran estrés metabólico, muestran una disminución en las concentraciones de  $T_3$  y de  $T_4$ , así como un aumento en la concentración de  $T_3$  reversa, que en otras especies se conoce como “síndrome de la enfermedad eutiroides”<sup>(12,37)</sup>. Contrario a lo que se observó en los perfiles tiroideos mencionados para vacas lecheras, en el presente estudio no se observó una disminución en la concentración de las hormonas citadas durante las primeras semanas posparto. Sin embargo, la mayor concentración de  $T_3$  observada en las vacas que recibieron la dieta con grasas protegidas podría atribuirse a una recuperación más rápida del balance energético positivo y a una mayor disponibilidad de colesterol, necesaria para la síntesis de  $P_4$  y al efecto positivo de la prostaglandina.

mayor concentración de  $T_3$  observada en las vacas que recibieron grasas protegidas durante la época de secas, puede deberse a una mayor celeridad en la recuperación hacia el balance energético positivo; lo anterior puede explicar, al menos de manera parcial, la reducción del intervalo de retorno a la actividad ovárica postparto de las vacas tratadas.

Alternativamente, en estudios para determinar el efecto de la grasa dietética sobre la función tiroidea en otras especies, se ha observado un incremento en la concentración de  $T_3$  en humanos, ratas y corderos, cuya dieta contenía alta concentración de grasa, atribuyendo los autores el resultado a un mayor consumo calórico y no a una posible variación en la actividad de las enzimas desiodasas<sup>(38,39,40)</sup>. Sin embargo, existe evidencia de que la infusión abomasal de grasa dietética a vacas lecheras, incrementa la concentración plasmática de  $T_3$ , debido a una generación extra-tiroidea de la misma, mediada por un efecto directo de la enzima 5' desiodasa en los órganos blanco<sup>(41)</sup>, aunque se requiere mayor investigación al respecto.

Finalmente, en estudios con vacas y vaquillas Holstein aclimatadas a regiones tropicales de México<sup>(37)</sup> y Cuba<sup>(42)</sup>, se ha observado un incremento en la concentración sérica de  $T_3$  durante la época cálida, atribuido a mecanismos termoregulatorios de adaptación que involucran rutas de mono-desiodación de las hormonas tiroideas<sup>(38)</sup>. En contraste, en un estudio realizado con vacas cebú, así como con sus cruza con razas europeas mantenidas en clima tropical, no se observó un efecto de estación, sobre los niveles  $T_3$ <sup>(43)</sup>; lo que refuerza la idea de que los resultados sobre la función tiroidea, presentados en este documento, se pueden atribuir principalmente a cambios metabólicos relacionados a la disponibilidad de pastos o al consumo de grasas protegidas.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Se determinó que la inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio en la dieta de vacas cebú disminuyó la longitud del parto al primer cuerpo lúteo y al primer estro. La estación afectó los intervalos reproductivos analizados, siendo

fed with protected fats before calving, could be due to a quicker recovery of a positive energy balance. This could explain, at least in part, a reduction of the time span necessary for a return of postpartum ovarian activity.

Alternatively, in studies carried out to determine effect of dietary fats on the thyroid function in other species, an increase in  $T_3$  concentration was observed in humans, rats and ewes whose diets included a high fat content. The authors of this study attribute these results to a higher calorie intake and not to a possible change in deiodinase enzyme activity<sup>(38,39,40)</sup>. However, there is strong evidence that dietary fat abomasal infusion to dairy cows, increases plasma  $T_3$  concentration, owing to  $T_3$  extra - thyroid generation, aided through the direct effect of 5' deiodinase in the target organs<sup>(41)</sup>, although more research on this subject is necessary.

Finally, in studies carried out in Holstein cows and heifers adapted to the tropics, both in Mexico<sup>(37)</sup> and Cuba<sup>(42)</sup>, an increase in serum  $T_3$  was observed in the hot season, ascribed to adaptative thermoregulatory mechanisms which involve thyroid hormones mono - deionidation<sup>(38)</sup>. On the other hand, in a study carried out on zebu and zebu x european cows living in the tropics, no effect on  $T_3$  levels owing to season was observed<sup>(43)</sup>, which reinforces the idea that the results on thyroid function reported in this study could be ascribed mainly to metabolic changes related to forage availability or protected fat intake.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Calcium soaps of fatty acids introduction to diets provided to zebu cows shortened the time lapse from calving to first oestrus and first *corpus luteum*. Season affected the reproductive parameters researched in this study, being longer in Spring than in Autumn, however, an interaction in which protected fat intake in Spring shortened postpartum anoestrus was observed. Protected fat intake in periods of forage scarcity could accelerate a restart of postpartum ovarian activity. In Spring,  $T_3$  concentration was greater in cows fed with supplements to which protected fats were added.

mayores en la primavera; sin embargo, hubo una interacción en la cual el consumo de grasa durante la primavera redujo la duración del anestro posparto. El consumo de grasas protegidas durante periodos de escasez de forraje permite acelerar el reinicio de la actividad ovárica posparto. Durante la primavera la concentración de la forma tiroidea activa (T<sub>3</sub>), fue mayor en las vacas que recibieron el suplemento adicionado con grasas protegidas; en consecuencia las grasas de sobrepaso pueden, al menos de manera parcial, resolver el periodo de balance energético negativo posparto de vacas cebú amamantando durante épocas de baja disponibilidad de forraje.

## AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado parcialmente por CONACYT-SIGOLFO (Proyecto 98-01-033-V). Los autores agradecen especialmente la colaboración del MVZ Hugo Arellano Martínez, quien mostró gran entusiasmo, entrega y amistad durante las actividades de investigación; descansen en paz.

## LITERATURA CITADA

1. Poppi PD, Mc Lennan RS. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci* 1995;73:278-290.
2. Jöchle W. Seasonal fluctuations of reproductive functions in Zebu cattle. *Int J Biom* 1968;16:31-42.
3. Villagómez AE, Fajardo GJ. Comportamiento reproductivo de vacas cebú mantenidas en clima tropical. En: Valdovinos TM, Cisneros GF, Barradas LH editores. X Simposium de ganadería tropical. *Bovinos productores de carne*. CIFAP-VER. INIFAP-SARH. Veracruz, Veracruz. 1990:63-68.
4. Hightshoe RB, Cochran RC, Corah LR, Harmon DC, Vanzant ES. Influence of level and source of rumen-escape lipid in a supplement on forage intake and digestibility [abstract]. *J Anim Sci* 1990;68(Suppl 1):571.
5. Beam WS, Butler WR. Energy balance and ovarian follicle development prior to first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod* 1997;(56):133-142.
6. Staples RC, Burke MJ, Thatcher WW. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J Dairy Sci* 1998;(81):856-871.
7. Butler WR, Smith RD. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1989;72:767-783.

Like this, surpass fats at least in part, should be able to help provide a solution to a negative postpartum energy balance of zebu cows lactating in periods of forage scarcity.

## ACNOWLEDGMENTS

This study was funded in part by CONACYT – SIGOLFO (Project 98/01/033-V). The authors wish to express their gratitude to MVZ Hugo Arellano Martínez, whose enthusiasm, compromise and friendship was permanent. May he rest in peace.

*End of english version*

8. Carroll DJ, Jerred MJ, Grummer RR, Combs DK, Pierson RA, Hauser ER. Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on plasma progesterone, energy balance, and reproductive traits of dairy cattle. *J Dairy Sci* 1990;(73):2855-2863.
9. Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW. Effects of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F<sub>2</sub> alpha, luteinizing hormone, and follicular growth. *J Dairy Sci* 1991;(74):483-489.
10. Talavera F, Park CS, Williams LG. Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. *J Anim Sci* 1985;(60):1045-1051.
11. Bauman DE, Currie WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 1980;63:1514-1529.
12. Aceves C, Ruiz JA, Romero C, Valverde CC. 1985 Homeorhesis during early lactation. Euthyroid sick-like syndrome in lactating cows. *Acta Endocrinologica* 1985;110:505-509.
13. Villagómez AE, González PE, Villa GA, Zárate MJ, Valverde RC. Efectos de la dieta y el amamantamiento sobre la concentración de hormonas y metabolitos en vacas de doble propósito [resumen]. XII Congreso panamericano de ciencias veterinarias. Panamá, Panamá. 2000:291.
14. Villagómez AE, Zárate MJ, Arellano MH, Villa GA, González PE. Efectos de dieta y el amamantamiento sobre el desarrollo folicular y el anestro posparto de vacas de doble propósito [resumen]. XII Congreso panamericano de ciencias veterinarias. Panamá, Panamá. 2000:292.
15. Foote G. Cattle. In: Hafez ESE editor. *Reproduction in farm animals*. 3rd ed. EU: Lea & Febiger; 1979:257-264.
16. Salisbury GW, VanDemark NL, Lodge JR. *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*. 2a ed. USA: Freeman and Co; 1980.
17. Stahringer RC, Neuendorff DA, Randel RD. Seasonal variations in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology* 1990;(34):407-415.

18. Villagómez AME, Castillo RH, Villa GA, Román-Ponce H, Vásquez PC. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Téc Pecu Méx* 2000;38(2):89-103.
19. Randel RD. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds). *Theriogenology* 1984;21:170-185.
20. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. 2a ed. Universidad Autónoma de México; 1973.
21. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 6.03). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1988.
22. Littell RC, Henry PR, Ammerman CB. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J Anim Sci* 1998;76:1216-1231.
23. Sklan D, Moallem U, Folman Y. Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J Dairy Sci* 1991;(74):510-517.
24. Espinoza JL, Ramírez-Godínez JA, Jiménez JA, Flores A. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive activity in beef cows and growth of calves. *J Anim Sci* 1995;73:2888-2892.
25. Lammoglia AM, Willard TS, Oldham RJ, Randel DR. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *J Anim Sci* 1996;(74):2253-2262.
26. Rivera MJ, Piña B, Fajardo J *et al.* Épocas cortas de empadre en ganado bovino en clima tropical. Reunión nacional de investigación pecuaria [resumen]. México D.F. 1984:300.
27. Fajardo GJ, Román-Ponce H, Vásquez C, Castillo RH. Eficiencia reproductiva en ganado Indobrasil en clima tropical (Am). Reunión nacional de investigación pecuaria [resumen]. México D.F. 1989:173.
28. Lucy MC, Thatcher WW, Michel FM, Staples CR. Effect of dietary calcium soaps of long chain fatty acids (Megalac) on plasma prostaglandin F metabolite (PGFM), LH, energy balance, and follicular populations in early postpartum dairy cattle [resumen]. *J Anim Sci* 1989;67(Suppl 1):389.
29. Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW, Bolt DJ. Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F 2a, luteinizing hormone, and follicular growth. *J Dairy Sci* 1991;(74):483-489.
30. Hightshoe RB, Cochran RC, Corah LR, Kiracofe GH, Harmon DC, Perry RC. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J Anim Sci* 1991;69:4097-4103.
31. De Luna CJ, Brown WH, Ray DE, Wagner TN. Effects of protected fat supplement on GnRH induced LH release in ovariectomized and early postpartum beef cows [abstract]. *J Anim Sci* 1982;55(Suppl 1):348.
32. Randel DR, Del Vecho PR, Neuendorff AD, Peterson AL. Effect of alfaprostol on postpartum reproductive efficiency in Brahman cows and heifers. *Theriogenology* 1988;(29):657-670.
33. Grummer RR, Carroll JD. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *J Anim Sci* 1988;(66):3160-3173.
34. Grummer RR, Carroll JD. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J Anim Sci* 1991;(69):3838-3852.
35. Carroll DJ, Grummer RR, Mao CF. Progesterone production by cultured luteal cells in the presence of bovine low and high density lipoproteins purified by heparin affinity chromatography. *J Anim Sci* 1992;(70):2516-2526.
36. Wehrman ME, Welsh TH Jr, Williams GL. Diet induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol Reprod* 1991;45:514-522.
37. Aceves C, Romero C, Sahún L, Valverde RC. Thyroid hormone profile in dairy cattle acclimated to cold or hot environmental temperatures. *Acta Endocrinol (Copenh)* 1987;114:201-207.
38. Clarke SD, Hembree J. Inhibition of triiodotironine's induction of rat liver lipogenic enzymes by dietary fat. *J Nutr* 1990;(120):625-630.
39. Kahl S, Lough DS, Rumsey TS, Solomon MB, Slyter LL. Effect of dietary palm oil supplementation on hepatic 5'-deiodinase activity of ram lambs with initially high or low plasma cholesterol [abstract]. *J Anim Sci* 1994;72(Suppl 1):73.
40. Davidson MB; Chopra IJ. Effect of carbohydrate and noncarbohydrate sources of calories on plasma 3,4,3'-triiodotyronine concentrations in man. *J Clin Endocrinol Metab* 1979;5(48):77-81.
41. Romo GA, Elsasser TH, Kahl S, Erdman RA, Casper DP. Dietary fatty acids modulate hormone responses in lactating cows: mechanistic role for 5'-deiodinase activity in tissue. *Dom Animal Endocrin* 1997;14(6):409-420.
42. Pérez H, Fernández O. Thyroid hormone levels in heat tolerant and non tolerant Holstein Freisian heifers. *Rev Salud Anim* 1988;10(2):121-132.
43. Hernández LJJ, Román-Ponce H, Padilla RFJ, Koppel RE, Pérez SJ, Castillo RH. Comportamiento reproductivo del ganado lechero en clima tropical. 5. Efecto de raza, producción láctea y peso corporal sobre los niveles de triiodotironina en dos estaciones del año. *Téc Pecu Méx* 1984;(47):78-94.