Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (Arch. Latinoam. Prod. Anim.). ISSN 1022-1301.
Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol 15, número 1: 15-24. 2007. www.alpa.org.ve/ojs.index/php

Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano

C. Luna Palomera[1], J.A. Ramírez Godínez y F.A. Rodríguez Almeida

Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Mexico
Recibido: 22-05-2006. Aceptado: 21-01-2007

Milk production in dual purpose cows treated with oxytocin under Mexican humid tropic conditions

ABSTRACT. Research employing crossbred cows (½, ¾ and ⅞ B. Taurus x B. indicus) during the first 60 d of lactation was carried out at three commercial dairies, where feeding is based fundamentally on rotational grazing of tropical grasses. Supplemental feeding of the cows and their calves varied among the herds, but consisted mainly of mineral salts, poultry litter and other local resources. Two treatments related to the milking procedures were compared at each site. At Rancho Los Rejones (RLR) 11 cows per group were subjected to either: no stimulation to milk letdown other than that involved in routine 2x/d mechanical milking (control) or injection of 8 IU of oxytocin (OT) a.m. and p.m., three quarters being milked and the other left to be suckled by the calf. At Rancho Las Palmas (RLP) and Rancho La Isla (RLI) the 60-d period was divided into four successive 15-d phases. At RLP two groups of nine cow alternated by phase between the treatments: 8 IU/d of OT at the sole daily mechanical milking of three quarters or dummy insertion of a hypodermic needle without hormone (HN). At RLI one group of six cows received teat simulation by the calf (CS) prior to hand milking and six others received 10 IU/d of OT during two 15-d phases, alternating with CS in the other two phases. Milk production (kg/d) responded more to OT use than to routine stimulation at RLR (8.46 vs. 4.28, P<0.01), to HN at RLP (4.07 vs. 2.73, P<0.001) or to CS at RLI (8.58 vs. 5.48, P<0.05). At RLR body condition score of the cows did not differ between treatments, but at RLI use of OT resulted in greater weight loss than CS (51.08 vs. 17.24 kg). Weight gain of the calves (g/d) of cows treated with OT was slightly higher at RLR (381 vs. 328), but lower at RLP (252 vs. 333) and especially at RLI (561 vs. 719, P<0.01) relative to non-use of the exogenous hormone. In conclusion, the use of OT in early lactation improved milk yield, but it can also result in weight loss by the dam and reduced weight gain by the calf, to the detriment of double purpose operations.

Key words: *milk production, letdown stimuli, crossbred cows, weight gain of calves, humid tropics*

RESUMEN. Se realizó experimentación usando vacas cruzas (½, ¾ and ⅞ B. taurus x B. indicus) durante los primeros 60-d de lactancia en tres ranchos comerciales donde la alimentación se basa fundamentalmente en pastoreo rotativo de gramíneas tropicales. La alimentación suplementaria de las vacas y sus crías varió entre los tres hatos, pero constó mayormente de sales minerales, pollinaza y otros recursos locales. Se compararon dos tratamientos relacionados con el ordeño en cada lugar. En Rancho Los Rejones (RLR) se sometieron 11 vacas por grupo a los tratamientos: ningún estímulo para la eyección de la leche en adición al rutinario del ordeño mecánico 2 x/d (control) o inyección de 8 UI de oxitocina (OT) a.m. y p.m., ordeñándose tres pezones y dejando el otro para la cría. En Rancho Las Palmas (RLP) y Rancho La Isla (RLI) se dividió al período de 60 d en cuatro sucesivos lapsos de 15. En RLP se alternaron por lapso dos grupos de nueve vacas entre los tratamientos: 8 UI/d de OT al ordeño mecánico único del día de tres pezones o la inserción de una aguja hipodérmica sin inyectar hormona (AH). En RLI un grupo de seis vacas recibió el estímulo de la cría sobre los pezones (EC) antes del ordeño manual y otras seis recibieron 10 UI/d de OT durante dos lapsos de 15 d, alternando con EC en los otros dos. La cosecha de leche (kg/D) respondió mejor al uso de OT que al estímulo rutinario en RLR (8.46 vs. 4.28, P<0.01), a AH en RLP (4.07 vs. 2.73, P<0.001) o a EC en RLI (8.58 vs. 5.48, P<0.05). En RLR la puntuación de condición corporal de las vacas no difirió entre tratamientos, pero en RLI el uso de OT resultó

E-mail: cluna50@hotmail.com

en mayor pérdida de peso materno que el EC (51.08 vs. 17.24 kg). La ganancia de peso de las crías (g/d) de vacas tratadas con OT fue levemente mayor en RLR (381 vs. 328), pero menor en RLP (252 vs. 333) y RLI 561 vs. 719, P<0.01) relativo al no uso de la hormona exógena. En conclusión, el uso de OT en lactación temprana promovió mayor producción de leche vendible, pero puede a la vez resultar en pérdida de peso corporal de la vaca y ganancias de peso menores en las crías, efecto adverso en un sistema doble propósito.

Palabras clave: cosecha de leche, estímulos a eyección de leche, vacas cruzas, ganancia de peso de crías, trópico húmedo de peso

Introducción

La OT es una hormona liberada de la glándula pituitaria posterior, la cual facilita la eyección de la leche mediante contracciones en las células mioepiteliales de los alvéolos y ductos de la glándula mamaria (Bremel, 1985; Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005).

En los sistemas bovinos de doble propósito tropical (SDPT) en los que se está mecanizando la ordeña, el uso tradicional del ternero para estimular la eyección de la leche está siendo reemplazado con la aplicación de dosis variables de OT de origen exógeno (Villa Godoy *et al*., 2003; Aguilar, 2004). A través de esta práctica los productores tienen la impresión de que la cosecha de leche incrementa, lo que se traduce en mayores ingresos. En vacas Holstein, se ha documentado que la OT incrementa el contenido de grasa (Adams y Allen, 1952; Gorewit y Sagi, 1984), así como un 12% en la producción. esto se ha explicado a través de un mejoramiento en la eyección de la leche (Nostrand *et al.*, 1991), incremento en el metabolismo (Johansson *et al*., 1999) y una acción antiapoptótica en la glándula mamaria por esta hormona (Stefanon *et al*., 2002). En otros estudios no se han encontrado incrementos importantes probablemente debido al tiempo y dosis de aplicación (Anderson *et al.*,1967; Ballou *et al.*, 1993). Sin embargo, estos resultados no pueden ser traspolados a SDPT donde el manejo, la alimentación y la raza son diferentes.

En vacas Holstein primíparas (Van Reenen *et al*., 2002) y en Sahiwal Friesian (Murugaiyah *et al*., 2001) se reportan problemas genéticos e inducidos que dificultan una buena eyección de la leche y, la aplicación de OT ofrece una alternativa viable para corregirlo. Debido a cuestiones de manejo, el uso de la cría en SDPT para inducir la eyección está siendo reemplazado por la aplicación de OT, ya que bajo ordeña mecánica la respuesta al estímulo manual, táctil y auditivo sobre la eyección y cosecha de leche en muchos casos es limitada. Esto ha llevado a modificar el sistema de crianza de los becerros. Sin embargo, poco se conoce acerca de la respuesta en producción de leche bajo estímulo de la cría en contraste con la aplicación de OT, y su impacto sobre el desarrollo temprano de la cría.

La lactancia temprana es una de las etapas más difíciles y exigentes en las vacas lecheras, debido a los cambios metabólicos que sufren y a las demandas de nutrimentos para producción de leche (Coffey *et al*., 2004). En los SDPT donde la suplementación es nula o variable (Magaña, 1997) y sumado a la aplicación de OT en las vacas, es probable que ocurran pérdidas de peso superiores a las esperadas debido a la movilización de sus reservas corporales para incrementar la producción de leche. Esto indirectamente puede afectar el desarrollo y viabilidad de los terneros, además de otros factores tales como la reproducción, la longevidad y salud en general de la vaca (Heuer *et al.*, 1999; Kim *et al*., 2005; Lee y Kim, 2006).

Los objetivos de este trabajo abarcaron comparar la inyección de OT en combinación con ordeño mecánico o manual contra otros modos de estimular la eyección de leche sin emplear la hormona exógena (a saber: (1) estímulos propios del manejo en el ordeño mecánico, (2) inserción de una aguja hipodérmica y (3) contacto de la cría con la ubre previo al ordeño), en términos de producción y composición de leche, condición corporal de la vaca y desarrollo del ternero.

Materiales y Métodos

Los experimentos se condujeron en tres ranchos comerciales de doble propósito en clima tropical húmedo en el municipio de Huimanguillo estado de Tabasco entre los meses de enero a mayo del año 2005. Comprendieron los primeros 60 d de lactancia de vacas multíparas (2 a 5 partos) con ½, ¾ o ⅞ de cruzas con base *Bos taurus: Bos indicus,* asignadas aleatoriamente 8-10 d después del parto a sus respectivos tratamientos en cada rancho. Al parto, las vacas fueron evaluadas en base a su con-

dición corporal (CC), conformación de la ubre, y estado de salud. Se incluyeron en el estudio animales con las siguientes características 1) CC ≥ 3 (escala 1 a 5 para ganado de leche; Wildman *et al*., 1982), 2) normalidad en la conformación e integridad de la ubre, 3) libre de desordenes metabólicos, mastitis clínica u otra enfermedad. En estos ranchos se practica un programa de medicina preventiva que incluye aplicación de desparasitantes, vitaminas ADE y bacterinas contra pasterelosis neumónica y clostridiasis. En el RLR el hato está libre de brucelosis y tuberculosis, y adicionalmente se vacuna contra IBR, DVB, PI y leptospirosis.

Aplicación de Tratamientos y Manejo. El ***rancho Los Rejones (RLR)***, ubicado a la altura del km 20 de la carretera Huimanguillo – Estación Chontalpa en la colonia Mariano Inorrueta. La ordeña se realizó mecánicamente 2 X/d en tres pezones, la leche del pezón restante lo consumió la cría. Las vacas control (n=11; 1, 7 y 3 vacas ½, ¾ y ⅞*Bos taurus* : *Bos Indicus*, respectivamente) no recibieron inyección, sólo los estímulos propios del manejo en la ordeña (visuales, táctiles y auditivos).

Las vacas con OT (n=11; 2, 6 y 3 vacas ½, ¾ y ⅞ *Bos taurus*: *Bos Indicus*, respectivamente), además de los estímulos de la ordeña recibieron 8 UI/d de OT am y pm. Las vacas pastorearon en forma rotacional en pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*) o mulato (*Brachiaria mulato*). Adicionalmente recibieron pollinaza y sales minerales en mezcla con sal común 2:1 *ad libitum* como suplemento en cada ordeña. Las crías permanecieron con sus madres para amamantar por 30 min después del ordeño de la mañana para consumir la leche de un pezón y la residual, posteriormente salieron a pastorear y por la tarde recibieron pollinaza en corral.

El *rancho Las Palmas (RLP),* ubicado a la altura del km 2 de la carretera Huimanguillo-Cárdenas, en la ranchería El Puente. Debido a la falta de registros de producción, el experimento se planteó a como sigue: Las vacas del Grupo 1 (n=9; 1, 6 y 2 vacas ½, ¾ y ⅞ *Bos taurus* : *Bos Indicus*, respectivamente) recibieron 8 UI/d de OT s.c. del día 1 al 15 y del 31 al 45 de la lactancia, o inserción con una aguja hipodérmica (AH) como simulación de inyección del día 16 al 30 y del 46 al 60 de la lactación; las del Grupo 2 (n=9; 1, 6 y 2 vacas ½, ¾ y ⅞ *Bos taurus* : *Bos Indicus*, respectivamente) recibieron AH del día 1 al 15 y del 31 al 45, u 8 UI/d de OT del día 16 al 30 y del 46 al 60. La ordeña se hizo mecánica 1 X/d en tres pezones. Las vacas pastorearon en forma rotacional en praderas de pasto estrella de África *(Cynodon plectostachyus)* y recibieron sales minerales en combinación con sal común en una mezcla 2:1 *ad libitum*. Después de la ordeña en la mañana, las crías amamantaron la leche de un pezón y la residual de sus madres por 30 min, pastorearon y en corral recibieron caña de azúcar molida *ad libitum*.

El ***rancho La Isla (RLI)***, ubicado en la ranchería Caobanal 2ª sección a 30 km de la cabecera municipal. Debido a la falta de registros de producción el experimento se planteó como sigue: en las vacas del T0 (n=6; 1, 2 y 3 vacas ½, ¾ y ⅞ *Bos taurus*: *Bos Indicus*, respectivamente) la leche se cosechó usando el estímulo de la cría (EC), permitiéndole amamantar cada pezón de manera dirigida por espacio de uno a dos minutos antes de la ordeña manual. Las vacas en el T1 (n=6; 2, 2 y 2 vacas ½, ¾ y ⅞ *Bos taurus* : *Bos Indicus*, respectivamente) recibieron una aplicación de 10 UI/d de OT s.c. (principio oxitócico purificado U.S.P, Triparox, Lapisa) antes de la ordeña en períodos alternados del día 1 al 15 y del 31 al 45 de la lactación, o EC del día 16 al 30 y del 46 al 60 de la lactación. Las crías no estuvieron presentes en los períodos de aplicación de OT. Las vacas pastorearon en forma rotacional pasto estrella Africana *(Cynodon plectostachyus)* y adicionalmente recibieron después de la ordeña 1 kg/animal/d de alimento comercial (16% PC), 4 kg/animal/d de plátano de desecho y 500 g/animal/d de pollinaza como suplemento, además de sales minerales en combinación con sal común en una mezcla 2:1 *ad libitum*. En ambos grupos las crías amamantaron a sus madres por 30 min al final de la ordeña de la mañana y al medio día, adicionalmente pastorearon y recibieron 150 g/animal/d de alimento comercial (18% PC).

Para todos los casos, la OT se administró subcutánea en la región de la pierna con jeringas desechables y aguja de 16 g, 2 min antes de colocar las pezoneras o de iniciar el ordeño manual, previo lavado y aplicación de preselladores (RLP y RLR).

Recolección de la Información. La *Cosecha de leche* se registró una vez a la semana utilizando una báscula portátil (RLI y RLP) o pesadores Waikato MK V Milk meter de 30 kg adaptados a las líneas de ordeño (RLR).

Determinación de composición de la leche. La determinación se hizo en vacas del tratamiento de 16 UI/d de OT (n=6 y de las control (n=6) del RLR, tomando una muestra de leche de 50 mL una vez por semana durante 8 semanas. Las muestras fueron tomadas de la leche acumulada en los pesadores durante el ordeño. Las determinaciones para cenizas, proteína, lactosa y grasa se hicieron por triplicado. El método usado para determinar proteína fue el de Kjeldhal, contenido de grasa por el método de

Gerber según AOAC y, cenizas por método modificado según AOAC (1994). La lactosa se determinó por el método de Fehling según NOM-155-SCFI (2003). Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de bromatología de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Peso y/o condición corporal de las vacas, en RLI y RLR se los tomó al inicio y luego cada 15 d. Por su parte, las crías se pesaron al nacimiento y al inicio del estudio y, posteriormente cada 15 d; en RLP se tomó el peso de las crías solo al inicio y final del experimento. Se verificó la sanidad clínica de los terneros al inicio del experimento y adicionalmente se monitoreó la incidencia clínica de enfermedades y estado de salud durante el experimento.

Variables Medidas y Análisis Estadístico. Se empleó un diseño aleatorizado y diferente número de repeticiones por tratamientos dependiendo de la localidad. En el RLR y RLI, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) por PROC MIXED de SAS (SAS, 2001) para las variables producción de leche y peso corporal bajo un modelo que incluyó los efectos fijos de tratamiento, período y sus interacciones; aunque no era el objetivo, también se incluyó el nivel de encaste racial para un mejor ajuste del modelo. Los efectos aleatorios fueron vaca anidada dentro de tratamiento y pareo de vacas. Adicionalmente, en RLI se realizaron contrastes ortogonales para la interacción tratamiento por período y comparar medias entre el tratamiento alternado entre OT y EC *vs* EC a través de las semanas en las que se aplicaron los tratamientos. Para RLR se plantearon contrastes ortogonales para la interacción tratamiento por nivel de encaste racial y comparar las medias de tratamiento con OT *vs* control en animales ¾ y ⅞*Bos taurus*. En RLP se utilizó un diseño cruzado, por lo tanto sólo se analizó producción de leche bajo un modelo similar al descrito.

Las variables cenizas (%), proteína (%), lactosa (%) y grasa (%) se analizaron por PROC MIXED de SAS usando los promedios de las tres replicas. En el modelo se incluyeron como efectos fijos tratamiento, semana y sus interacciones. El efecto aleatorio considerado fue vaca dentro de tratamiento.

Para variables peso y la ganancia de peso de las crías se realizó un ANOVA con PROC MIXED del SAS (SAS, 2001) bajo un modelo que incluyó como efectos fijos el tratamiento y período. Los efectos aleatorios fueron pareo, sexo y vaca anidado dentro de tratamiento. En el RLI se realizaron contrastes ortogonales para la interacción tratamiento por período.

Resultados y Discusión

Cosecha de leche. Se determinó el efecto de aplicar OT sobre la cosecha y composición de la leche en vacas cruzadas en SDPT. En RLR fue mayor la cosecha de leche (41.68%; P<0.01) en los animales que recibieron OT (8.46 ± 0.9 kg/d) contra los que no la recibieron (4.28 ± 1.0 kg/d). En el RLP la cosecha fue mayor (32.9%, Cuadro 1; P<0.001) con OT (4.07 ± 0.3 kg/d) *vs* AH (2.73 ± 0.3 kg/d). El efecto de período también fue importante (P<0.01). El RLI la interacción tratamiento por período fue importante (P<0.05). Se observó una mayor cosecha de leche (28.32% a 40.18%) en los períodos de aplicación de OT (10 UI), comparado con estímulo de la cría (Figura 1).

El nivel de encaste racial en RLI ($P = 0.06$) y la interacción tratamiento por nivel de encaste racial en el RLR ajustaron mejor el modelo y fueron importantes ($P = 0.02$). A través de contrastes ortogonales se determinó que la cosecha de leche en vacas ¾ *Bos taurus:* ¼ *Bos indicus* que recibieron OT fue mayor (P<0.001) a las que no recibieron OT (9.20 ± 1.0 *vs* 3.67 ± 0.9 kg/d), lo que representó un 60.10% de diferencia. En vacas ⅞*Bos taurus:* ⅛ *Bos indicus* no se encontraron diferencias en cosecha de leche (P>0.05) entre OT y control (7.46 ± 1.3 *vs* 6.11 ± 1.3 kg/d, respectivamente).

Las diferencias en producción de leche entre ranchos no fue un factor que se evaluó; sin embargo, las diferencias observadas son explicadas por el número de ordeñas, factores genéticos, de manejo y de suelos (*RLI*= vega de río, *RLR*= sabanas, *RLP*= planos), además de que en RLP y RLR se cuantificó la cosecha de tres pezones. Lo anterior nos proporciona elementos para plantear alternativas experimentales no consideradas y que son de interés.

A pesar de que el número de animales por tratamiento pudo influir sobre los resultados, es evidente que la OT contribuyó a una mayor cosecha de leche comparada con estímulo por la cría, inserción de aguja o estímulos de la ordeña mecánica, lo cual es similar a lo observado en otros estudios (Nostrand *et al.*, 1991; Cambellas y Tesorero, 2003). Este hecho se explica debido a que la OT puede incrementar la eyección de leche (Bremel, 1985; Nostrand *et al*., 1991; Ballou *et al*., 1993; Sagi *et al*., 1980; Gorewit y Sagi, 1984) a través del mantenimiento

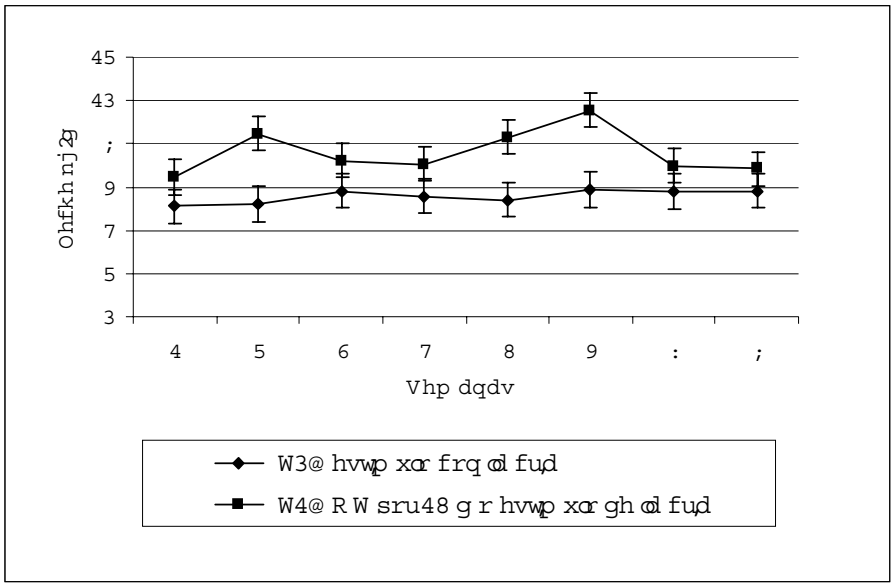

Figura 1. Cosecha de leche bajo ordeña manual en vacas de doble propósito, Rancho La Isla. (T0= estímulo de la cría o T1= 10 UI de OT/d del día 1 al 15 y del 31 al 45 o estímulo de la cría del día 16 al 30 y del 46 al 60).

del epitelio de la glándula mamaria mediante algún mecanismo no bien identificado (Ballou *et al*., 1993), el cual se ha visto en ratas de laboratorio (Benson y Folley, 1957; Benson *et al*., 1960). Posiblemente a esto se deba el incremento sostenido en la producción de leche a lo largo de la lactancia registrado en vacas Holstein (Nostrand *et al*., 1991).

Existen algunos factores que justifican el uso de OT. En primer lugar, se reporta que para lograr una completa eyección de la leche es necesario que la liberación de pulsos y niveles de OT sean continuos (Bruckmaier y Blum, 1998b), y en rangos de 18 a 30 pg/mL (Mayer *et al*., 1991). Este estímulo en razas especializadas se logra mediante un buen manejo y masaje de preparación previo a la ordeña. En vacas Holstein con problemas propios e inducidos de inhibición de la eyección de la leche por ambientes extraños (Bruckmaier *et al*., 1994), se observó que un 49 ± 6% del total la leche fue cosechada con sólo aplicar 0.2 UI de OT. Cuando aplicaron una segunda y tercera inyección de 0.2 UI se pudo obtener un 30 ± 4% y 7 ± 2% adicional de la leche; también Kaskous *et al*. (2006) en vacas Syrian Shamy en las que no se usó la cría para estimular la eyección, al aplicar 50 UI de OT obtuvieron 58% más de leche residual. Para nuestro caso, la cosecha fue mayor cuando se aplicó OT comparado con el uso de estímulos de la cría o táctiles.

Un segundo factor es la presión intramamaria, la cual incrementa con la síntesis y acumulación de leche (Mayer *et al*., 1991), y después de la aplicación de 0.5 UI de OT (Bruckmaier *et al*., 1994). Para el caso de vacas de doble propósito tropical, donde los niveles de producción (influidos por factores medio ambientales, de alimentación y genéticos) se encuentran en el rango de 5 a 8 kg/d, la presión intramamaria es baja sobre todo en la ordeña de la tarde, por lo que se hace necesaria la aplicación de OT para una mejor cosecha de leche.

Un tercer factor sobre la producción de leche puede ser el nivel de encaste, el cual a pesar del número de observaciones fue un factor importante en la cosecha de leche en *RLR*, y que está en acuerdo con evaluaciones bajo condiciones de trópico en las que vacas ¾ *Bos taurus* tienen una mejor producción en comparación con otros grados de encaste *Bos taurus* (Magaña, 1997; Osorio y Segura, 2005). En los SDPT se busca aprovechar el vigor híbrido (Syrstad, 1989; Pariacote *et al*., 1997), usando razas cebuínas y especializadas, pero a diferencia de los razas empleadas en los sistemas especializados no tienen el mismo grado de selección que les ha permitido un ordeño eficiente (Cambellas y Tesorero, 2003). Por esta razón, el nivel de encaste racial puede afectar la respuesta en la leche cosechada, ya que las vacas con encaste racial cebuíno tienden a sufrir estrés con mayor facilidad debido a su temperamento nervioso, mal manejo y/o ante un ambiente desconocido. Según Rushen *et al*. (2001) la producción de leche fue menor en vacas sometidas a

manejo diferente evidenciado por niveles menores de OT, y niveles de cortisol y ritmo cardíacos mayores. Por lo tanto, especulamos que ante algún agente estresor, en aquellas vacas con mayores niveles de encaste cebuíno las catecolaminas liberadas por actividad de la corteza adrenal entran en competencia y bloquean la acción o liberación de la OT (Sibaja y Schmidt, 1975; Gorewit y Aromando, 1985; Dahl, 2002; Bruckmaier, 2005) y por consiguiente la cosecha de leche es menor. Otras evidencias muestran que el factor raza puede ser determinante. Por ejemplo Murugaiyah *et al*. (2001) reportan fallas en la lactancia por secreción insuficiente de OT en vacas Friesian Sahiwal, y según otros autores este fenómeno es frecuentemente observado en cerca del 10% de las vacas Holstein de primer parto al inicio de la lactancia (Bruckmaier y Blum, 1998a; Kraetzl *et al*., 2001; Van Reenen *et al*., 2002).

El factor presencia o ausencia de la cría sobre la cosecha de leche en los SDPT es importante, ya que en vacas cruzadas se ha documentado que la presencia de la cría influye positivamente sobre la producción de leche (Cambellas y Tesorero, 2003). Sin embargo, nuestros resultados muestran una mayor cosecha de leche en los períodos que se usó OT comparado con el grupo en el que se usó la cría para estimular la eyección de la leche (*RLI*). Esto demuestra que en vacas cruzadas aún cuando se use la cría para estimular la eyección de la leche, queda una cantidad significativa de leche residual.

Pero bajo ordeña mecánica en vacas Syrian Shami se observaron niveles altos de OT y mayor producción de leche con presencia de la cría que en su ausencia (Kaskous *et al.* 2006). Por otra parte, en Brazil, Negrao y Marnet (2002 y 2006) bajo ordeño mecánico reportan niveles similares de liberación de OT durante el ordeño en vacas Holstein y sus cruzas con Gyr, y concluyen que el ordeño y la cosecha de leche fueron igualmente eficientes en los dos grupos de vacas. No obstante, es posible que en vacas con cierto nivel de encaste cebuíno quede una cantidad de leche residual significativa.

Basado en los resultados de este estudio y los razonamientos expuestos, es posible que la liberación de OT de origen hipofisiario no sea suficiente para desencadenar una adecuada eyección de la leche en vacas con niveles raciales cebuínos importantes (¾ *Bos taurus :* ¼ *Bos indicus*), por lo que la aplicación de pequeñas dosis de OT es suficiente para rebasar el umbral de concentración de OT e iniciar el adecuado proceso de eyección (Schams *et al*., 1984; Cambellas y Tesorero, 2003), sobre todo bajo ordeño mecánico.

Composición de leche. En el RLR se analizó la composición de la leche. El contenido de cenizas (0.76 ± 0.02 *vs* 0.83 ± 0.02%) y lactosa (4.89 ± 0.1 *vs* 4.80 ± 0.1%) no fueron diferentes ($P \pm 0.05$) entre OT y control; sin embargo, se observaron diferencias ($P \pm 0.01$) en el contenido de proteína (1.77 ± 0.1 *vs* 2.20 ± 0.1%) y grasa (2.13 ± 0.2 *vs* 1.30 ± 0.2%) entre OT y control, respectivamente.

Los bajos valores de grasa y proteína observados posiblemente se deba a que la leche proviene de animales bajo pastoreo en suelos de sabana, pero que fueron afectados por la aplicación de OT. Estos resultados muestran tendencias similares a la reportadas por Sagi *et al*. (1980) y Gorewit y Sagi (1984), quienes observaron que el contenido de proteína fue menor y el contenido de grasa incrementó significativamente en la leche de aquellos vacas en las que aplicaron OT; sin embargo, Bollou *et al.* (1993) no reporta diferencias entre vacas con OT y las control. Las diferencias en el contenido de grasa indican que la aplicación de OT es más efectiva en la remoción de la leche, lo cual probablemente es resultado de una eficiente remoción de la grasa sintetizada de los acini (Sagi *et al.*, 1980). Por otra parte, los cambios en el contenido de proteína pueden estar asociados con la síntesis y metabolismo de los lípidos (Allen, 1990) y proteína a nivel corporal, y en la glándula mamaria ejercida por la OT.

El contenido de cenizas no fue afectado significativamente en las vacas en las que se aplicó OT; pero se observa un menor porcentaje, lo cual es posible debido a cambios en el metabolismo mineral de vacas en las que se aplicó OT (Allen, 1990). Finalmente, el contenido de lactosa no fue diferente entre tratamientos, lo cual está en acuerdo con los resultados reportados por Ballou *et al.* (1993), pero no con los de Allen (1990) quien menciona que la aplicación de OT puede afectar el porcentaje de lactosa, lo cual se atribuye a posibles cambios en el balance electrolítico a nivel glandular. Es importante mencionar que las diferencias en los componentes de la leche tales como grasa y proteína pueden repercutir en la calidad de los productos elaborados.

Peso y/o Condición Corporal

Los contrastes ortogonales para la interacción tratamiento por período en el RLI, demostraron que las vacas con OT perdieron más peso ($P<0.01$; Figura 2) comparadas con las que recibieron estímulos de la cría por períodos alternados (51.08 kg *vs* 17.24 kg, respectivamente). En el RLR las vacas se evaluaron en base a la calificación de CC y no hubo diferencias ($P>0.05$) al comparar la CC al inicio y

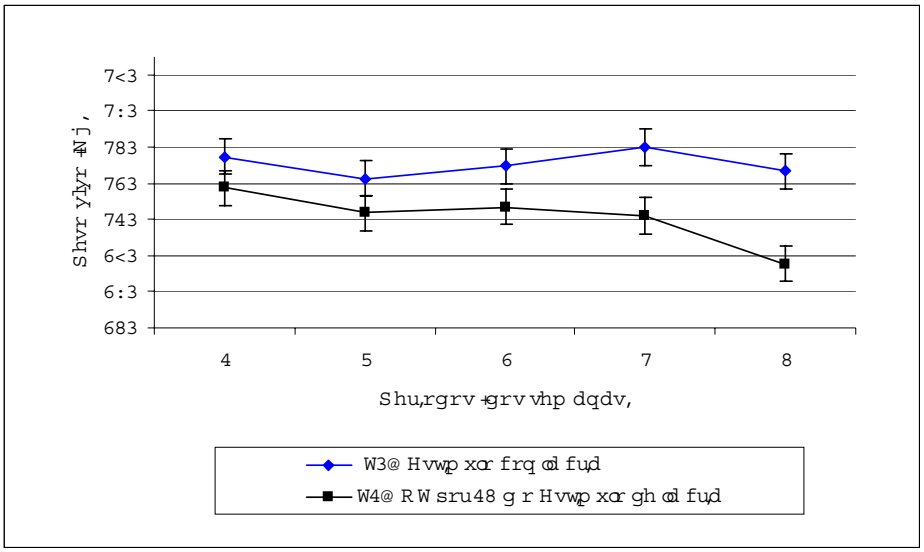

Figura 2. Cambio en el peso vivo de vacas de doble propósito que recibieron OT o Estímulo de la cría (EC) Rancho La Isla. (T0= EC o T1= 10 UI de OT/d del día 1 al 15 y del 31 al 45 o EC del día 16 al 30 y del 46 al 60).

final del experimento entre las control (3.40 ± 0.1 *vs* 3.01 ± 0.1) y OT (3.27 ± 0.1 *vs* 2.94 ± 0.1).

En el RLI en las vacas en las que se aplicó OT la pérdida de peso fue mayor, tal vez debido a un incremento en la movilización de reservas corporales demandadas por el incremento en la cosecha de leche. La perdida de peso coincidió con la época de sequía en la que la disponibilidad de forraje es baja, además del período crítico de la lactancia temprana, por lo que es posible que el consumo de MS se viera afectado (González *et al*., 1997), lo cual afecta en forma directa la cantidad de leche vendible y está positivamente relacionada con la cantidad de suplementación recibida por las vacas (Sandoval-Castro *et al*., 2000). Una explicación adicional es el incremento en el metabolismo mamario observado en vacas Holstein debido la administración de OT (Nostrand *et al*., 1991). Sin embargo, se menciona

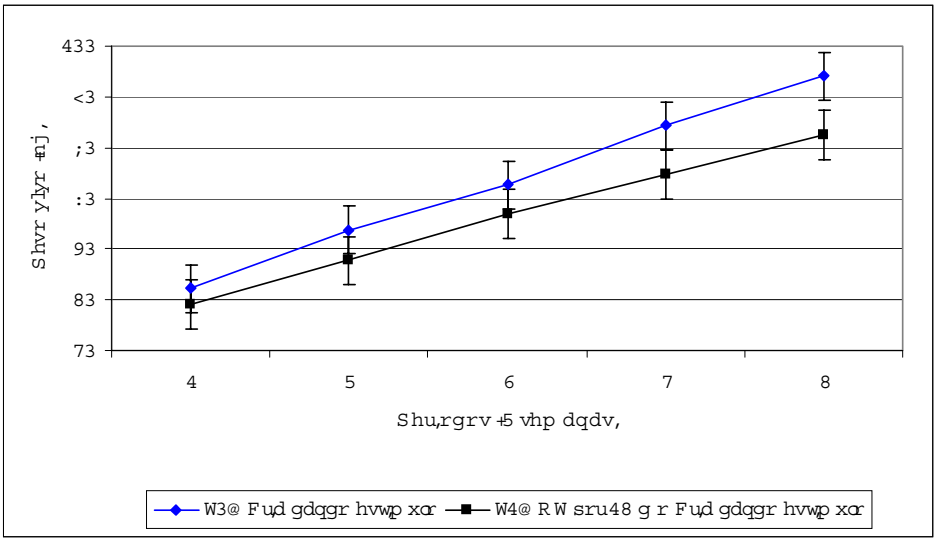

Figura 3. Crecimiento en crías de vacas de doble propósito que recibieron OT o estímulo de sus crías (EC), Rancho La Isla. (T0= EC o T1= 10 UI de OT/d del día 1 al 15 y del 31 al 45 o EC del día 16 al 30 y del 46 al 60).

que el incremento en producción se debe a una mejor eyección y, no a una mayor síntesis de leche o del metabolismo de la glándula (Knight, 1994).

En el caso del RLR, no se observaron diferencias en la condición corporal, ya que dentro de la variabilidad existente en la alimentación y pastos en los SDPT, la cantidad de suplemento y la calidad del forraje fueron más constantes durante el experimento. Las vacas tenían acceso *ad libitum* a pollinaza en forma individual durante la ordeña de la mañana y de la tarde así como de sales minerales de alto valor biológico, lo que tal vez les permitió enfrentar de mejor forma el período crítico de demandas de nutrientes en el pico de lactancia y limitaciones de consumo de MS (González *et al*., 2002).

Ganancias de Peso de las Crías

En el RLI las medias de pesos de las crías de vacas de ambos grupos fueron similares al inicio del experimento (Figura 3), pero no así a los 45 y 60 d, cuando se registraron diferencias (P<0.01) a favor de las crías de vacas con EC únicamente (OT). Las ganancias de peso en las crías (Cuadro 1) de vacas con EC fueron mayores (P<0.01) comparadas con las de crías de vacas con OT (719.46 ± 48 *vs* 561.67 ± 48 g/d, respectivamente). No se observó mortalidad o casos clínicos de enfermedades respiratorias o parasitarias, lo que tal vez contribuyó positivamente en el desarrollo de los becerros.

En el RLP, al igual que en el RLR, no hubo diferencias (P>0.05; Cuadro 1) entre las ganancias de pesos promedio de las crías. Pero se observó mortalidad de 1/9 en el Grupo 1 en el RLP y de 1/11 en las crías de vacas tratadas con OT en RLR, posiblemente debido a factores no controlados tales como la disponibilidad de forraje y suplemento, así como condiciones de higiene deficientes, las cuales pueden afectar el desarrollo de los becerros (García de Hernández, 1996; Quijada *et al*., 2002), y en ambos ranchos la ventaja de disponibilidad de leche que pudieron haber tenido los becerros de vacas control sobre las de OT, no se reflejo en sus ganancias de peso.

Es importante considerar que en los SDPT los ingresos por venta de leche pagan alrededor del 75 % de los costos variables (Luna, 2004), y el becerro criado al pie se convierte en la ganancia del productor (Sandoval-Castro *et al.,* 2000) al vender los machos como tal, o bien al ser engordados hasta el peso de sacrificio. Bajo estas circunstancias, el sistema de cría del ternero es importante, ya que se ha documentado que las crías que tienen más contacto con sus madres tienen mejores ganancias de peso, mayor resistencia a enfermedades y, como resultado un mejor desarrollo (Metz, 1984; Metz, 1987; Das *et al*., 1999 y Krohn *et al*., 1999). Por lo que el sistema de crianza de las crías merece atención especial, ya que representa las utilidades de los productores (Kaasschieter *et al*., 1992; White *et al*., 1997). En el caso de las hembras, las que no tienen probabilidades de ser "buenas lecheras" serán comercializadas para abasto. En caso contrario, serán criadas como reemplazo, por lo que un adecuado desarrollo prepuberal y en la pubertad asegura un buen crecimiento de los ductos y disposición genética para el desarrollo del parénquima mamario, y buen desempeño productivo en el futuro (McFadden, 2002; Neville *et al*., 2002).

Cuadro 1. Medias (± EE) para cosecha de leche en vacas de doble propósito tratadas o no con OT y ganancia de peso de sus crías.

Localidad	Cosecha de leche (kg/d)		Ganancia diaria de peso (g/d)	
	T1[1]	T0[2]	T1[1]	T0[2]
RLR	8.46 ± 0.9[a]	4.28 ± 1.0[b]	381.53 ± 65[a]	325.24 ± 69[a]
RLP	4.07 ± 0.3[a]	2.73 ± 0.3[b]	252.00 ± 55[a]	333.22 ± 55[a]
RLI	8.58 ± 0.8[a]	5.48 ± 0.8[b]	561.67 ± 48[a]	719.46 ± 48[b]

[a, b] Medias con literales diferentes dentro de columnas son diferentes (P<0.01);
RLR= rancho Los Rejones, RLP= rancho Las Palmas, RLI= rancho La Isla.
[1]T1 en RLR= 16 UI de OT/d, RLP= 8 UI de OT/d y RLI= 10 UI de OT/d; [2]T0 en RLR= estímulo de ordeña mecánica, RLP= inserción de aguja hipodérmica, y RLI= estímulo con cría.

Conclusiones

En conclusión, este estudio contribuyó a proporcionar información preliminar sobre el uso de OT en bovinos de doble propósito, además, proporcionó evidencias de los factores más importantes que en el futuro deben estudiarse.

La aplicación de OT incrementó la cosecha de leche bajo las condiciones de ordeña manual o mecánica, comparado con estímulo de la cría, estímulos visuales, táctiles y auditivos de la ordeña mecánica o con la inserción de aguja.

Los componentes de la leche son afectados por la aplicación de OT, el porcentaje de proteína disminuyó pero el de grasa se vio incrementado.

Las vacas en las que se aplicó OT en la lactancia temprana pueden perder más peso corporal, tal vez debido a la demanda adicional de nutrimentos para síntesis de leche. En estudios futuros valdría la pena evaluar este efecto sobre el comportamiento reproductivo y salud de la vaca.

El cambio en los sistemas de crianza por el uso de OT puede afectar negativamente la ganancia de peso y desarrollo de las crías. Por lo que se debe poner atención especial si lo que también se busca es mejorar la tasa de destetes, becerros sanos y con pesos al destete aceptables.

La aplicación de OT tiene un efecto positivo sobre la cosecha de leche y su respuesta se vio favorecida con el nivel de encaste racial en vacas ¾ *Bos taurus:* ¼ *Bos indicus*. Un estudio subsiguiente debe determinar cómo influyen y cuáles son los niveles de OT producidos bajo condiciones de ordeño manual y mecánico en animales con niveles raciales *Bos indicus* altos, medios y bajos en sistemas de producción de doble propósito tropical, y su relación con la presencia o ausencia de la cría sobre los pulsos de secreción de OT.

Literatura Citada

Adams, H., and N.N. Allen. 1952. The effect of removal of residual milk by use of oxytocin upon the yield and fat content of subsequent milkings. J. Dairy Sci. 28:1121.

Aguilar Cabrales, J.A. 2004. Tabasco: Modelo de producción lechera tropical. SEDAFOP Gobierno del estado de Tabasco. Agroinforme... Soluciones para el Campo de Tabasco. Año 2(11): 9-12.

Allen, J.C. 1990. Milk synthesis and secretion rates in cows with milk composition changed by oxytocin. J. Dairy Sci. 73: 975-984.

Anderson, R.R., G.A. Hindery, V. Parkash and C.W. Turner. 1967. Effectiveness of subcutaneously administered oxytocin upon removal of residual milk. J. Dairy Sci. 51:601-605.

AOAC. 1994. Official Methods of Analysis of the Assciation of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Ballou, L.U., J.L. Bleck, G.T. Bleck and R.D. Bremel. 1993. The effects of daily oxytocin injections before and after milking on milk production, milk plasmin, and milk composition. J. Dairy Sci. 76:1544-1549.

Benson, G.K. and S.J. Folley. 1957. The effect *of* oxytocin on mammary gland involution in the rat. J. Endocrinol. 16:189-201.

Benson, G.K., S.J. Folley, and J.S. Tindal. 1960. Effects of synthetic oxytocin and valyl oxytocin on mammary involution in the rat. J. Endocrinol. 20:106-111.

Bremel, R.D. 1985. Action of oxytocin on mammary myoepithelial cells. *in* Roc. Oxytocin: Clin Lab Stud, Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, Neth. Pág. 303.

Bruckmaier, R.M., D. Schams and J.W. Blum. 1994. Continuously elevated concentrations of oxytocin during milking are necessary for complete milk removal in dairy cows. J. Dairy Res. 61:323-334.

Bruckmaier, R.M. and J.W. Blum. 1998a. Simultaneous recording of oxytocin release, milk ejection and milk flow during milking of dairy cows with and without prestimulation. J. Dairy Res. 63:201–208.

Bruckmaier, R.M. and J.W. Blum. 1998b. Oxytocin release and milk removal in ruminants. J. Dairy Sci. 81:939–949.

Bruckmaier, R.M. 2005. Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. Domest. Anim. Endocrinol. 29:268-73.

Cambellas, J. and M. Tesorero. 2003. Cow-calf relationship during milking and its effect on milk yield and calf live weight gain. Livest. Res. Rur. Devel. 15:3-7.

Coffey, M.P., G. Simm, J.D. Oldham, W.G. Hill and S. Brotherstone. 2004. Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. J Dairy Sci. 87:4318-4326.

Dahl, D.E. 2002. Physiology: Milk removal and galactopoiesis I. In: CD-ROM Milk Secretion Management and Mastitis. University of Illinois, USA.

Das, S.M., H. Wiktorsson and M. Forsberg. 1999. Effects on calf management and level of feed supplementation on milk yield and calf growth of Zebu and crossbred cattle in the semi-arid tropics. Livest. Prod. Sci. 59:67-75.

García de Hernández, M. 1996. Evolución del sistema de crianza de becerros SCB) en el sector Las Yaguas, Municipio Torres del estado Lara. FONAIAP - DIVULGA 53:15-17.

González, A., C. Domínguez, J. A. Ureña y K. Zahalka. 1997. Suplementación con dietas basadas en recursos locales en vacas post-parto de doble propósito en el paisaje colinoso del estado Guárico-Venezuela. I. Efecto sobre la producción de leche. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 147-150.

González, O., A. Arias y O. Colmenares. 2002. Suplementación con cama de pollos en vacas doble propósito a pastoreo en el municipio San Genaro del estado Portuguesa. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2: 542-544.

Gorewit, R.C. and R. Sagi. 1984. Effects of exogenous oxytocin on production and milking variables of cows. J. Dairy Sci. 67:2050.

Gorewit, R.C. and M.C. Aromando. 1985. Mechanisms involved in the adrenaline-induced blockade of milk ejection in dairy cattle. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 180:340-347.

Heuer, C., Y.H. Schukken, P. Dobbelaar. 1999. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. J Dairy Sci. 82:295-304.

Johansson, B., K. Uvnäs-Moberg, C. Knight and K. Svennersten-Sjaunja. 1999. Effect of feeding before, during and after milking on milk production and the hormones oxytocin, prolactin, gastrin and somatostatin. J. Dairy Res. 66:151-163

Kaasschieter, G.A., R. de Jong, J.B. Schiere, and D. Zwart. 1992. Towards a sustainable livestock production in developing countries and the importance of animal health strategy therein. Vet. Q. 14:66-75.

Kaskous, S.H., D. Weiss, Y. Massri, A-M. B. Al-Daker, A-D. Nouh and R.M. Bruckmaier. 2006. Oxytocin release and lactation performance in Syrian Shami cattle milked with and without suckling. J. of Dairy Res. 73:28–32.

Kim, K.D., K.S. Ki, H.G. Kang and I.H. Kim. 2005. Risk factors and the economic impact of ovarian cysts on reproductive performance of dairy cows in Korea. J. Reprod. Dev. 51:491-498.

Kraetzl, W.D., V. Tancin, and D. Schams. 2001. Inhibition of oxytocin release and milk let-down in postpartum primiparous cows is not abolished by naloxone. J. Dairy Res. 68:559-68.

Krohn, C.C., Foldager, J., and L. Mogensen. 1999. Long-term effect of colostrum feeding methods on behaviour in female dairy calves. Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Sci. 49:57-64.

Knight, C.H. 1994. Short-term oxytocin treatment increases bovine milk yield by enhancing milk removal without any direct action on mammary metabolism. J. Endocrinol. 142:471-473.

Lee, J.Y. and I.H. Kim. 2006. Advancing parity is associated with high milk production at the cost of body condition and increased periparturient disorders in dairy herds. J. Vet. Sci. 7:161-166.

Luna, Palomera C. 2004. Rentabilidad de una explotación bovina de doble propósito diversificada. En: Memorias de la XXXII Reunión Anual del AMPA. Monterrey, N.L. Pág. 102-105.

Magaña, J. 1997. Efectos de algunas estrategias de manejo sobre la producción de hatos de doble propósito en el Estado de Yucatán, México. En: Conferencia Internacional «Alternativas para la intensificación de los sistemas ganaderos de doble propósito en el trópico. FZ-UADY. Mérida, Yucatán. México. p. 15.

Mayer, H., R. Bruckmaier and D. Schams. 1991. Lactational changes in oxytocin release, intramammary pressure and milking characteristics in dairy cows. J. Dairy Res. 58:159-69.

McFadden, T.B. 2002. Mammary Growth and Anatomy. In CD-ROM Milk Secretion Management and Mastitis, University of Illinois, USA.

Metz, J. 1984. Behaviour and state of health of cows and calves kept together or separately in the post-partum period. In: J. Unshelm, van Putten, G., Zeeb, K. (Eds.), Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals. Kiel, pp. 358-362.

Metz, J. 1987. Productivity aspects of keeping dairy cow and calf together in the post-partum period. Livest. Prod. Sci. 16:385-394.

Murugaiyah, M., A.R. Ramakrishnan, A.R. Sheikh Omar, C.H. Knight, and C.J. Wilde. 2001. Lactation failure in crossbred Sahiwal Friesian cattle. J. Dairy Res. 68:165–174.

Negrao, J.A. and P.G. Marnet. 2002. Effect of calf suckling on oxytocin, prolactin, growth hormone and milk yield in crossbred Gir x Holstein cows during milking. Reprod. Nut. Dev. 42:373–380.

Negrao, J.A. and P.G. Marnet. 2006. Milk yield, residual milk, oxytocin and cortisol release during machine milking in Gir, Gir x Holstein and Holstein cows. Reprod. Nutr. Dev. 46:77–85.

Neville, M.C., T.B. McFadden and I. Forsyth. 2002. Hormonal Regulation of Mammary Differentiation and Milk Secretion. J. Mammary Gland. Biol. and Neopl. 7:49-66.

Nostrand, S.D., D.M. Galton H.N. Erb and D.E. Bauman. 1991. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74:2119-2127.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI. 2003. Leche, formula Láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y método de prueba.

Osorio Arce, M.M. y J.C. Segura Correa. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos Taurus x Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. Téc. Pecu. Méx. 43:127-137.

Pariacote, F.A., L.D. Van Vleck, A. Flores, M.K. Hahn y J.R.L. Martínez. 1997. Contribución genética directa de grupo racial sobre producción de leche en ambientes tropicales. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1):546-548.

Quijada, T., M. García de Hernández, G. López, y V. Marchán. 2002. Evaluación de los sistemas de crianza de becerros doble propósito en condiciones de bosque seco tropical. Revista Científica. XII(Supl.) 2:528-530.

Rushen, J., L. Munksgaard, P.G. Marnet and A.M. DePasille. 2001. Human contact and the effect of acute stress on cows at milking. Appl. Anim. Behav. Sci. 73:1-14.

SAS. 2001. User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Sagi, R., R.C. Gorewit and D.B. Wilson. 1980. Role of exogenous oxytocin in eliciting milk ejection in dairy cows. J. Dairy Sci. 63:2006-2011.

Sandoval-Castro, C.A., S. Anderson and J.D. Leaver. 2000. Production responses of tropical crossbred cattle to supplementary feeding and to different milking and restricted suckling regimes. Livest. Prod. Sci. 66:13–23.

Schams, D., H. Mayer, A. Prokopp and H. Worstorff. 1984. Oxytocin secretion during milking in dairy cows with regard to the variation and importance of a threshold level for milk removal. J. Endocrinol. 102:337-343.

Sibaja, R.A. and G.H. Schmidt. 1975. Epinephrine inhibiting milk ejection in lactating cows. J Dairy Sci. 58:344-348.

Stefanon, B., M. Colitti, G. Gabai, C. H. Knight, and C. J. Wilde. 2002. Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. J Dairy Res. 69:37-52.

Svennersten Sjaunja, K, and K. Olsson. 2005. Endocrinology of milk production. Domestic Animal Endocrinology. Farm Animal Endocrinology (Special Issue) 29:241-258.

Syrstad, O. 1989. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: performance of secondary crossbred populations. Livest. Prod. Sci. 23:97–106.

Van Reenen, C.G., J.T.N. Van der Werf, R.M. Bruckmaier, H. Hopster, B. Engel, J.P.T.M. Noordhuizen and H.J. Blokhuis. 2002. Individual differences in behavioral and physiological responsiveness of primiparous dairy cows to machine milking. J. Dairy Sci. 85:2551–2561

Villa, Godoy A., E. González Padilla, y R. Ortíz Díaz. 2003. Oxitocina y somatotropina como método para incrementar la producción en ganado de trópico. En CD-ROM memorias: XVII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco, México.

White, G., D. Rice, D. Hudson, and D. Grotelueschen. 1997. Management for disease prevention in feedlots. NebGuide. University of Nebraska cooperative extension educational programs. Available: http://ianrpubs.unl.edu/beef/g878.htm Accesed Oct 30 , 2005.

Wildman, E.E., G.M. Jones, P.E. Wagner, and R.L. Boman. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. J. Dairy Sci. 65:495.