



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
Y FORESTALES**

***PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS***

***OPCIÓN: PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL***

**TESIS:**

**“EFECTO DE LA OXITOCINA EXÓGENA EN LA LACTACIÓN, FERTILIDAD Y  
DÍAS ABIERTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO”**

**PRESENTA:**

**MVZ. ESTEBAN CRUZ CRUZ**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS GUILLERMO SALAS RAZO**

**MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2015**



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
Y FORESTALES

*PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS*  
*OPCIÓN: PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL*

**“EFECTO DE LA OXITOCINA EXÓGENA EN LA LACTACIÓN, FERTILIDAD  
Y DÍAS ABIERTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO”**

TESIS QUE PRESENTA:

**MVZ. ESTEBAN CRUZ CRUZ**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. GUILLERMO SALAS RAZO**

ASESORES:

**DR. MAURICIO PEREA PEÑA**

**DR. ROGELIO GARCIDUEÑAS PIÑA**

**MC. JUAN PABLO FLORES PADILLA**

**DR. JOSÉ LUIS ESPINOZA VILLAVICENCIO**

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2015



MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
*Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas*

---

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE  
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
P R E S E N T E

Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "EFECTO DE LA OXITOCINA EXÓGENA EN LA LACTACIÓN, FERTILIDAD Y DÍAS ABIERTOS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO" presentado por el MVZ. ESTEBAN CRUZ CRUZ, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestro en Ciencias.

Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E  
Morelia, Michoacán a 13 de agosto de 2015

MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA

---

Dr. Guillermo Salas Razo

---

Dr. Mauricio Perea Peña

---

Dr. José Luis Espinoza Villavicencio

---

Dr. Rogelio Garcidueñas Piña

---

MC. Juan Pablo Flores Padilla

## DEDICATORIA

**A Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

**A mis padres**, por darme la vida y apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

**A mis hermanos y sobrinos**, por su cariño incondicional, apoyo, confianza y alegría; gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

**A mi esposa**, por su paciencia, comprensión, amor y apoyo incondicional, gracias hija te amo.

**A mis profesores**, que influyeron con sus lecciones y experiencias en mi formación académica, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis asesores:

**Dr. Guillermo Salas Razo**

**Dr. Rogelio Garcidueñas Piña**

**Dr. Mauricio Perea Peña**

**MC. Juan Pablo Flores Padilla**

**Dr. José Luis Espinoza Villavicencio**

Mis más sinceros agradecimientos, por su tiempo, enseñanza, apoyo y orientación; así también como por las críticas y observaciones realizadas durante la elaboración de este trabajo.

**Al MC. Jesús Antonio Rojo Martínez**, por su apoyo en el trabajo de campo y por las observaciones y sugerencias realizadas en la elaboración de este trabajo, gracias.

**A la Dra. Martha Xochitl Flores Estrada**, Presidenta de la Fundación Produce Michoacán A.C., por el payo económico brindado para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo, Muchas gracias Dra.

**Al productor Sr. Porfirio Álvarez Madrigal**, propietario del rancho “Los Huarinches” por su hospitalidad, confianza y facilidades brindadas en el trabajo de campo, fue una experiencia enriquecedora e inolvidable.

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada durante mis estudios de Maestría.

**A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y en especial al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales**, por darme la oportunidad de formar parte de ellas, al abrirme sus puertas para mi formación académica y personal.

A todos ustedes mi gratitud.

# ÍNDICE

	Página
I. RESUMEN .....	1
II. ABSTRACT .....	3
III. INTRODUCCIÓN .....	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	7
4.1 La ganadería bovina de doble propósito.....	7
4.2 Parámetros productivos y reproductivos en bovinos de doble propósito.....	8
4.3 Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) .....	10
4.4 Función de la oxitocina .....	13
4.4.1 Acción de la oxitocina en la glándula mamaria.....	14
4.4.2 Acción de la oxitocina en el aparato reproductor de la hembra .....	16
4.5 Ecografía.....	19
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
VI. HIPÓTESIS .....	21
VII. OBJETIVO GENERAL.....	21
VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
IX. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
X. BIBLIOGRAFÍA .....	24
XI. USO RUTINARIO DE OXITOCINA EXÓGENA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL MUNICIPIO DE TEPALCATEPEC, MICHOACÁN.....	35
11.1 Abstract .....	35
11.2 Resumen.....	35
11.3 Introducción .....	36
11.4 Material y Métodos .....	37
11.5 Resultados.....	38
11.6 Discusión.....	40
11.7 Conclusión .....	43
11.8 Bibliografía.....	44
XII. EFECTO DEL USO DIARIO DE OXITOCINA EXÓGENA EN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO.....	48
12.1 Abstract .....	48

12.2 Resumen.....	48
12.3 Introducción .....	49
12.4 Material y Métodos .....	51
12. 5 Resultados.....	51
12.6 Discusión.....	52
12.7 Conclusión .....	54
12.8 Bibliografía.....	55
XIII. DISCUSIÓN GENERAL .....	60
XIV. CONCLUSIÓN GENERAL .....	61
XV. BIBLIOGRAFÍA .....	62

## ÍNDICE DE CUADROS

### Estudio 1. Uso rutinario de oxitocina exógena en vacas de doble propósito en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Dosis y promedio del tiempo (segundos) desde la administración de OT hasta el comienzo del ordeño, por unidad de producción (media $\pm$ EE).	38
Cuadro 2. Duración del flujo de leche/ordeña (segundos) en los periodos intercalados del uso o no de OT (media $\pm$ EE).	39
Cuadro 3. Promedio ( $\pm$ EE) de cantidad de leche (kg/vaca/día) obtenida en el ordeño con y sin OT.	40

### Estudio 2. Efecto del uso diario de oxitocina exógena en la eficiencia reproductiva en vacas de doble propósito

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Porcentaje de hembras gestantes en vacas de doble propósito tratadas o no con oxitocina exógena pre ordeño durante el periodo de reconocimiento materno de la preñez.	52

## I. RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivos: 1) evaluar la velocidad de ordeño (duración de flujo de leche/ordeña) y cantidad de leche producida con el uso rutinario de oxitocina (OT) exógena en vacas de doble propósito en sistemas de producción de pequeña escala; 2) evaluar el efecto de la OT exógena, administrada rutinariamente para incrementar la producción láctea, sobre el porcentaje de gestación y días abiertos en vacas de doble propósito. Para el primer objetivo, se utilizaron 24 vacas de las razas suizo americano y cruza con ganado cebú en 4 unidades de producción (UP). Los animales tenían una condición corporal de  $2.95 \pm 0.38$  (escala 1 a 5),  $463.47 \pm 81.1$  kg de peso vivo,  $3.25 \pm 1.7$  años de edad,  $2.62 \pm 1.5$  partos y  $162.5 \pm 70.8$  días de lactancia. Las dosis de OT utilizadas rutinariamente por los productores son de 20 UI (UP1), 10 UI (UP2 y UP3) y 5 UI (UP4). Para el estudio la administración de OT se suspendió en periodos intercalados de 5 días, durante 30 días. Se midió el tiempo desde la aplicación de OT al inicio del ordeño, la velocidad de ordeño y la cantidad de leche en kg/vaca/día. El tiempo desde la administración de OT hasta el inicio del ordeño fue de  $162.0 \pm 9.16$ ,  $186.61 \pm 12.50$ ,  $360.21 \pm 17.81$  y  $288.29 \pm 9.94$  segundos para UP1, UP2, UP3 y UP4, respectivamente; la velocidad de ordeño fue mayor cuando las vacas recibieron OT en UP1, UP2 y UP4 ( $p < 0.05$ ). Mientras que en UP3 fue similar ( $p = 0.64$ ) con o sin la aplicación de OT. La cantidad de leche (kg/día/vaca) fue mayor cuando se utilizó OT en la UP1, UP2 y UP4, ( $p < 0.05$ ). No así, en UP3 donde no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). En el segundo objetivo, se utilizaron 31 vacas no preñadas y con actividad ovárica; de razas suizo americano y cruza con ganado cebú, con una condición corporal de  $3.01 \pm 0.24$  (escala 1 a 5),  $449.82 \pm 58.41$  kg de peso vivo,  $5.19 \pm 1.85$  años edad,  $2.64 \pm 1.53$  partos y  $150.69 \pm 29.3$  días post-parto. Se dividieron en dos grupos: al grupo 1 ( $n=16$ ) no se le modificó el uso cotidiano de OT en el ordeño (20 UI/vaca/día) y al grupo 2 ( $n=15$ ) se le suspendió la administración de OT durante la etapa del reconocimiento materno de la preñez (día 15-21 post-servicio). Las vacas fueron servidas por monta directa a detección de estro. Se observó el retorno o no

retorno al estro para un siguiente servicio. Se realizaron diagnósticos de gestación por ecografía transrectal, los días abiertos se calcularon a partir de la fecha de parto hasta el final del estudio, en las vacas que no quedaron gestantes. El porcentaje de gestación fue menor (56%) en el grupo 1 que en el grupo 2 (86%) ( $p < 0.05$ ). El porcentaje de gestación al primer servicio fue menor en el grupo 1 (43.75% vs 66.67%) ( $p < 0.06$ ); en el segundo y tercer servicio el porcentaje de gestación fue similar en ambos grupos ( $p = 0.50$ ,  $p = 0.41$ , respectivamente). Al finalizar el estudio los días abiertos fueron  $205.18 \pm 24.14$  para el grupo 1 y  $163.2 \pm 18.56$  para el grupo 2 ( $p > 0.05$ ). En conclusión, el uso rutinario de oxitocina exógena incrementa la velocidad de ordeño y cantidad de leche; pero disminuye el porcentaje de gestación e incrementa los días abiertos; sin embargo, la suspensión de oxitocina en la etapa del reconocimiento materno de la preñez posterior al servicio incrementa la tasa de gestación.

**Palabras clave:** velocidad de ordeño, cantidad de leche, porcentaje de gestación, días abiertos, oxitocina.

## II. ABSTRACT

The aim of this study was: 1) evaluate the milking speed (duration of flow of milk/milking) and amount of milk produced with routinely use of exogenous oxytocin (OT) in dual purpose cows in small scale production systems; 2) evaluate the effect of exogenous OT, administered routinely to increase milk production, on the pregnancy rate and open days in dual purpose cows. For the first objective, 24 American Swiss x zebu cows in four production units (UP) were used. They had  $2.95 \pm 0.38$  (range 1-5 ) of body condition score,  $463.47 \pm 81.1$  kg of live weight,  $3.25 \pm 1.7$  years old,  $2.62 \pm 1.5$  births, and  $162.5 \pm 70.8$  lactation days. OT doses routinely used by producers are 20 IU (UP1), 10 IU (UP2 and UP3) and 5 IU (UP4). For the study, the OT administration was suspended in interspersed periods of 5 days, during 30 days. There was measured the Time from the application of OT at the beginning of milking, milking speed and the amount of milk produced (kg/cow/day). The time from OT administration to the beginning of milking was  $162.0 \pm 9.16$ ,  $186.61 \pm 12.50$ ,  $360.21 \pm 17.81$  and  $288.29 \pm 9.94$  seconds to UP1, UP2, UP3 and UP4 respectively; milking speed was faster when cows received OT in UP1, UP2 and UP4 ( $p < 0.05$ ). While in UP3 it was similar ( $p = 0.64$ ) with or without application of OT. The amount of milk (kg/day/cow) was greater when used OT in UP1, UP2 and UP4 ( $p < 0.05$ ). Not so, in UP3 wherein no significant differences ( $p > 0.05$ ) were observed. On the second objective, 31 non-pregnant American Swiss and Zebu cattle crossbreed cows in ovarian activity were used; with a body condition score of  $3.01 \pm 0.24$  (range 1-5),  $449.82 \pm 58.41$  kg of live weight,  $5.19 \pm 1.85$  years old,  $2.64 \pm 1.53$  births and  $150.69 \pm 29.3$  days post-partum. They were divided into two groups: group 1 ( $n = 16$ ), without changing the everyday use of OT at milking (20 IU/cow/day) and group 2 ( $n = 15$ ), was suspended the administration of OT during the stage of maternal recognition of pregnancy (day 15 to 21 post-service). The cows were inseminated by direct mount. It returns or no return to estrus, for a next service is noted. Pregnancy diagnosis by transrectal ultrasound was performed, the open days were calculated from the last calfbirth date until the end of the study, while cows were not pregnant. The pregnancy rate was 56% in

group 1 and 80% in group 2 ( $p < 0.05$ ). The pregnancy rate at the first service was lower in group 1 (43.75% vs 66.67%) ( $p < 0.06$ ); in the second and third service, pregnancy rate was similar in both groups ( $p = 0.50$ ,  $p = 0.41$ , respectively). At the end of the study open days were  $205.18 \pm 24.14$  for group 1 and  $163.2 \pm 18.56$  for group 2 ( $p > 0.05$ ). In conclusion, the routine use of exogenous oxytocin milking speed increases and amount of milk; but the pregnancy rate decreases and increases the open days; however, the suspension of stage oxytocin in maternal recognition of pregnancy subsequent service increases the pregnancy rate.

**Keywords:** milking speed, amount of milk, pregnancy rate, open days, oxytocin.

### III. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en México, representa una de las principales actividades del sector agropecuario del país ya que se desarrolla en 110 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 56% de la superficie del territorio nacional. Los sistemas de producción van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los tradicionales (Palacios, 2010).

El sistema de producción bovinos de doble propósito, (destinado a producir carne y leche), se desarrolla principalmente en la región tropical del país, concentrando el 80% de este sistema, predominan las razas Cebuinas y sus cruzas con ganado Suizo, Jersey, Holstein y Simental (Financiera rural, 2009).

En el estado de Michoacán, la ganadería es la principal actividad económica, y ocupa el 14 % del territorio estatal. El valle de Apatzingán, que contempla al Municipio de Tepalcatepec, se encuentra en una de las zonas tropicales y concentra 65 % del hato ganadero bovino del Estado, por lo que la ganadería es una de las principales actividades productivas y fuente de ingreso para las familias de la región (Sánchez y Sánchez, 2006). A través, de la comercialización de becerros destetados o engordados (Pérez y Rojo, 2003), y con la venta de leche diaria, que permite tener utilidad monetaria al productor de forma inmediata después del parto y de manera constante durante el periodo de lactación (Suárez *et al.*, 2012).

Por ello, se han adoptado algunas tecnologías, con la intención de mejorar la eficiencia en la producción de leche como: suplementos alimenticios, pastos mejorados (Arriaga *et al.*, 1999), amamantamiento restringido (Drescher *et al.*, 2009), empleo del ordeño mecanizado (Avila y Gutiérrez, 2010), así también el uso de productos hormonales, somatotropina bovina (Vargas *et al.*, 2006) y oxitocina en diferentes dosis (Luna *et al.*, 2007; Mustafa *et al.*, 2008). De esta manera, en los sistemas bovinos de doble propósito (SBDP) en los que se encuentra mecanizada la ordeña, el uso tradicional del ternero para estimular la eyección de la leche está siendo reemplazada con la aplicación de oxitocina

exógena a dosis variables (Villa *et al.*, 2003; Aguilar, 2004). Actividad implementada también por los productores en el Municipio de Tepalcatepec, los cuales han optado por la aplicación diaria de esta hormona a sus vacas de ordeño para así provocar la eyección completa de la leche en la ubre.

La oxitocina (OT) es una hormona proteica sintetizada en el núcleo supraóptico del hipotálamo y es transportada por los axones nerviosos para ser almacenada en la neurohipófisis o pituitaria posterior (Hafez y Hafez, 2002). La OT también se produce en el cuerpo lúteo del ovario (CL), placenta, útero, corazón y testículos; siendo el hipotálamo y el ovario los principales lugares de producción de esta hormona (Gimpl y Fahrenholz, 2001).

En los mamíferos la OT tiene funciones importantes en los procesos reproductivos. Durante la fase folicular del ciclo estral y durante las últimas etapas de gestación, esta hormona estimula las contracciones uterinas, facilitando el transporte de los espermatozoides y la expulsión del feto. Sin embargo, la función principal de la OT es estimular la secreción de la leche, esto al causar las contracciones de las células mioepiteliales que rodean los alveolos de la glándula mamaria, provocando de esta manera la descarga de la leche (Hafez y Hafez, 2002).

También, la OT se involucra en la función del CL, debido a que actúa en el endometrio, para inducir la liberación de prostaglandinas ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ) la cual tiene acción luteolítica (Gimpl y Fahrenholz, 2001; Hafez y Hafez, 2002). Lo anterior resulta importante, debido a que la progesterona ( $\text{P}_4$ ) secretada por el CL, es necesaria para mantener una gestación (Hafez y Hafez, 2002). Por lo tanto, la presencia de OT durante el ciclo reproductivo, puede provocar la liberación de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  reduciendo los niveles de  $\text{P}_4$ , dando como resultado una luteólisis, que repercutiría en fallas en la concepción al reducir la vida del CL y acortar el ciclo estral.

El uso de la OT durante el ordeño se podría justificar debido a que el estímulo proporcionado bajo ordeño mecánico, resulta insuficiente para inducir la liberación

endógena de esta hormona, provocando una incompleta eyección de la leche y vaciado de la ubre (Weiss *et al.*, 2003). Sin embargo, existen trabajos que muestran diferencias al utilizar OT durante el ordeño. Nostrand *et al.* (1991), mencionan que con la aplicación de oxitocina se logra incrementar la producción de leche hasta un 12%. Por su parte, Ballou *et al.* (1993), reportaron que al administrar 20 UI de OT en vacas lecheras, la producción de leche sólo aumentó un 3%. Estos resultados ponen en duda si la implementación de la OT exógena en la ganadería bovina de doble propósito de Tepalcatepec Michoacán genera un beneficio, ya que existen vacas con bajo nivel de producción diaria de leche; por lo anterior, resulta importante evaluar el uso de la OT durante el ordeño para incrementar la cantidad de leche y su posible efecto en la fertilidad, debido a que su uso podría no tener el efecto positivo esperado, por el cual fue adoptado en estos sistemas de producción.

#### IV. REVISIÓN DE LITERATURA

##### 4.1 La ganadería bovina de doble propósito

En el trópico (seco y húmedo) mexicano, la producción bovina de doble propósito es una de las principales actividades del sector agropecuario, se caracteriza por utilizar cruza de ganado *Bos taurus* vs *Bos indicus* (Pérez y Rojo, 2003). Tiene dos objetivos fundamentales: la producción de leche (ordeño al día), que comúnmente se realiza forma manual y con la presencia del ternero, para facilitar la bajada de la leche, y la producción de carne, en los términos de becerro al destete (Espinoza *et al.*, 2000). Se ubican principalmente en las regiones en desarrollo y se caracterizan por el uso de baja tecnología, donde los niveles de producción se consideran bajos. La leche se destina al autoconsumo o para su venta en los mercados locales y el becerro tras el destete se vende a engordadores locales o para la exportación (Rojo *et al.*, 2009).

Las entidades en donde se desarrolla la ganadería bovina de doble propósito son: Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, así como parte de los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas

y Michoacán (González y Saldaña, 1990). Donde el ganado de estas regiones, proporciona el 20% y el 44% de la leche y la carne, que se consume en el país (SAGARPA, 2005; SAGARPA, 2006). La producción ganadera se realiza bajo diferentes situaciones y sistemas de producción, que varían desde los tradicionales de bajos insumos, como los de traspatio operados principalmente por familias campesinas y aquellos denominados como sistemas especializados manejados con elevada tecnología (Rivas y Holmann, 2002).

De acuerdo a su capitalización, nivel tecnológico y uso del suelo, los SBDP se pueden clasificar como extensivos y semi-extensivos, basados principalmente en monocultivo de pasturas (Gómez *et al.*, 2002; Bacab *et al.*, 2013), los cuales producen bajos rendimientos de forraje con una calidad nutricional deficiente, sobre todo en la época seca (Bacab *et al.*, 2013). Por tal motivo, la mayor limitante para este tipo de sistemas es la marcada estacionalidad en la producción y disponibilidad de las pasturas, que constituye el principal recurso para la alimentación bovina en el trópico, lo cual no permite obtener niveles aceptables de producción de carne y leche, debido a problemas nutricionales del ganado, afectando de igual manera los parámetros reproductivos que son generalmente bajos; porcentaje de nacencias, edad avanzada a primer parto, tasa de concepción e intervalos entre partos prolongados (Lamela *et al.*, 2005; Steinfeld *et al.*, 2006).

#### **4.2 Parámetros productivos y reproductivos en bovinos de doble propósito**

El comportamiento productivo y reproductivo de la ganadería bovina de doble propósito en las zonas tropicales es pobre, la ganancia de peso diario de los becerros, varía entre 200 y 700 g con un peso promedio al destete (8 meses) de 156 kg, con variación muy amplia que van desde los 146 a 196 kg. La ganancia diaria de peso post-destete (6-12 meses) es de 200 a 300 g lo cual es demasiado bajo para un desarrollo adecuado de los procesos fisiológicos normales que ocurren en edades posteriores. Los animales alcanzan la edad al mercado entre 3 y 5 años, con pesos que oscilan de 350 a 450 kg (Pérez *et al.*, 2004).

La producción de leche diaria por vaca oscila entre 2.8-6.5 kg y depende de la estacionalidad (seca o lluvia). En explotaciones con dos ordeños y apoyo del becerro, se ha estimado una producción de leche diaria de  $4.5 \pm 1.2$  kg en la mañana y  $3.5 \pm 1.1$  kg en la tarde; y una producción total de  $8.0 \pm 1.9$  kg/día (Pérez y Rojo, 2003). En lo referente, a la producción de leche por lactancia (749-1589kg), el cual depende de la duración de la misma y van desde los 180 - 270 días (Pérez y Rojo, 2003; Gallardo *et al.*, 2010).

Un estudio realizado en 276 lactancias, de 69 vacas de doble propósito con distintas proporciones de genes *Bos taurus/Bos indicus* en tres hatos de la zona norte (tropical), del estado de Veracruz, indicó que, las vacas alcanzaron su valor máximo de producción de leche por lactancia de 4859 kg, el promedio sobre los días al pico de lactancia fue 39.6 días y con una duración de 376.8 días (López *et al.*, 2009).

Por otro lado, los índices reproductivos son indicadores del desempeño del hato, esto permite identificar las áreas de mejoramiento, establecer metas productivas, monitorear los progresos e identificar los problemas en estadios tempranos. (Michel, 2011). Uno de estos problemas es la reducción en la fertilidad, que puede ser ocasionada por varios factores como: fallas en la detección de estros, un balance energético negativo postparto, quistes ováricos, abortos, retención de placenta y endometritis, entre otros. Todos estos factores, se encuentran relacionados al tener un impacto negativo en la eficiencia reproductiva del ganado, debido a que prolongan el intervalo entre partos (Luén, 2008).

En el trópico mexicano, los principales problemas reproductivos que presenta el SBDP son: el tardío inicio de la pubertad que ocurre alrededor de los 36 meses de edad, por lo tanto los partos se dan alrededor de 48 meses. Las vacas producen un becerro cada 24 ó 36 meses, debido principalmente al retardo de la hembra en restablecer su actividad ovárica cíclica después del parto, se ha encontrado que el anestro postparto se prolonga hasta 250 días, siendo éste el principal factor que afecta este parámetro (Pérez y Rojo, 2003). Otros problemas son la inadecuada

detección de estros, los varios servicios por concepción y la alta mortalidad embrionaria (Pérez y Díaz, 2008).

En estos sistemas, la producción bovina se basa en la disponibilidad de forrajes en términos de materia seca y en su adaptación a las condiciones climáticas del ambiente. Por ello, la alimentación y el clima tiene un efecto determinante en el comportamiento productivo y reproductivo del ganado bovino en pastoreo, pues la marcada disponibilidad de forrajes y las temperaturas elevadas en ciertas épocas del año afecta el desempeño reproductivo de los animales en los potreros (Solorio *et al.* 2009).

Por tal motivo, los productores de estas zonas han adoptado alternativas sustentables como los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI), que son una opción sostenible de intensificar la ganadería de doble propósito, al promover la biodiversidad animal y vegetal, así como la conservación del ambiente. Debido a que con esta tecnología les permite proporcionar condiciones microclimáticas y mejoras en la nutrición del ganado; lo que repercutiría positivamente en la producción y reproducción animal (Pérez y Rojo, 2003; López *et al.*, 2010). Debido a esto, en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán, se están desarrollando exitosamente los SSPI con gran aceptación por los productores (Solorio *et al.*, 2011).

### **4.3 Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI)**

La producción de carne y leche en los SBDP en la región tropical de México, dista mucho de alcanzar los volúmenes óptimos que requiere el país (Flores y Solorio, 2011). Por consiguiente, desde hace una década, expertos de todo el continente llegaron a la conclusión de que el cambio ambiental para la ganadería era inaplazable. Esta actividad que ocupa más de la tercera parte de las tierras de América Latina y el Caribe, sufre problemas de productividad, rentabilidad, pero también de pérdida de capital social y natural. Para la ganadería extensiva, se requiere una reestructuración en los procesos naturales, el más importante se

enfoca a la presencia de árboles y arbustos en altas densidades en las zonas de pastoreo (Murgueitio, 2011).

Ante esta problemática, los SSPI representan una opción para el establecimiento de sistemas de producción menos agresivos con el medio ambiente y más acordes con el mantenimiento de la biodiversidad en las regiones tropicales, donde debe estar dirigida a la producción de alimentos con valor agregado y así también a la búsqueda de efectos positivos sobre el ambiente (Ku Vera *et al.*, 2011).

Los SSPI se caracterizan por tener gran diversidad de especies arbóreas asociadas con gramíneas, con la finalidad de contribuir a la competitividad de la producción animal (Solorio *et al.*, 2011). En México, el establecimiento de estos SSPI, se ha llevado a cabo en Estados como: Veracruz, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco, Guerrero y Michoacán, donde muestra una gran aceptación por parte de los productores (Flores y Solorio, 2011).

Por su parte, Bacab *et al.* (2013) definen al SSPI como una modalidad de agroforestería, caracterizada por la presencia de altas densidades de arbustos forrajeros, como la leguminosa *Leucaena leucocephala*, asociada con pastos mejorados; donde se ha demostrado que son una opción importante para mejorar la ganadería (especialmente en el trópico) debido a su alto rendimiento y calidad de forraje, lo cual permite incrementar la producción de carne y leche principalmente. Aunado a lo anterior, estos sistemas brindan múltiples servicios ambientales como la captura de carbono, fijación de nitrógeno atmosférico, reducción de la emisión de metano, amonio e incremento de la materia orgánica en el suelo y mejora en las condiciones microclimáticas.

En relación al microclima, se ha registrado una reducción en las temperaturas. Pérez *et al.*, (2008) en un estudio encontraron que la temperatura ambiental promedio de un SSPI tanto en horas de la mañana como en la tarde, fue menor (23.9 y 26.6°C), en comparación con el sistema tradicional donde existió únicamente pasto (26.4 y 28.1°C). De la misma manera, (Solorio *et al.*, 2011)

mencionan que a lo largo del día, el SSPI reduce la temperatura hasta en un 8.6°C el cual resulta de gran interés, principalmente la época seca. Por lo tanto, al presentarse mejores condiciones microclimáticas en los SSPI se establece una relación benéfica entre el bienestar animal, la ganancia de peso y la producción de leche, estando muy relacionada con el tiempo dedicado al consumo de forraje durante el día.

Estos sistemas generan microambientes que permiten una reducción del estrés calórico, con lo cual se mejora el consumo voluntario y se obtienen mayores rendimientos zootécnicos, a través del aumento en la oferta y calidad del forraje, particularmente en la época de estiaje, con el follaje y frutos se aportan nutrientes digestibles que mejoran directamente el balance nutricional en el ganado (Milera, 2013).

En la actualidad, en el Estado de Michoacán, se encuentran establecidos SSPI en ranchos ganaderos (bovinos y ovinos) de la región de tierra caliente, especialmente en el Municipio de Tepalcatepec, donde se está utilizando la leguminosa *Leucaena leucocephala* en asociación con diversas gramíneas, tales como Tanzania, Bombaza, Bermuda y pasto Estrella (Solorio *et al.*, 2011). De manera general, el manejo del SSPI se lleva a cabo con un periodo de descanso de cada potrero de 35-40 días en la época de lluvias y 45-50 días en la época seca e invierno, proporcionando riego rodado a las especies forrajeras cada 15-20 días únicamente en la estación seca. Además de ingresar a los animales al SSPI, se les provee 1.5kg de concentrado, el cual se prepara en los ranchos y está constituido principalmente por sorgo, maíz y pasta de coco (Solorio *et al.*, 2011).

A lo anterior se añade la oferta de agua en abrevadero y el uso de un sistema de pastoreo rotacional intensivo, con cercado eléctrico (principalmente de la variante móvil), el cual permite el mayor aprovechamiento de las especies disponibles, pastoreo, distribución uniforme de heces, orina y el desarrollo de rebrotes con mayor proporción de hojas y menor contenido de fibra (Senra *et al.*, 2005).

Sin embargo, pese a que el problema de alimentación ha sido superado con el establecimiento de SSPI, los ganaderos del Municipio de Tepalcatepec, Michoacán, siguen externando su preocupación sobre los indicadores reproductivos en el ganado bovino, pues los intervalos entre partos no han mejorado, presentan un amplio anestro postparto e incluso se han presentado abortos. Estos problemas, tal vez se deben a que los productores han adoptado tecnologías como el uso irracional de productos hormonales (oxitocina), para incrementar la cantidad de leche obtenida por vaca/lactancia, sin tomar en cuenta su posible efecto en la reproducción.

#### 4.4 Función de la oxitocina

La oxitocina es un neuropéptido, sintetizado por células nerviosas neurosecretoras magnocelulares en el núcleo supraóptico y paraventricular del hipotálamo, de donde es transportada por su proteína (neurofisina), a través de los axones en las neuronas hipotalámicas hasta sus terminaciones en la porción posterior de la hipófisis (neurohipófisis), donde se almacena y desde donde es segregada al torrente sanguíneo, regulada por la actividad eléctrica de las células oxitócicas del hipotálamo (Heon *et al.*, 2009).

De acuerdo con Nikolaos *et al.* (2011), la OT es un nonapéptido, debido a que está formado por nueve aminoácidos (cisteína-tirosina-isoleusina-glutamina-aspargina-cisteína-prolina-leucina-glicina), con un puente disulfuro entre las dos cisteínas. Este péptido tiene una masa molecular de 1007 daltons. Y donde una unidad internacional (UI) de oxitocina equivale a 2 microgramos de péptido puro.

Gimpl y Fahrenholz. (2001), mencionan que el CL del ovario es otra fuente importante de oxitocina, al estar involucrada en el proceso de luteólisis en la mayoría de los mamíferos. La OT ovárica tiene receptores en el endometrio, activados previamente por  $17\beta$ -estradiol, de tal forma que su acción estimula la biosíntesis de  $PGF_{2\alpha}$ . Por esta razón, se le atribuye un papel importante en el útero durante el parto, al provocar las contracciones necesarias en la expulsión del feto, además de facilitar el transporte de espermatozoides en el aparato genital de

la vaca durante el estro. Sin embargo, la acción mejor conocida de esta hormona es en la secreción de leche mediante contracciones de las células mioepiteliales que rodean los alveolos mamarios.

#### **4.4.1 Acción de la oxitocina en la glándula mamaria**

En el proceso de lactación, la OT es el componente del reflejo neuroendocrino de Ferguson, que culmina con la eyección de la leche en respuesta al estímulo en los pezones de la glándula mamaria. El estímulo nervioso en las neuronas endocrinas del núcleo supraóptico y paraventricular del hipotálamo, provoca una respuesta de actividad sincronizada de esas células que produce la secreción de OT en forma de pulsos y que le permite alcanzar sus receptores en los tejidos periféricos (Ávila *et al.*, 2001; Neville *et al.*, 2002). Esta liberación masiva de OT causa la contracción de las células mioepiteliales que rodean a los alvéolos, mismos que se localizan en las paredes de los ductos galactóforos. En la vaca lechera, durante los primeros 2 a 5 min después de colocar las pezoneras, se alcanzan las concentraciones plasmáticas máximas de OT debido a los pulsos de alta frecuencia que se establecen y luego los perfiles de concentraciones son decrecientes, retornando a los niveles basales entre 10 y 15 min después (Lollivier *et al.*, 2002; Neville *et al.*, 2002).

Estas concentraciones circulantes de OT en vacas dependen en gran medida del estímulo a que se someten, las que amamantan alcanzan niveles mayores que aquellas que son ordeñadas a mano y/o mecánicamente. Por otro lado, las que reciben alimento durante la ordeña, muestran concentraciones plasmáticas elevadas de OT en comparación con aquellas que no lo reciben (Krohn *et al.*, 1999; Uvnäs-Moberg *et al.*, 2001).

En un estudio realizado por Dzidic *et al.* (2004), mencionan que en un sistema de ordeño automático los niveles de OT aumentaron marcadamente en solo 30 segundos después de la unión de las pezoneras y estas concentraciones se mantuvieron durante 1-2 minutos, para posteriormente disminuir gradualmente, previa limpieza de ubre y pezones con agua fría o caliente.

Por otro lado, el uso de inyecciones de OT exógena está siendo empleado por los productores para incrementar la producción de leche en el ganado, tomando en cuenta el efecto que tiene de forma natural durante el proceso de eyección láctea (Mustafa *et al.*, 2008), al expulsar la leche alveolar de manera eficiente (Zamiri *et al.*, 2001; Silanikove *et al.*, 2010), debido a que es en esta fracción de la glándula mamaria donde se almacena el 80% de este producto, mientras que tan solo el 20% se encuentra en las cisternas de la ubre (Bruckmaier y Wellnitz, 2008). Por su parte, Stefanon *et al.* (2002), hacen referencia que no solo aumenta la producción por lactancia, sino que además esta hormona propicia el mantenimiento del tejido secretor.

Existen resultados diferentes en investigaciones realizadas al respecto; Ballou *et al.* (1993) estudiaron los efectos de las inyecciones diarias de OT antes y después del ordeño sobre la producción y composición de la leche. Estos autores informaron que inyecciones de OT aumentan significativamente la producción de leche en un 3% y su efecto sobre la grasa, proteína, recuento de células somáticas y la lactosa no fue significativo.

Mačuhová *et al.* (2004) utilizaron un tratamiento crónico de OT a una dosis de 50 UI provocando un largo incremento en los niveles sanguíneos hasta por 2 hrs posteriores a la aplicación, pese a ello la retirada del tratamiento no tuvo ningún efecto negativo en la síntesis de OT endógena. Además, la inyección intramuscular (IM) de esta hormona provocó una mayor cantidad de leche. En otro estudio similar por Luna *et al.* (2007) concluyeron que la OT exógena incrementa la obtención de leche bajo las condiciones de ordeña manual o mecánica a una dosis de 8 y 10 UI en vacas. De igual forma son afectados los componentes principales de la leche, el porcentaje de grasa incrementó, mientras que el de proteína se vio disminuido.

Bajo este mismo contexto Bidarimath y Aggarwal. (2007), en Búfalos Murrah, distribuidos en tres grupos utilizaron dosis de 2.5 y 5.0 UI durante 1 mes, demostrando que no hubo ningún cambio en la producción de leche tras un tratamiento con OT exógena en comparación con un grupo control; en este mismo

trabajo, en lo que respecta al contenido de grasa disminuyó considerablemente en un 11.8% y 21.3% respectivamente en los tratamientos con OT, mientras que el porcentaje de proteína aumentó únicamente para el tratamiento con 5.0 UI; en ambos tratamientos el conteo de células somáticas se vio incrementado.

En un trabajo reciente en borregas, utilizaron diferentes dosis de OT (1, 5 y 10 UI) por vía IM, para evaluar su efecto en la producción y composición de la leche; observaron una relación en el incremento de la leche mientras se aumentaba la dosis de OT; se concluyó que 10 UI de OT por vía IM resulta suficiente para promover el máximo retiro de leche en la ubre, sin ningún efecto sobre su composición (Jalal y Kawa, 2012).

De la misma manera, para conocer el efecto de la administración de OT en la producción de leche, contenido de células somáticas y porcentaje de grasa en la leche de búfalas, se utilizaron dos grupos de 10 animales cada uno, donde a uno de ellos recibió un tratamiento de 30 UI/OT por vía IM. Se concluyó que la OT favoreció el incremento en la producción láctea y el conteo de células somáticas, mientras que en lo que comprende al contenido de grasa no se encontró ningún efecto (Akhtar *et al.*, 2012).

Por otro lado, la OT exógena se está utilizando por los ganaderos con la intención de incrementar la producción de leche en las unidades de producción. Normalmente, es inyectada por vía IM a una dosis de 10-20 UI, inmediatamente antes del ordeño (Mustafa *et al.*, 2008). Sin embargo, el uso prolongado de esta hormona podría resultar en alteraciones reproductivas al provocar trastornos de fertilidad en la hembra bovina (Siddiqui y Saeed, 2000).

#### **4.4.2 Acción de la oxitocina en el aparato reproductor de la hembra**

Insel *et al.* (1997), sugiere que la oxitocina desempeña un papel clave en la reproducción, debido a que se encuentra implicada en la regulación de la esteroidogénesis y luteólisis (Lippert *et al.*, 2003). Por lo que la OT y la secreción uterina de PGF<sub>2</sub>α definen la duración de la fase lútea (Flint *et al.*, 1995). En la vaca, al momento del parto, la densidad de receptores uterinos a oxitocina

aumenta hasta 200 veces, en respuesta al cambio en la relación estrógenos-progesterona (Fuchs *et al.*, 1992). Durante este proceso, también se incrementa la síntesis de oxitocina en el CL, que actúa como un mediador local, complementario a la hormona circulante secretada en la neurohipófisis (Ivell *et al.*, 1995).

En el miometrio del útero, la actividad de oxitocina depende en gran medida de la cantidad de receptores específicos en sus células y por la afinidad que muestren hacia la hormona. La expresión y afinidad de los receptores uterinos para oxitocina, son regulados por los esteroides gonadales; de hecho, la densidad de receptores varía según la etapa del ciclo estral (Silvia *et al.*, 1994), mostrando alrededor del estro, niveles similares a los encontrados al fin de la gestación, donde se alcanzan los niveles más altos. En el resto del ciclo estral, particularmente en el diestro, las concentraciones de estos receptores son casi indetectables, hasta el final del diestro, cuando se inicia la regresión del cuerpo lúteo.

En la hembra bovina este periodo del ciclo estral (día 15-19) es considerado como crítico en caso de una gestación, ya que el embrión mediante señales moleculares como la secreción del interferón trofoblástico bovino (bIFN-t), anuncia su presencia en el tracto reproductivo materno, con el fin de evitar que se desencadene el mecanismo luteolítico ejercido por la  $PGF_{2\alpha}$  sobre el cuerpo lúteo, prolongando la vida de éste y garantizando la producción de  $P_4$  para el mantenimiento de la gestación; este proceso es conocido como reconocimiento materno de la preñez (RMP). Los eventos que influyen en este proceso fisiológico son una interacción de diferentes órganos como ovario, útero y embrión. Aunque se considera al bIFN-t como la señal primordial para que se dé el RMP (Tovío *et al.*, 2008; Gonella *et al.*, 2010)

En ovejas cíclicas la luteólisis se inicia al emerger los receptores de OT en el endometrio uterino. La unión de esta hormona hacia los receptores, provoca la liberación de  $PGF_{2\alpha}$  (Abecia *et al.*, 2001). Esto fue comprobado en un trabajo que se llevó a cabo por Lamming *et al.* (2005), en ovejas prepúberes donde al recibir

un tratamiento con progesterona, dio como resultado la aparición de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  en respuesta a la OT endógena después de 10 días de tratamiento.

Por otro lado, al evaluar la supervivencia embrionaria en 16 vacas lecheras después de un tratamiento con 100 UI de OT, el porcentaje de supervivencia fue del 62.5% mientras que para el grupo control del 87.5%. Además se presentaron ciclos estrales cortos en el 37.5% de las vacas en tratamiento. Las concentraciones de progesterona sérica, aumentaron más lentamente tras la inyección de OT. Se concluyó, que las vacas al recibir OT en los días 4-7 después de la inseminación artificial, presentan un mayor riesgo en la pérdida de la gestación (Yildiz y Erisir, 2006). Mientras que por su parte Zafar *et al.* (2013), refieren que inyecciones diarias de oxitocina en búfalos lactantes, resulta en un elevado estrés oxidativo afectando las gónadas y haciendo susceptible a los animales de presentar pobre potencial productivo y reproductivo.

La productividad de cualquier sistema de ganadería siempre va a depender de la eficiencia reproductiva, ya que cualquiera que sea el objetivo de dicho sistema de producción (leche, carne o pie de cría), se requerirá de un evento reproductivo como el parto para iniciar una lactancia, producir becerros para el abasto de carne o producir becerras para reemplazar los vientres (Salas, 2008).

Por lo tanto, desde el punto de vista económico resulta muy interesante conocer el estado reproductivo de los animales de una explotación en el menor tiempo posible tras la inseminación artificial o la cópula, con el objetivo de planificar el trabajo, o en caso de que el diagnóstico de gestación sea negativo, solucionar el problema. Ante esto, se cuenta con herramientas diagnósticas como son la determinación de progesterona, palpación rectal y la ecografía, entre otras (España *et al.*, 2004). En este sentido la ultrasonografía o ecografía, ha resultado una herramienta no invasiva de gran utilidad para este fin, debido a que se trata de un método rápido y preciso, el cual permite obtener imágenes en tiempo real de los órganos internos en los animales.

## 4.5 Ecografía

La ecografía es una técnica que permite la visualización de los órganos internos. Su aplicación en bovinos a partir de la década de los 80's, ha sido uno de los pasos más importantes para el estudio y comprensión de los eventos normales que ocurren durante el ciclo estral y la gestación, a tal punto que es considerado por muchos investigadores como el avance más importante en la biología reproductiva desde la utilización del radioinmunoensayo (RIA) para medir valores hormonales circulantes en el animal (Bó y Caccia, 1998).

Esta herramienta permite la creación de imágenes mediante representación del reflejo de ondas ultrasónicas, de una frecuencia situada por encima del límite superior del espectro audible (entre 2 y 10 MHz). Las ondas se extienden en medios elásticos, pasando por cristales cerámicos que las convierten en vibraciones por medio de impulsos eléctricos. Tras la emisión de un impulso sonoro, los cristales se convierten en receptor y recogen las ondas reflejadas en las distintas superficies del tejido y donde las señales se convierten en imágenes (Hospes y Seeh, 2000).

En las ecografías, la morfología y la densidad de los distintos órganos, en base a su resistencia al paso de los ultrasonidos, se representan mediante una imagen con diferentes gradaciones de gris. Lo que aparece en la pantalla de color blanco, representa la reflexión o retorno de ecos, por lo que estas estructuras se denominan ecogénicas. Las áreas negras en la imagen corresponden a la no existencia de reflexión, tratándose de estructuras llenas de líquido (amnios), que se denominan anecogénicas o anecoicas debido a la no existencia de ecos (Ayadi *et al.* 2003).

Todos los ecógrafos son de tiempo real, están compuestos por el transductor y una consola (Bó y Caccia, 1998). De acuerdo a su disposición encontramos transductores lineales o sectoriales. Si bien se aconseja el uso de transductores lineales para monitorear la reproducción bovina. La resolución de la imagen y la profundidad de escaneo dependen de la frecuencia de los transductores. En la

práctica diaria, para la exploración de los órganos genitales de la vaca se utilizan transductores con frecuencias de 5 MHz (Ganchou, 2005). Aunque los ovarios, útero y gestaciones hasta los 40 días se ven mejor con las sondas de 7,5 MHz, ya que la penetración es de aproximadamente de 5 cm. Por lo tanto, la selección de los transductores está relacionada con el tipo de examen que se desee realizar. Los transductores de 3.5 y 5 MHz penetran 10 y 15 cm. No obstante, se debe tener en cuenta que a mayor frecuencia mejor imagen, pero menor penetración (Hospes y Seeh 2000).

El uso del ecógrafo en el diagnóstico de gestación de la vaca, permite llevarlo a cabo en una fase temprana de la preñez, se puede realizar a partir de los 20 días posterior al servicio por el hallazgo de líquido dentro del útero, pero es sólo a partir de los 30 días, cuando es posible detectar el latido cardíaco del feto, momento en que se puede hacer un diagnóstico definitivo de preñez. La determinación del sexo se recomienda hacerla entre 49 y 52 días postservicio, buscando el tubérculo genital como una estructura hiperecoica. En el macho se visualiza cerca al cordón umbilical, y en la hembra persiste craneal a la cola. Otro momento puede ser entre los 75 a 110 días de gestación, debiéndose buscar en el macho un esbozo escrotal, y en la hembra la glándula mamaria en formación (Echevarría, 2001).

La técnica en el bovino, consiste en introducir la sonda por vía transrectal sujeta entre los dedos pulgar, índice y medio, se desplaza suavemente, situándola sobre la localización del útero y ovarios. Con movimientos controlados del transductor se logra una buena sucesión de imágenes correspondientes a los distintos cortes de los órganos o tejidos examinados (Sánchez, 2000; Alonso *et al.*, 2012).

En base a lo expuesto, resulta de interés llevar a cabo una evaluación en la producción de leche y en la respuesta reproductiva con el uso cotidiano de OT exógena durante el ordeño en los SBDP en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán.

## V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la intención de mejorar la eficiencia en la producción de leche, los productores de ganado bovino de doble propósito en Tepalcatepec Michoacán han adoptado diversas tecnologías, como el uso de oxitocina exógena, en donde su empleo aumenta la cantidad de leche, sin embargo, se ha reportado que el uso continuo durante la lactancia puede afectar la fertilidad, debido a que participa en la síntesis de prostaglandinas, responsables de la lisis del cuerpo lúteo.

## VI. HIPÓTESIS

El uso rutinario de oxitocina exógena incrementa la cantidad de leche, pero disminuye el porcentaje de gestación en vacas de doble propósito.

## VII. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del uso rutinario de la oxitocina exógena en el ordeño y en el porcentaje de gestación.

## VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la velocidad de ordeño (duración de flujo de leche/ordeña) y cantidad de leche producida con el uso rutinario de oxitocina (OT) exógena en vacas de doble propósito en sistemas de producción de pequeña escala.
- Evaluar el efecto de la OT exógena administrada rutinariamente para incrementar la producción láctea, sobre el porcentaje de gestación y días abiertos en vacas de doble propósito.

## IX. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán, (19 ° 11'N, 102 ° 51' O y 370 msnm). El clima es tropical seco estepario con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 28°C, con una precipitación media anual de 700 mm., la vegetación nativa es selva baja caducifolia (INAFED, 2015).

Se realizaron 2 estudios: estudio 1, para evaluar la velocidad de ordeño (duración de flujo de leche/ordeña) y cantidad de leche producida con el uso rutinario de

oxitocina (OT) exógena; estudio 2, para evaluar el efecto de la OT exógena, administrada rutinariamente para incrementar la producción láctea, sobre el porcentaje de gestación y días abiertos.

**Estudio 1.** Se realizó en cuatro unidades de producción (UP) de ganado bovino de doble propósito en sistema de producción silvopastoril intensivo, durante 30 días. Se utilizaron 24 vacas de las razas suizo americano y cruza con ganado cebú, con una condición corporal de  $2.95 \pm 0.38$  (escala 1 a 5), peso vivo de  $463.47 \pm 81.1$  Kg,  $3.25 \pm 1.7$  años de edad,  $2.62 \pm 1.5$  partos y  $162.5 \pm 70.8$  días de lactancia. Todas las UP utilizaban de manera rutinaria OT exógena vía IM aplicada en diferentes dosis 20 UI (UP1), 10 UI (UP2 y UP3) y 5 UI (UP4), ésta última diluida al 50% en solución salina fisiológica. Durante el estudio se suspendió la inyección de OT en lapsos de 5 días intercalados, durante un mes. Con un cronómetro se midió el tiempo desde la inyección de OT hasta el inicio del ordeño y el tiempo que duró el flujo de la leche durante la ordeña (velocidad de ordeño), registrando la producción de leche (kg/vaca/día).

**Estudio 2.** Se realizó en una unidad de producción (UP) con ganado bovino de doble propósito donde se utiliza cotidianamente OT (20 UI/vaca/día) previo al ordeño. Se analizó la información proveniente de 31 vacas no preñadas y con actividad ovárica; de razas suizo americano y cruza con ganado cebú, con una condición corporal de  $3.01 \pm 0.24$  (escala 1 a 5),  $449.82 \pm 58.41$  kg de peso vivo,  $5.19 \pm 1.85$  años edad,  $2.64 \pm 1.53$  partos y  $150.69 \pm 29.3$  días post-parto. Las vacas se dividieron en dos grupos: grupo 1 (n=16) no se le modificó el uso cotidiano de OT en el ordeño y grupo 2 (n=15) al cual se le suspendió la administración de OT durante la etapa del reconocimiento materno de la preñez (día 15-21 post-servicio). Las vacas fueron servidas por monta directa a detección de estro. Se observó el retorno o no retorno al estro, para un siguiente servicio. Se realizaron diagnósticos de gestación por ecografía transrectal, con un Ecógrafo en modo B (Draminski, modelo Animal Profi), provisto de un transductor sectorial de 3.5 y 5 MHz. Se calculó el porcentaje de gestación y se verificó si la gestación

correspondía al último servicio. Los días abiertos se calcularon a partir de la fecha de parto hasta el final del estudio, en las vacas que no quedaron gestantes.

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante una prueba de t-Student para muestras dependientes, análisis de varianza (ANOVA), prueba de Chi-cuadrada y U de Mann-Whitney. Bajo el siguiente modelo matemático para cantidad de leche y porcentaje de fertilidad.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Cantidad de leche o porcentaje de fertilidad.

$\mu$  = Promedio.

$T_i$  = Efecto del tratamiento.

$e_{ij}$  = Efecto aleatorio asociado a cada una de las observaciones.

## X. BIBLIOGRAFÍA

**Abecia J. A., Forcada F. and Zúniga O. (2001).** Differences in reproductive performance, embryo development, interferon-tau secretion by the conceptus and luteal function in ewe lambs synchronized in oestrus before or after the spontaneous onset of luteal activity preceding puberty. *Reproduction in Domestic Animals*. 36 (2): 73-77.

**Aguilar C. 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.

**Akhtar M. S., Lodhi L. A., Farooq A. A., Ayaz M. M., Hussain M., Lashari M. H. and Chaudhary Z. I. (2012).** Effect of oxytocin administration before milking on milk production, somatic cells count and fat contents in milk of Nili- Ravi buffaloes. *Pakistan Veterinary Journal*. 32 (3): 435-437.

**Alonso A. L, Galina H. C., Romero Z. J. J., Estrada K. S. y Galindo B. J. (2012).** Utilidad de la palpación rectal y la ecografía transrectal en el diagnóstico de gestación del ganado cebú en el trópico húmedo de Costa Rica. *Revista Científica*. 22 (1): 9-16.

**Arriaga J. C., Espinoza A., Albarrán P. B. y Castelán O. O. (1999).** Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*. 6 (3): 290-300.

**Avila T. S. y Gutiérrez C. A. J. (2010).** Producción de leche con ganado bovino. (2<sup>a</sup> ed). Ed. El manual moderno, S.A de C.V. México, DF. ISBN: 978-607-448-015-3. 442 p.

**Ávila T. S., Valdivieso G. y Cruz P. R. A. (2001).** Fisiopatología de la glándula mamaria y ordeño. CD-ROOM. FMVZ. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

**Ayadi M., Caja G., Such X. and Knight C. H. (2003).** Use of ultrasonography to estimate cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 70 (1): 1-7.

**Bacab H. M., Madera N. B., Solorio F. J., Vera F. y Marrufo D. F. (2013).** Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17 (3): 67-81.

**Ballou L. U., Bleck J. L., Bleck G. T. and Bremel R. D. (1993).** The effects of daily oxytocin injections before and after milking on milk production, milk plasmin, and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 76 (6): 1544-1549.

**Bidarimath M. and Aggarwal A. (2007).** Studies on cisternal and alveolar fractions & its composition and mammary health of Murrah buffaloes administered oxytocin. *Tropical Animal Health and Production*. 39 (6): 433-438.

**Bó G. A y Caccia M. (1998).** Exanimación ultrasonográfica del tracto reproductivo bovino. En: Modulo 111, Anexo 1, Ultrasonografía. Curso de Post-Grado en Reproducción Bovina, Instituto de Reproducción Animal de Córdoba (IRAC). 3: 19-37.

**Bruckmaier R. M. and Wellnitz O. (2008).** Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *Journal of Animal Science*. 86 (Suppl. 1): 15-20.

**Drescher K., Saddy J. y Uzcátegui W. (2009).** Evaluación de la cantidad de leche vendible y total bajo diferentes modalidades de amamantamiento restringido en vacas doble propósito. *Zootecnia Tropical*. 27 (1): 39-47.

**Dzidic J., Macuhova J. and Bruckmaier R. M. (2004).** Effects of Cleaning Duration and Water Temperature on Oxytocin Release and Milk Removal in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*. 87 (12): 4163-4169.

**Echevarría C. L. (2001).** La ecografía como técnica diagnóstica. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 12(2): 185-186.

**España E. F., Pérez M. C. C., Rodríguez A. I., Dorado M. J. y Hidalgo P. M. (2004).** Estudio comparativo de la eficacia del diagnóstico precoz de gestación en vacuno mediante ecografía luteal y progesterona plasmática. *Revista científica*. 14 (1): 20-27.

**Espinoza G. J. A., Matus G. J. A., Martínez D. M. A., Santiago C. M. J., Román P. H. y Bucio A. L. (2000).** Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia*. 34 (5): 651-661.

**Financiera rural, (2009).** Bovinos y sus derivados. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Agosto 2009. [En línea] <http://www.gbcbiotech.com/bovinos/industria/Bovino%20y%20sus%20derivados%20Financiera%20Rural%202012.pdf> [consultado el 12 de Mayo de 2013].

**Flint A. P., Riley P. R., Kaluz S., Stewart H. J. and Abayasekara D. R. (1995).** The sheep endometrial oxytocin receptor. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 395: 281-294.

**Flores E. M. X. y Solorio S. B. (2011).** Proyecto estratégico de prioridad nacional para el establecimiento de Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la producción de leche y carne en 10 Estados de la República Mexicana. En: Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del siglo XXI. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. 3,4 y 5 de marzo de 2011. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán, México. pp. 32-45.

**Fuchs A. R., Helmer H., Behrens O., Liu H. C., Antonian L., Chang S. M. and Fields M. J. (1992).** Oxytocin and bovine parturition: a steep rise in endometrial oxytocin receptors precedes onset of labor. *Biology of Reproduction*. 47 (6): 937-944.

**Gallardo L. F., Chalate M. H., Purroy V. R. y Vilaboa A. J. (2010).** Estudio y análisis del mercado de los productos del sistema bovinos doble propósito en el Estado de Veracruz. El Colegio de Postgraduados Campus Veracruz; Fundación Produce Veracruz A. C. Diciembre, 2010. 97 p. [En línea]

<http://www.funprover.org/Estudios%20Estrategicos%20Ovinos,%20Toronja%20y%20Bovinos%20Doble%20Proposito%20Colpos%20Veracruz/Estudioy analisisbovinos.pdf> [consultado el 22 de Abril de 2014].

**Ganchou P. F. (2005).** Ecografía reproductiva. Núcleo Universitario Rafael Rangel, Universidad de Los Andes, Trujillo-Venezuela. pp. 602-606.

**Gimpl G. and Fahrenholz F. (2001).** The Oxytocin Receptor System: Structure, Function, and Regulation. *Physiological Reviews Published.* 81 (2): 629-683.

**Gómez C. H., Tewolde M. A., y Nahed T. J. (2002).** Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* 10 (3): 175-183.

**Gonella D. Á., Grajales L. H. y Hernández V. A. (2010).** Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. *Rev.MVZ Córdoba.* 15 (1): 1976-1984.

**González P. E. y Saldaña A. R. (1990).** Producción de carne de bovino en el trópico mexicano: situación actual y perspectivas. X simposium de ganadería tropical, bovinos productores de carne. INIFAP. Veracruz, Ver. 8: 1-15.

**Hafez E. S. E. y Hafez B. (2002).** Reproducción e inseminación artificial en animales. (7ª ed). Ed. McGraw-Hill interamericana. México, D.F. ISBN: 970-10-3719-7. 519 p.

**Heon J. L., Abbe H. M., Jerome H. P. and Scott Y. W. (2009).** Oxytocin: The great facilitator of life. *Progress in Neurobiology.* 88 (2): 127-151.

**Hospes R. y Seeh C. (2000).** Ecografía y endoscopia de la ubre de la vaca: Principios fundamentales. Ed. Temis Pharma S. L. Boehringer Ingelheim. Rambla Catalunya, Barcelona. Vol. 1. ISBN: 84-95492-04-0. pp. 27-33.

**INAFED. (2015).** Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. [en línea] <http://www.inafed.gob.mx/> [consulta el 10 de Enero de 2015].

**Insel T. R., Young L. and Wang Z. (1997).** Central oxytocin and reproductive behaviours. *Reviews of Reproduction*. 2 (1): 28-37.

**Ivell R., Rust W., Einspanier A., Artung S., Fields M. and Fuchs A. R. (1995).** Oxytocin and oxytocin receptor gene expression in the reproductive tract of the pregnant cow: rescue of luteal oxytocin production at term. *Biology of Reproduction*. 53 (3): 553-560.

**Jalal E. A. and Kawa Y. M. (2012).** Oxytocin Administration and Its Effect on Milk Yield and Composition of Karadi Ewes. *Journal of Animal Scientist*. 1 (2): 24-26.

**Krohn C. C., Foldager J. and Mogensen L. (1999).** Long-term effect of colostrum feeding methods on behavior in female dairy calves. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*. 49 (1): 57-64.

**Ku Vera J. C., Ruiz G. A., Albores M. S., Briceño P. E., Espinoza H. J.C., Ruz, R. N., Contreras H. L.M., Ayala B. A.J. y Ramírez A. L. (2011).** Alimentación de rumiantes en Sistemas Silvopastoriles Intensivos: Avances recientes de investigación básica. En: Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del siglo XXI. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. 3,4 y 5 de marzo de 2011. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán, México. pp. 8-16.

**Lamela L., Castillo E., Iglesias J. y Pérez A. (2005).** Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 28 (1): 47-58.

**Lamming G. E., Hunter M., Scholey D. V. and Mann G. E. (2005).** Endometrial Oxytocin Receptor Concentration and Activity in Prepubertal Ewe Lambs. *Reproduction in Domestic Animals*. 40 (2): 123-125.

**Lippert T. H., Mueck A. O., Seeger H. and Pfaff A. (2003).** Effects of oxytocin outside pregnancy. *Hormone Research*. 60 (6): 262-271.

**Lluén G. B. R. (2008).** Causas de Infertilidad en Vacas Lecheras. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos. 5p. [en línea] [http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/infertilidad\\_lluen.pdf](http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/infertilidad_lluen.pdf) [consultado el 13 de Enero de 2014].

**Lollivier V., Guinard F.J., Ollivier B. M. and Marnet P. G. (2002).** Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milking. *Reproduction Nutrition Development*. 42 (2):173-186.

**López O. R., Díaz H. M., García M. J. G., Núñez D. R., López O. R. y Martínez H. P. A. (2010).** Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(4): 325-336.

**López O. R., Vite C. C., García M. J. G. y Martínez H. P. A. (2009).** Reproducción y producción de leche de vacas con distinta proporción de genes *Bos taurus*. *Archivos de Zootecnia*. 58 (224): 683-694.

**Luna P. C., Ramírez G. J. A. y Rodríguez A. F.A. (2007).** Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 15 (1): 15-24.

**Mačuhová, J., Tančin V. And Bruckmaier R. M. (2004).** Effects of Oxytocin Administration on Oxytocin Release and Milk Ejection. *Journal of dairy science*. 87 (5): 1236-1244.

**Michel A. W. (2011).** Manejo de la eficiencia reproductiva. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera; Universidad de Wisconsin-Madison. Nov. 2011. pp. 49-52. [en línea] <http://babcock.wisc.edu/es> [consultado el 10 de Enero de 2014].

**Milera M. (2013).** Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17 (3): 7-24.

**Murgueitio R. E. (2011).** Ganadería del futuro. En: Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del siglo XXI. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. 3,4 y 5 de marzo de 2011. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán, México. pp. 1-7.

**Mustafa M. Y., Saleem K., Munir R. and Butt T. M. (2008).** Effect of oxytocin on the productive and reproductive performance of buffalo and cattle in Sheikhpura-Pakistan (A field study). *Livestock Research for Rural Development*. 20 (12): 193.

**Neville M. C., McFadden T. B. and Forsyth I. (2002).** Hormonal Regulation of Mammary Differentiation and Milk Secretion. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. 7 (1): 49-66.

**Nikolaos V., Fotodotis M. M., Stavros S., Efthymios D., and Zoe II. (2011).** The Oxytocin-Oxytocin Receptor System and Its Antagonists as Tocolytic Agents. *International Journal of Endocrinology*. 2011: 1-8.

**Nostrand S. D., Galton D. M., Erb H. N. and Bauman D. E. (1991).** Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74 (7): 2119-2127.

**Palacios F. J.M. (2010).** Claridades Agropecuarias, No.207 Noviembre 2010. Edit. Impresiones Precisas Alfer, S.A. de C.V. [en línea] <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207.pdf> [consultado el 29 de Noviembre de 2013].

**Pérez H., Soca M., Díaz L. y Corzo M. (2008).** Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*. 31 (2): 161-171.

**Pérez H. P. y Díaz R. P. (2008).** Ganadería bovina de doble propósito: problemática y perspectivas hacia un desarrollo sustentable. Capítulo V. Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito. 12p. [en línea] [http://www.avpa.ula.ve/libro\\_desarrollosost/pdf/capitulo\\_5.pdf](http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_5.pdf) [consultado el 10 de Enero de 2014].

**Pérez H. P. y Rojo R. R. (2003).** Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados y FUNPROVER. Tepetates, Veracruz. 151p. [en línea] <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit110.pdf> [consultado el 10 de Enero de 2014]. CORROBORAR COMO LO PUSE EN EL ARTICULO 2 PARA QUE SEA IAGUAL

**Pérez H. P., Rojo R. R., Alvarez A. C., García D. J. J., López O. S., Villanueva J. J. A., Chalatte M. H., Ortega J. E. y Gallegos S. J. (2004).** Caracterización y problemática de la cadena bovinos de doble propósito en el Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Veracruz, México. [en línea] [http://www.geocities.com/cpcampusver/avancesinv2004/trabajos/cadena\\_bovinos\\_doble\\_p.htm](http://www.geocities.com/cpcampusver/avancesinv2004/trabajos/cadena_bovinos_doble_p.htm) [consultado el 12 de Febrero de 2014].

**Rivas L. y Holmann F. (2002).** Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. In: Curso Internacional de Actualización en el Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito, Veracruz, México. Noviembre 2002. pp. 1-38.

**Rojo R. R., Vázquez A. J. F., Pérez H. P., Mendoza M. G. D., Salem A. Z. M., Albarrán P. B., González R. A., Hernández M. J., Rebollar R. S., Cardoso J. D., Dorantes C. E. J. and Gutierrez C. J. G. (2009).** Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41 (5): 715-721.

**SAGARPA. (2005).** Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005. Coordinación General de Ganadería, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [en línea] <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/default.aspx> [consultado el 18 de Abril de 2014].

**SAGARPA. (2006).** Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2006. Coordinación General de Ganadería, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [en línea]

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/default.aspx>  
[consultado el 18 de Abril de 2014].

**Salas R. G. (2008).** Evaluación reproductiva en bovinos: Una práctica para mejorar la eficiencia del hato. Manual práctico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Morelia Michoacán, México. pp. 5-12.

**Sánchez R. A. E. (2000).** Ultrasonografía en reproducción animal. *Revista Tecnovet.* 6 (1). [en línea]  
<http://www.tecnovet.uchile.cl/index.php/RT/article/view/5249/5129> [consultado el 5 de Mayo de 2014].

**Sánchez R. G. y Sánchez V. A. (2006).** La ganadería bovina del Estado de Michoacán, más de cuatro siglos de tradición y cultura ante los retos del nuevo milenio. (2ª ed). Fundación Produce Michoacán AC. Morelia, Michoacán. 165p.

**Senra A., Martínez R. O., Jordán H., Ruiz T., Reyes J. J., Guevara R. V. y Ray J. V. (2005).** Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 39 (1): 23-30.

**Siddiqui M. M. and Saeed I. (2000).** Oxytocin and its usage in livestock-a review. *Journal of Animal Health and Production.* 20 (1-2): 53-58.

**Silanikove N., Leitner G., Merin U. and Prosser, C. G. (2010).** Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research.* 89 (2-3): 110-124.

**Silvia W. J., Lee J. S., Trammell D. S., Hayes S. H., Lowberger L. L. and Brockman J. A. (1994).** Cellular mechanisms mediating the stimulation of ovine endometrial secretion of prostaglandin F2 alpha in response to oxytocin: role of phospholipase C and diacylglycerol. *Journal of endocrinology.* 141 (3): 481-490.

**Solorio S. F. J., Bacab P. H. M., Ramírez A. L. (2011).** Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos: Avances de Investigación en el Valle de Tepalcatepec,

Michoacán. En: Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del siglo XXI. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. 3,4 y 5 de marzo de 2011. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán, México. pp. 17-31.

**Solorio S. F. J., Bacab P. H., Castillo C. J. B., Ramírez A. L., Casanova L. F. (2009).** Potencial de los sistemas silvopastoriles en México. II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. 10p. [en línea]. <http://www.siac.org.mx/tecnos/8mich.pdf> [consultado el 10 de Enero de 2014].

**Stefanon B., Colitti M., Gabai G., Knight C.H. and Wildes C.J. (2002).** Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *Journal of Dairy Research*. 69 (1):37-52.

**Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. y de Haan C. (2006).** Livestock's long Shadow. Environmental issues and options. LEAD-FAO. Italia. 377 p.

**Suárez H., Aranda G. y Palma J. M. (2012).** Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16 (3): 83-91.

**Tovío L. N., Duica A. A. y Grajales L. H. (2008).** Desarrollo embrionario y estrategias antiluteolíticas hormonales en programas de transplante de embriones bovinos. *Revista MVZ Córdoba*. 13 (1): 1240-1251.

**Uvnäs M. K., Johansson B., Lupoli B. and Svennersten S. K. (2001).** Oxytocin facilitates behavioral, metabolic and physiological adaptations during lactation. *Applied Animal Behaviour Science*. 72 (3): 225-234.

**Vargas A., Osorio C. A., Loaiza J., Villa N.A. y Ceballos A. (2006).** Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STbr) en vacas lecheras apastoreo bajo condiciones tropicales. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 38 (1): 33-38.

**Villa G. A., Gonzáles P. A. y Ruiz D. R. (2003).** Oxitocina y somatotropina como método para incrementar la producción en ganado de trópico. Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2003 junio: Villahermosa (Tabasco) Mexico (DF): Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Bovinos, AC.

**Weiss D., Dzidic A. and R.M. Bruckmaier. (2003).** Effect of stimulation intensity on oxytocin release before, during and after machine milking. *Journal of Dairy Research*. 70: 349-354.

**Yildiz A. and Erisir Z. (2006).** Effects of Exogenous Oxytocin on Embryonic Survival in Cows. *Acta Veterinaria Brno*. 75 (1): 73-78.

**Zafar I., Zia Ur R., Faqir M., Tanweer K., Haseeb A., Mian M. A. and Saima S. (2013).** Oxytocin induced oxidative stress in lactating *Bubalis bubalis* (Nili Ravi). *BMC Veterinary Research*. 9 (169): 1-6.

**Zamiri M. J., Qotbi A. and Izadifard J. (2001).** Effect of daily oxytocin injection on milk yield and lactation length in sheep. *Small Ruminant Research*. 40 (2): 179-185.

## XI. USO RUTINARIO DE OXITOCINA EXÓGENA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL MUNICIPIO DE TEPALCATEPEC, MICHOACÁN

### 11.1 Abstract

The aim of this study was to evaluate the milking speed (duration of flow of milk/milking) and amount of milk produced with routinely use of exogenous oxytocin (OT) in dual purpose cows in small scale production systems. 24 American Swiss x zebu cows in four production units (UP) were used. They had  $2.95 \pm 0.38$  (range 1-5 ) of body condition score,  $463.47 \pm 81.1$  kg of live weight,  $3.25 \pm 1.7$  years old,  $2.62 \pm 1.5$  births, and  $162.5 \pm 70.8$  lactation days. OT doses routinely used by producers are 20 IU (UP1), 10 IU (UP2 and UP3) and 5 IU (UP4). For the study, the OT administration was suspended in interspersed periods of 5 days, during 30 days. There was measured the time from the application of OT at the beginning of milking, milking speed and the amount of milk produced (kg/cow/day). The time from OT administration to the beginning of milking was  $162.0 \pm 9.16$ ,  $186.61 \pm 12.50$ ,  $360.21 \pm 17.81$  and  $288.29 \pm 9.94$  seconds to UP1, UP2, UP3 and UP4 respectively; milking speed was faster when cows received OT in UP1, UP2 and UP4 ( $p < 0.05$ ). While in UP3 it was similar ( $p = 0.64$ ) with or without application of OT. The amount of milk (kg/day/cow) was greater when used OT in UP1, UP2 and UP4 ( $p < 0.05$ ). Not so, in UP3 wherein no significant differences ( $p > 0.05$ ) were observed. In conclusion, the IM administration of OT increases the speed of milking and milk supply when used properly.

**Keywords:** amount of milk, milking speed, oxytocin.

### 11.2 Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la velocidad de ordeño (duración de flujo de leche/ordeña) y cantidad de leche producida con el uso rutinario de oxitocina (OT) exógena en vacas de doble propósito en sistemas de producción de pequeña escala. Se utilizaron 24 vacas de las razas suizo americano y cruza con ganado cebú en 4 unidades de producción (UP). Los animales tenían una condición corporal de  $2.95 \pm 0.38$  (escala 1 a 5),  $463.47 \pm 81.1$  kg de peso vivo,  $3.25 \pm 1.7$

años de edad,  $2.62 \pm 1.5$  partos y  $162.5 \pm 70.8$  días de lactancia. Las dosis de OT utilizadas rutinariamente por los productores son de 20 UI (UP1), 10 UI (UP2 y UP3) y 5 UI (UP4). Para el estudio la administración de OT se suspendió en periodos intercalados de 5 días, durante 30 días. Se midió el tiempo desde la aplicación de OT al inicio del ordeño, la velocidad de ordeño y la cantidad de leche en kg/vaca/día. El tiempo desde la administración de OT hasta el inicio del ordeño fue de  $162.0 \pm 9.16$ ,  $186.61 \pm 12.50$ ,  $360.21 \pm 17.81$  y  $288.29 \pm 9.94$  segundos para UP1, UP2, UP3 y UP4, respectivamente; la velocidad de ordeño fue mayor cuando las vacas recibieron OT en UP1, UP2 y UP4 ( $p < 0.05$ ). Mientras que en UP3 fue similar ( $p = 0.64$ ) con o sin la aplicación de OT. La cantidad de leche (kg/día/vaca) fue mayor cuando se utilizó OT en la UP1, UP2 y UP4, ( $p < 0.05$ ). No así, en UP3 donde no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). En conclusión, la administración IM de OT incrementa la velocidad de ordeño y la cantidad de leche cuando se utiliza apropiadamente.

**Palabras clave:** cantidad de leche, velocidad de ordeño, oxitocina.

### 11.3 Introducción

La oxitocina (OT) es una hormona peptídica sintetizada principalmente por el hipotálamo y es liberada desde la neurohipófisis al torrente sanguíneo mediante mecanismos sensoriales; también es producida por el cuerpo lúteo (CL) a partir de las células de la granulosa; participa en procesos fisiológicos del ciclo reproductivo: estro, transporte de gametos, reconocimiento materno de la preñez y parto; y en la eyección de la leche a través de las contracciones en las células mioepiteliales que rodean los alveolos y ductos de la glándula mamaria (Gimpl y Fahrenholz, 2001; Hafez y Hafez, 2002; Kiss y Mikkelsen, 2005).

En forma exógena, la OT se utiliza para inducir y acelerar el parto (Mota *et al.*, 2007; González *et al.*, 2009), facilitar la expulsión de la placenta (Weeks, 2001; Majeed *et al.*, 2009), como coadyuvante en el tratamiento de la mastitis (Hillerton y Semmens, 1999) y para estimular la secreción láctea (Nostrand *et al.*, 1991; Luna *et al.*, 2007; Akhtar *et al.*, 2012); por esta última razón, en algunas explotaciones

lecheras se aplica de forma rutinaria antes del ordeño. Se ha demostrado que a partir de 1 UI de OT exógena tiene un efecto en la glándula mamaria (Bruckmaier y Blum, 1998), lo que ha resultado en una estrategia atractiva para los productores lecheros. Para la ganadería bovina de doble propósito de pequeña escala con índices de producción de 4-6 kg de leche/vaca/día (Gómez *et al.*, 2002), el uso de la OT exógena ha representado una alternativa por su bajo precio, fácil aplicación y disponibilidad; sin embargo la falta de asistencia técnica ha generado un uso inadecuado de esta hormona, utilizándose en diversas dosis y tiempos de administración variables antes de iniciar la ordeña (Mustafa *et al.*, 2008; Belo y Bruckmaier, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la velocidad de ordeño (duración de flujo de leche/ordeña) y cantidad de leche producida con el uso rutinario de oxitocina (OT) exógena en vacas de doble propósito en sistemas de producción de pequeña escala.

#### 11.4 Material y Métodos

El estudio se realizó en cuatro unidades de producción (UP) de ganado bovino de doble propósito en sistema de producción silvopastoril intensivo en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán (19° 11'N, 102° 51'O y 370 msnm) durante 30 días. Se utilizaron 24 vacas de las razas suizo americano y cruzas con ganado cebú, con una condición corporal de  $2.95 \pm 0.38$  (escala 1 a 5), peso vivo de  $463.47 \pm 81.1$  Kg,  $3.25 \pm 1.7$  años de edad,  $2.62 \pm 1.5$  partos y  $162.5 \pm 70.8$  días de lactancia. Todas las UP utilizaban de manera rutinaria OT exógena vía IM aplicada en diferentes dosis 20 UI (UP1), 10 UI (UP2 y UP3) y 5 UI (UP4), ésta última diluida al 50% en solución salina fisiológica. Durante el estudio se suspendió la inyección de OT en lapsos de 5 días intercalados, durante un mes. Con un cronometro se midió el tiempo desde la inyección de OT hasta el inicio del ordeño y el tiempo que duro el flujo de la leche durante la ordeña (velocidad de ordeño), registrando la producción de leche (kg/vaca/día). Los resultados fueron analizados mediante una prueba de t-Student para muestras dependientes y análisis de varianza (ANOVA).

## 11.5 Resultados

### Uso de la OT exógena

Durante los periodos en los cuales se administró OT a las vacas, se observó que el tiempo entre la inyección al comienzo del ordeño no está controlada, pues es muy tardada al superar los 2 minutos (en promedio van desde  $162.0 \pm 9.16$  a  $360.21 \pm 9.16$  segundos), como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Dosis y promedio del tiempo (segundos) desde la administración de OT hasta el comienzo del ordeño, por unidad de producción (media  $\pm$  EE).

UP	(n) Vacas	Dosis OT	Periodos intercalados (5 días)			General
			1	2	3	
1	6	20 UI	$117.06 \pm 11.07$	$187.03 \pm 13.70$	$181.93 \pm 18.89$	$162.0 \pm 9.16$
2	6	10 UI	$218.6 \pm 25.21$	$181.8 \pm 21.87$	$159.43 \pm 16.27$	$186.61 \pm 12.50$
3	5	10 UI	$323.96 \pm 36.36$	$363.76 \pm 30.18$	$392.92 \pm 24.53$	$360.21 \pm 17.81$
4	7	5 UI*	$318.28 \pm 18.56$	$271.05 \pm 14.46$	$275.54 \pm 17.73$	$288.29 \pm 9.94$

\*Diluida en solución salina fisiológica.

### Velocidad de ordeño

La velocidad de ordeño (duración del flujo de leche) se prolongó cuando las vacas recibieron OT en UP1, UP2 y UP4 mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). En UP 3 se observó que el uso o no de OT fue similar ( $p = 0.64$ ) (cuadro 2).

Cuadro 2. Duración del flujo de leche/ordeña (segundos) en los periodos intercalados del uso o no de OT (media  $\pm$  EE).

UP	Periodos intercalados (5 días)						General Sin OT	General Con OT
	1	2	3	4	5	6		
	Sin OT	Con OT	Sin OT	Con OT	Sin OT	Con OT		
1	195.66 $\pm$ 14.83	287.43 $\pm$ 10.57	207.96 $\pm$ 16.73	264.9 $\pm$ 13.90	204 $\pm$ 18.21	248.93 $\pm$ 9.16	202.54 $\pm$ 9.51 <sup>a*</sup>	267.08 $\pm$ 6.71 <sup>b</sup>
2	217.16 $\pm$ 12.94	307.46 $\pm$ 15.17	199.1 $\pm$ 10.51	270.43 $\pm$ 10.73	200.3 $\pm$ 15.20	258.36 $\pm$ 12.49	205.52 $\pm$ 7.48 <sup>a</sup>	278.75 $\pm$ 7.70 <sup>b</sup>
3	233.56 $\pm$ 11.19	266.2 $\pm$ 12.24	255.12 $\pm$ 16.14	233.76 $\pm$ 13.24	260.8 $\pm$ 15.37	236.08 $\pm$ 13.61	249.82 $\pm$ 8.31 <sup>a</sup>	245.34 $\pm$ 7.62 <sup>a</sup>
4	129.05 $\pm$ 11.92	195.4 $\pm$ 7.26	111.05 $\pm$ 10.43	178.14 $\pm$ 6.95	109.57 $\pm$ 8.53	160.6 $\pm$ 9.48	116.56 $\pm$ 6.00 <sup>b</sup>	178.04 $\pm$ 4.77 <sup>b</sup>

\*Literales distintas dentro de filas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

## Cantidad de leche

En las unidades de producción 1, 2 y 4 se obtuvo un incremento significativo en la cantidad de leche ( $p < 0.05$ ), durante los tres periodos intercalados de 5 días, los cuales sumaron un total de 15 días en que las vacas recibieron OT. En UP3 el uso o no de OT no mostro diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la producción de leche (cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio ( $\pm$  EE) de cantidad de leche (kg/vaca/día) obtenida en el ordeño con y sin OT.

Unidad de producción	Con oxitocina	Sin oxitocina
1	6.31 $\pm$ 0.33 <sup>a*</sup>	4.94 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>
2	5.85 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	3.42 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>
3	4.13 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	3.52 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>
4	4.85 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>	3.63 $\pm$ 0.34 <sup>b</sup>

\*Literales distintas dentro de filas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

## 11.6 Discusión

La falta de asistencia técnica a los productores y ordeñadores, ha generado que se utilicen dosis variables de OT exógena, como se observó en este estudio (5-20 UI/vaca/día). Esto se debe, a que el uso de esta hormona en los diferentes sistemas de producción de leche se adopta en un 10-20% por recomendación entre productores, en un 10-15% por experiencia propia, en un 15% a través de farmacias veterinarias, en un 40-60% por recomendaciones de personas sin ningún sustento o conocimiento del producto y apenas un 10-15% por recomendación del Médico Veterinario; aunado a esto, la disponibilidad y bajo costo de la OT en el mercado, ha propiciado que se utilice de manera indiscriminada (Mustafa *et al.*, 2008), lo que explica el uso inadecuado de esta hormona en la ganadería bovina del Municipio de Tepalcatepec, Michoacán.

La importancia del uso adecuado de OT, radica inicialmente en la dosis. En vacas se ha documentado que 1 UI de OT exógena logra mantener concentraciones plasmáticas similares a las de un ordeño normal que es de 40-50 pg/ml (Lollivier,

2002; Cunningham y Klein, 2009; Belo y Bruckmaier, 2010). Su uso para incrementar la producción diaria de leche requiere de dosis superiores para obtener un efecto mayor al que se logra con el estímulo manual o por la máquina de ordeño. Además de la dosis, la respuesta a esta hormona depende de la cantidad de tejido glandular, receptores (células mioepiteliales) presentes en la glándula mamaria bovina (Boutinaud *et al.*, 2004; Lollivier *et al.*, 2006; Avila y Gutiérrez, 2010) y así como del tiempo que transcurre desde su aplicación al inicio del ordeño; por esta razón, algunos productores utilizan cantidades suprafisiológicas que están por encima de 5 UI.

Se ha reportado, que la administración de dosis altas de OT, entre 25 y 50 UI generan residuos en leche (15.8 y 14.9 pg/ml), sin que esto genere algún daño al humano (Prakasha *et al.*, 2009), ya que si se ingiere no podría pasar del aparato digestivo sin ser degradada por enzimas como: pepsina, tripsina y quimotripsina (Ijaz y Aleem, 2006; García y López, 2007). En base a lo anterior, las dosis utilizadas en este trabajo no representan un riesgo para la salud humana.

El efecto de la dosis de OT depende de la cantidad de receptores en la glándula mamaria; si se considera que las vacas de la ganadería en este Municipio son de razas suizo americano y cruza con ganado cebú, que presentan un tejido glandular menor en comparación con vacas altas productoras de leche, por lo que podrían presentar una respuesta con dosis bajas.

La liberación de OT endógena al torrente sanguíneo se lleva a cabo en forma de pulsos y depende del estímulo proporcionado a través del lavado de la ubre; se considera que entre los 60-120 segundos posteriores al estímulo las concentraciones de esta hormona han superado el umbral requerido para llevar a cabo el ordeño (Dzidic *et al.*, 2004). El tiempo de respuesta de la OT administrada vía IM ó SC alcanza las concentraciones plasmáticas adecuadas para facilitar el ordeño, a partir de 1.5-2 minutos con un tiempo de vida media de 3-5 minutos (Premachandra *et al.*, 1959; Espinoza, 2005), durante este periodo, ejerce su efecto para inducir el flujo de leche al contraer las células mioepiteliales que rodean los alveolos de glándula la mamaria (Hafez y Hafez, 2002), donde se

encuentra almacenada el 80% de la leche (Bruckmaier y Wellnitz, 2008). Con estos antecedentes, se puede observar que el tiempo que transcurre desde la administración de OT exógena al inicio del ordeño en las vacas del Municipio de Tepalcatepec, fue en todo momento superior a los 2 minutos, pero en algunas UP aun dentro del periodo en que la hormona se encontraba presente en plasma ejerciendo su efecto, mientras que en otros prácticamente se situaba en la etapa final o ya concluida la actividad contráctil de la OT; esto se reflejó en la velocidad de ordeño y cantidad de leche.

En un estudio realizado por Mačuhová *et al.* (2004) y Luna *et al.* (2007), donde controlaron el tiempo (60 y 120 segundos) de espera entre la inyección de OT y la colocación de las pezoneras en la ubre para comenzar el ordeño, encontraron una respuesta positiva en la producción de leche, debido a que se aprovechó todo el periodo en el que la OT se encuentra ejerciendo su efecto en la glándula mamaria.

La OT influyó sobre la velocidad de ordeño en las vacas de UP1, UP2 y UP4; con respecto a ellas mismas cuando fueron ordeñadas sin OT. Esto puede explicarse por la vida media de esta hormona, durante el cual induce la salida de la leche contenida en los alveolos y ductos de la glándula mamaria (Lollivier y Marnet, 2005; Cunningham y Klein, 2009; Nezamidoust *et al.*, 2015), prolongando el tiempo de ordeña. En la UP 3 el tiempo transcurrido desde la aplicación de la OT hasta la colocación de las pezoneras fue similar a la vida media de esta hormona, por lo que no se observó diferencia cuando estas mismas vacas fueron ordeñadas sin OT. Si se considera que en el ordeño una vaca necesita superar los 40 pg/ml de OT, se puede inferir que concentraciones elevadas y continuas de este péptido mantienen el flujo de leche por más tiempo durante la ordeña (Bruckmaier y Blum, 1998; Bruckmaier, 2001; Costa y Reinemann, 2004).

La respuesta de las vacas a la OT exógena favoreció la cantidad de leche obtenida, mostrando un incremento de 21.71, 41.53 y 25.15% (para UP1, UP2 y UP4, respectivamente) cuando la ordeña se inició durante el tiempo de vida media reportada por Premachandra *et al.* (1959) y Espinoza. (2005). En UP3 el incremento observado fue de 14.76%, quizá porque el inicio de la ordeña se

realizaba al final de la vida media de la OT. Se sabe que esta hormona no tiene efecto a largo plazo, alcanza su nivel máximo en la sangre en 1.5-2 minutos después de aplicada y comienza a decrecer rápidamente con un tiempo de vida media de 3-5 minutos (Premachandra *et al.*, 1959; Espinoza, 2005), pues al ser una hormona peptídica viaja de forma libre en el torrente sanguíneo y al no adherirse a una proteína transportadora facilita su eliminación por la enzima oxitocinasa (Wolfgang y Breves, 2005). Por ello para obtener una mayor cantidad de leche, el ordeño debe iniciar en el periodo que esta hormona se encuentra ejerciendo su efecto, para tener una relación coordinada entre la succión de leche y la contracción alveolar, ya que debe fluir de manera constante y evitar su almacenamiento en la cisterna donde es limitada, con tan sólo un 20% (Bruckmaier, 2001), lo que explica a su vez el incremento el tiempo de ordeño.

### **11.7 Conclusión**

El uso rutinario de oxitocina exógena en vacas de doble propósito del Municipio de Tepalcatepec, Michoacán, incrementa la velocidad de ordeño y la cantidad de leche, a pesar de la diversidad en su utilización.

## 11.8 Bibliografía

**Akhtar M. S., Lodhi L. A., Farooq A. A., Ayaz M. M., Hussain M., Lashari M. H. and Chaudhary Z. I. (2012).** Effect of oxytocin administration before milking on milk production, somatic cells count and fat contents in milk of Nili- Ravi buffaloes. *Pakistan Veterinary Journal*. 32 (3): 435-437.

**Avila T. S y Gutiérrez C. A. J. (2010).** Producción de leche con ganado bovino. (2ª ed). Ed. El manual moderno, S. A. de C. V. México D.F. ISBN: 978-607-448-015-3. 442 p.

**Belo C. J. and Bruckmaier R. M. (2010).** Suitability of low-dosage oxytocin treatment to induce milk ejection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 93 (1): 63-69.

**Boutinaud M., Guinard F. J. and Jammes H. (2004).** The number and activity of mammary epithelial cells, determining factors for milk production. *Reproduction Nutrition Development*. 44 (5): 499-508.

**Bruckmaier R. M. (2001).** Milk ejection during machine milking in dairy cows. *Livestock Production Science*. 70 (1): 121-124.

**Bruckmaier R. M. and Blum J. W. (1998).** Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 81(4): 939-949.

**Bruckmaier R. M. and Wellnitz O. (2008).** Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *Journal of Animal Science*. 86 (Suppl. 1): 15-20.

**Costa D. A. y Reinemann D. J. (2004).** La necesidad de estímulo. Novedades Lácteas. Ordeño y calidad de leche N°. 408. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. 10 p. [en línea] <http://babcock.cals.wisc.edu> [consultado el 17 de Enero de 2015].

**Cunningham G. J. y Klein G. B. (2009).** Fisiología veterinaria. (4ª ed). Ed. El Sevier España, S.L. Barcelona, España. ISBN: 978-84-8086-391-9. 700 p.

**Dzidic A., Macuhova J. and Bruckmaier R. M. (2004).** Effects of cleaning duration and water temperature on oxytocin release and milk removal in an automatic milking system. *Journal of dairy science*. 87 (12): 4163-4169.

**Espinosa K. K. (2005).** Evaluación de tolerancia y eficacia de una solución inyectable de oxitocina 10 U.I. por mL (Oxyto-Synt® 10) como estimulador de secreción láctea en vacas lecheras. Agrovvet Market S.A. [en línea] [http://www.agrovvetmarket.com/pdf/hormonales/oxyto/Oxyto-Synt\\_Vacas\\_2005.pdf](http://www.agrovvetmarket.com/pdf/hormonales/oxyto/Oxyto-Synt_Vacas_2005.pdf) [consultado el 22 de Febrero de 2015].

**García L. P. P. y López G. G. (2007).** Evaluación de la absorción y metabolismo intestinal. *Nutrición Hospitalaria*. 22 (Supl. 2): 5-13.

**Gimpl G. and Fahrenholz F. (2001).** The Oxytocin Receptor System: Structure, Function, and Regulation. *Physiological Reviews*. 81 (2): 629-683.

**Gómez C. H., Tewolde M. A. y Nahed T. J. (2002).** Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 10(3): 175-183.

**González L. M., Trujillo O. Ma. E., Becerril H. M., Alonso S. M., Ramírez N. R., Hernández G. R. y Mota R. D. (2009).** Efecto de la aplicación de oxitocina en variables críticas sanguíneas de cerdas distócicas. *Veterinaria México*. 40 (3): 231-245.

**Hafez E. S. E. y Hafez B. (2002).** Reproducción e inseminación artificial en animales. (7ª ed). Ed. McGraw-Hill interamericana. México, D.F. ISBN: 970-10-3719-7. 519 p.

**Hillerton J. E. and Semmens J. E. (1999).** Comparison of treatment of mastitis by oxytocin or antibiotics following detection according to changes in milk electrical conductivity prior to visible signs. *Journal of Dairy Science*. 82 (1): 93-98.

**Ijaz A. and Aleem M. (2006).** Exogenous Administration of oxytocin and its residual effects. *Pakistan Veterinary Journal*. 26 (2): 99-100.

**Kiss A. and Mikkelsen J. D. (2005).** Oxytocin - anatomy and functional assignments: a minireview. *Endocrine regulations*. 39(3): 97-105.

**Lollivier V. and Marnet P. G. (2005).** Galactopoietic effect of milking in lactating Holstein cows: Role of physiological doses of oxytocin. *Livestock Production Science*. 95 (1): 131-142.

**Lollivier V., Flament J. G., Bousquet M. O. and Marnet P. G. (2002).** Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milkings. *Reproduction Nutrition Development*. 42 (2): 173-186.

**Lollivier V., Marnet P. G., Delpal S., Rainteau D., Achard C., Rabot A. and Ollivier B. M. (2006).** Oxytocin stimulates secretory processes in lactating rabbit mammary epithelial cells. *The Journal of Physiology*. 570 (1): 125-140.

**Luna P. C., Ramírez G. J. A. y Rodríguez A. F. A. (2007).** Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 15 (1): 15-24.

**Mačuhová J., Tančin V. and Bruckmaier R. M. (2004).** Effects of Oxytocin Administration on Oxytocin Release and Milk Ejection. *Journa of Dairy Science*. 87 (5):1236-1244.

**Majeed A. F., Aboud Q. M., Hassan M. S. and Muhammad A. Y. (2009).** Retained fetal membranes in Friesian-Holstein cows and effect of some treatment methods. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 23 (Supplement I): 5-8.

**Mota R. D., Villanueva G. D., Velazquez A. E.Y., Nava O. A.A., Ramírez N. R., Alonso S. M. and Trujillo M. E. (2007).** Influence of time at which oxytocin is administered during labor on uterine activity and perinatal death in pigs. *Biological Research*. 40 (1): 55-63.

**Mustafa M. Y., Saleem K., Munir R. and Butt T. M. (2008).** Effect of oxytocin on the productive and reproductive performance of buffalo and cattle in Sheikhpura-Pakistan (A field study). *Livestock Research for Rural Development*. 20 (12): 193. [en línea] <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/must20193.htm> [consultado el 10 de Diciembre de 2014].

**Nezamidoust M., Razzaghzadeh S., Ezati E. and Ghorbani R. (2015).** Impact of oxytocin-milking method on lactation performance and lactation length of sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 5 (1): 105-113.

**Nostrand S. D., Galton D. M., Erb H. N. and Bauman D. E. (1991).** Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74(7): 2119-2127.

**Prakasha B. S., Paulb V., Kliemb H., Kulozic U. and Meyer H. H.D. (2009).** Determination of oxytocin in milk of cows administered oxytocin. *Analytica Chimica Acta*. 636: 111–115.

**Premachandra B. N., Pipes G. W. and Von Berswordt W. R. (1959).** Comparison of the intravenous and subcutaneous injections of oxytocin in the lactating cow. *Journal of Dairy Science*. (42): 918.

**Wolfgang V. E. y Breves G. (2005).** Fisiología veterinaria. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. ISBN: 84-200-1041-3. 683 p.

**Weeks A. D. (2001).** The Retained Placenta. *African Health Sciences*. 1 (1): 36-42.

## XII. EFECTO DEL USO DIARIO DE OXITOCINA EXÓGENA EN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO

### 12.1 Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of exogenous OT, administered routinely to increase milk production, on the pregnancy rate and open days in dual purpose cows. 31 non-pregnant American Swiss and Zebu cattle crossbreed cows in ovarian activity were used; with a body condition score of  $3.01 \pm 0.24$  (range 1-5),  $449.82 \pm 58.41$  kg of live weight,  $5.19 \pm 1.85$  years old,  $2.64 \pm 1.53$  births and  $150.69 \pm 29.3$  days post-partum. They were divided into two groups: group 1 (n=16), without changing the everyday use of OT at milking (20 IU/cow/day) and group 2 (n=15), was suspended the administration of OT during the stage of maternal recognition of pregnancy (day 15 to 21 post-service). The cows were inseminated by direct mount. It returns or no return to estrus, for a next service is noted. Pregnancy diagnosis by transrectal ultrasound was performed, the open days were calculated from the last calfbirth date until the end of the study, while cows were not pregnant. The pregnancy rate was 56% in group 1 and 80% in group 2 ( $p < 0.05$ ). The pregnancy rate at the first service was lower in group 1 (43.75% vs 66.67%) ( $p < 0.06$ ); in the second and third service, pregnancy rate was similar in both groups ( $p = 0.50$ ,  $p = 0.41$ , respectively). At the end of the study open days were  $205.18 \pm 24.14$  for group 1 and  $163.2 \pm 18.56$  for group 2 ( $p > 0.05$ ). In conclusion, the daily use of exogenous OT at milking in dual purpose cows decreases the pregnancy rate and increases open days; but the interruption of exogenous OT at the stage of maternal recognition of pregnancy further increases service rate gestation.

**Keywords:** pregnancy rate, open days, oxytocin.

### 12.2 Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la OT exógena, administrada rutinariamente para incrementar la producción láctea, sobre el porcentaje de gestación y días abiertos en vacas de doble propósito. Se utilizaron 31 vacas no

preñadas y con actividad ovárica; de razas suizo americano y cruza con ganado cebú, con una condición corporal de  $3.01 \pm 0.24$  (escala 1 a 5),  $449.82 \pm 58.41$  kg de peso vivo,  $5.19 \pm 1.85$  años edad,  $2.64 \pm 1.53$  partos y  $150.69 \pm 29.3$  días post-parto. Se dividieron en dos grupos: al grupo 1 (n=16) no se le modificó el uso cotidiano de OT en el ordeño (20 UI/vaca/día) y al grupo 2 (n=15) se le suspendió la administración de OT durante la etapa del reconocimiento materno de la preñez (día 15-21 post-servicio). Las vacas fueron servidas por monta directa a detección de estro. Se observó el retorno o no retorno al estro para un siguiente servicio. Se realizaron diagnósticos de gestación por ecografía transrectal, los días abiertos se calcularon a partir de la fecha de parto hasta el final del estudio, en las vacas que no quedaron gestantes. El porcentaje de gestación fue menor (56%) en el grupo 1 que en el grupo 2 (86%) ( $p < 0.05$ ). El porcentaje de gestación al primer servicio fue menor en el grupo 1 (43.75% vs 66.67%) ( $p < 0.06$ ); en el segundo y tercer servicio el porcentaje de gestación fue similar en ambos grupos ( $p = 0.50$ ,  $p = 0.41$ , respectivamente). Al finalizar el estudio los días abiertos fueron  $205.18 \pm 24.14$  para el grupo 1 y  $163.2 \pm 18.56$  para el grupo 2 ( $p > 0.05$ ). En conclusión, el uso cotidiano de OT exógena en el ordeño en vacas de doble propósito disminuye el porcentaje de gestación e incrementa los días abiertos, pero la suspensión de OT exógena en la etapa del reconocimiento materno de la preñez posterior al servicio incrementa la tasa de gestación.

**Palabras clave:** porcentaje de gestación, días abiertos, oxitocina.

### 12.3 Introducción

En el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán, la ganadería bovina de doble propósito es la principal actividad productiva y fuente de ingreso de las familias en la región, a través de la venta diaria de leche y comercialización de becerros destetados (Sánchez y Sánchez, 2006; Gallardo *et al.*, 2010; Suárez *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2012). La subsistencia de estos sistemas depende de mantener o mejorar su producción diaria de leche, por lo que se ha adoptado el uso de oxitocina (OT) exógena como una tecnología para incrementar su producción (Ballou *et al.*, 1993; Luna *et al.*, 2007). La OT no sólo tiene esa función, sino que

además estimula las contracciones uterinas para facilitar el transporte de gametos durante el estro y la expulsión del feto en el parto. La OT también participa en la luteólisis al estimular la síntesis y liberación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) en el endometrio bovino durante el periodo crítico del ciclo estral (día 15-19) en que se da el reconocimiento materno de la preñez (RMP). En este periodo, el embrión debe cubrir parte del endometrio y producir una proteína llamada interferón trofoblástico bovino (bIFN-t), que inhibiría la luteólisis impidiendo la formación de receptores de OT en la etapa final del diestro en caso de una gestación (Hernández y Zarco, 1998; Hafez y Hafez, 2002; Lenis *et al.*, 2010a; Gonella *et al.*, 2010; Galina y Valencia, 2014).

La falta de conocimiento de los productores sobre la función de la OT en la fisiología reproductiva, ha permitido que ante la sugerencia entre productores, comerciantes y técnicos utilicen esta hormona para incrementar la producción de leche durante toda la lactancia; sin tomar en cuenta que al participar en el RMP (Tovío *et al.*, 2008; Gonella *et al.*, 2010), puede ocasionar una menor cantidad de vacas gestantes y un periodo prolongado de días abiertos (Lavín y Basurto, 2005), lo que implicaría, a fin de cuentas, mayores costos de producción.

La subsistencia de un sistema de doble propósito no sólo depende de la producción diaria de leche, si no, también de su eficiencia reproductiva, por lo que se requiere que las vacas queden gestantes lo más rápido posible (85-115 días abiertos) (Pérez y Rojo, 2003); sin embargo, este indicador es equívoco, ya que los productores caen en el error de no tomar en cuenta a todo el hato, sino únicamente a vacas que se encuentran gestantes y en producción (Olivera, 2010; Hernández, 2012).

La ganadería bovina de doble propósito en la región de Tierra Caliente Michoacán, presenta un intervalo entre partos prolongado (18-24 meses), lo que significa un periodo abierto de 270-450 en días, así como un bajo porcentaje (54 %) de vacas gestantes (Sánchez y Sánchez, 2006; Molina, 2006; Canela, 2008), Hasta la fecha no se ha hecho ningún estudio de los indicadores reproductivos en hatos que utilizan cotidianamente OT. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el

efecto de la OT exógena, administrada rutinariamente para incrementar la producción láctea, sobre el porcentaje de gestación y días abiertos en vacas de doble propósito.

## 12.4 Material y Métodos

El estudio se realizó en una unidad de producción (UP) con ganado bovino de doble propósito en el Municipio de Tepalcatepec, Michoacán (19 ° 11'N, 102 ° 51' O y 370 msnm); donde se utiliza cotidianamente OT (20 UI/vaca/día) previo al ordeño. Se analizó la información proveniente de 31 vacas no preñadas y con actividad ovárica; de razas suizo americano y cruza con ganado cebú, con una condición corporal de  $3.01 \pm 0.24$  (escala 1 a 5),  $449.82 \pm 58.41$  kg de peso vivo, de  $5.19 \pm 1.85$  años edad,  $2.64 \pm 1.53$  partos y  $150.69 \pm 29.3$  días post-parto. Las vacas se dividieron en dos grupos: al grupo 1 (n=16) no se le modificó el uso cotidiano de OT en el ordeño y al grupo 2 (n=15) se le suspendió la administración de OT durante la etapa del reconocimiento materno de la preñez (día 15-21 post-servicio). Las vacas fueron servidas por monta directa a detección de estro. Se observó el retorno o no retorno al estro, para un siguiente servicio. Se realizaron diagnósticos de gestación por ecografía transrectal, con un Ecógrafo en modo B (Draminski, modelo Animal Profi), provisto de un transductor sectorial de 3.5 y 5 MHz. Se calculó el porcentaje de gestación y se verificó si la gestación correspondía al último servicio. Los días abiertos se calcularon a partir de la fecha de parto hasta el final del estudio, en las vacas que no quedaron gestantes.

Los resultados fueron analizados mediante la prueba de Chi-cuadrada y U de Mann-Whitney.

## 12.5 Resultados

El porcentaje de gestación fue de 56% en el grupo 1 y 80% en el grupo 2 ( $p < 0.05$ ). El porcentaje de gestación al primer servicio fue menor en el grupo 1 (43.75% vs 66.67%) ( $p < 0.06$ ); en el segundo y tercer servicio el porcentaje de gestación fue similar en ambos grupos ( $p = 0.50$ ,  $p = 0.41$ , respectivamente) (cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de hembras gestantes en vacas de doble propósito tratadas o no con oxitocina exógena pre ordeño durante el periodo de reconocimiento materno de la preñez.

Servicio	Grupo 1		Grupo 2	
	NG/T	Gest. (%)	NG/T	Gest. (%)
Primero	7/16	43.75	10/15	66.66
Segundo	1/9	11.11	1/5	20.0
Tercero	1/8	12.5	1/4	25.0
Total	9/16	56.25a	12/15	80.0b

NG/T= número de gestantes del total de vacas servidas.

Grupo 1= con OT constante.

Grupo 2= suspensión de OT (día 15-21 post-servicio).

a,b= diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) dentro de fila.

Al inicio del estudio, en ambos grupos, los días posparto eran similares:  $156.12 \pm 18.45$  y  $145.26 \pm 21.89$  para los grupos 1 y 2, respectivamente ( $p < 0.05$ ); pero al finalizar el estudio los días abiertos fueron  $205.18 \pm 24.14$  para el grupo 1 y  $163.2 \pm 18.56$  para el grupo 2 ( $p > 0.05$ ). La diferencia entre ambos grupos podría seguir incrementándose debido a que al terminar el periodo de estudio existía un mayor número de vacas no gestantes en el grupo 1.

## 12.6 Discusión

En la ganadería bovina de doble propósito de Tepalcatepec Michoacán, se observó que el uso cotidiano de oxitocina (OT) exógena en el ordeño disminuye el porcentaje de gestación; esto puede explicarse por el efecto que la OT tiene en la etapa final del diestro, cuando al unirse a sus receptores previamente sensibilizados por los E2 en el endometrio activa la fosfolipasa C y A2, que inducen la liberación de ácido araquidónico, para ser convertidos en  $\text{PGF}_{2\alpha}$ ; hormona que lleva acabo la lisis del CL, fuente principal de  $\text{P}_4$ , hormona responsable de mantener la gestación (Burns *et al.*, 1997; Lenis *et al.*, 2010b; Atuesta y Gonella, 2011). Para que ocurra la luteólisis, la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  debe ser secretada en forma de pulsos con intervalos de cinco a ocho horas, (requiriéndose

de 5 a 6 pulsos); si esta hormona no cumple con este patrón de secreción fracasará este proceso (Hafez y Hafez, 2002; Hernández, 2012). La OT que desencadena al primer pulso de  $\text{PGF}_2\alpha$  en el útero es de origen hipotalámico, y los siguientes son inducidos por células de la granulosa en el CL (Hernández, 2012). La administración de OT exógena representa un tercer origen de esta hormona, que puede estar provocando un incremento en la síntesis de  $\text{PGF}_2\alpha$  al acoplarse a un mayor número de receptores, desarrollando de forma temprana y a intervalos más cortos los pulsos necesarios para llevar a cabo la luteólisis; e impedir una gestación al inhibir el RMP.

Cuando se lleva a cabo la fecundación, el RMP es un momento crítico en que el embrión, debe cubrir parte del endometrio y producir en las células mononucleares del trofoblasto embrionario el bIFN-t para evitar que se desencadene el mecanismo luteolítico, al regular la producción de  $\text{PGF}_2\alpha$  en las células endometriales y epiteliales bovinas (Spencer y Bazer, 2004; Arosh *et al.*, 2004; Tithof *et al.*, 2007; López *et al.*, 2008; Tovío *et al.*, 2008; Lenis *et al.*, 2010b); por lo tanto al interrumpir el uso de OT exógena en las vacas durante los días 15-21 posteriores al servicio, el porcentaje de gestación observado en este estudio fue mayor debido a que las concentraciones de esta hormona debieron ser menores, favoreciendo el RMP.

Los días abiertos dependen de diversos factores como: fallas en la detección de estros, fertilidad del toro o semen, nutrición deficiente, patologías reproductivas y factores endócrinos que afectan negativamente el RMP (Hernández y Morales, 2001; Córdova *et al.*, 2002; García y López, 2011). En este estudio los días abiertos fueron similares en ambos grupos ( $p>0.05$ ); sin embargo, existió una reducción de este indicador en las vacas en las que se suspendió la OT exógena, con respecto a las que se administró cotidianamente. Debido a que los días abiertos inciden directamente en el intervalo entre partos y por ende en la producción de crías y leche (Morales y Cavestany, 2012; Serrano, 2012), esta reducción implica un ahorro para el productor, por concepto de alimentación,

medicamentos, mano de obra y servicios técnicos, entre otros; estimado en \$3.00-6.00 USD/vaca/día (Romero, 2012; Carmona, 2013; Gallegos, 2014).

Los productores de Tepalcatepec, han descuidado los indicadores reproductivos: días abiertos y porcentaje de gestación, enfocándose principalmente en la producción de leche; de ahí que el uso cotidiano de OT en el ordeño no les representa ningún perjuicio en sus sistemas de producción, no obstante que incrementa en 20.4% los días abiertos y disminuye en un 24% el porcentaje de gestación. Por ello existe la necesidad de concientizar a los productores del amplio efecto fisiológico que tiene esta hormona, para que la utilicen de manera adecuada, permitiendo la toma de decisiones que mejore la eficiencia reproductiva. Estos resultados coinciden con estudios realizados por Lavín y Basurto (2005), quienes al evaluar el efecto de la aplicación diaria de 10 UI de OT en 40 vacas multíparas sobre la eficiencia reproductiva, observaron que el uso de OT prolonga los días abiertos y reduce el porcentaje de gestación. De igual manera Lammoglia *et al.* (2014) al determinar el efecto de la aplicación de 10 UI de OT dos veces al día (mañana y tarde) para inducir la eyección de leche en 60 vacas, también reportaron una disminución en el porcentaje de gestación.

## 12.7 Conclusión

El uso cotidiano de OT exógena en el ordeño en vacas de doble propósito disminuye el porcentaje de gestación ( $p < 0.05$ ) e incrementa los días abiertos ( $p > 0.05$ ). La suspensión de OT exógena en la etapa del reconocimiento materno de la preñez posterior al servicio incrementa la tasa de gestación.

## 12.8 Bibliografía

**Arosh J. A., Banu S. K., Kimmins S., Chapdelaine P., Maclaren L. A., and Fortier M. A. (2004).** Effect of interferon-T on prostaglandin biosynthesis, transport, and signaling at the time of maternal recognition of pregnancy in cattle: evidence of polycrine actions of prostaglandin E2. *Endocrinology*. 145 (11): 5280-5293.

**Atuesta J. E. y Gonella D. Á. M. (2011).**Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. *Revista Spei Domus*. 7 (14): 15-25.

**Ballou L. U., Bleck J. L., Bleck G. T. and Bremel R. D. (1993).** The effects of daily oxytocin injections before and after milking on milk production, milk plasmin, and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 76 (6):1544-1549.

**Burns P. D., Graf G. A., Hayes S.H. and Silvia W. J. (1997).** Cellular mechanisms by which oxytocin stimulates uterine PGF2 alpha synthesis in bovine endometrium: roles of phospholipases C and A2. *Domestic Animal Endocrinology*. 14 (3): 181-191.

**Canela T. J. A. (2008).** Caracterización de la eficiencia reproductiva de la ganadería bovina en los Municipios de Tuzantla, Carácuaro y San Lucas de la región de Tierra Caliente, Michoacán. (Tesis de Licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán. México. 54 p.

**Carmona S. G. (2013).** Los retos de hoy en la reproducción en ganado de leche: factores clave que nos afectan y como enfrentarlos. En: Memorias del Congreso Lechero Nacional. Costa Rica. 4-5 de Diciembre 2013. 79 p. [en línea] [http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Introduccion\\_del\\_bloque\\_de\\_reproduccion\\_Dr\\_Gonzalo\\_Carmona\\_Solano\\_Costa\\_Rica.pdf](http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Introduccion_del_bloque_de_reproduccion_Dr_Gonzalo_Carmona_Solano_Costa_Rica.pdf) [consultado el 24 de Julio de 2015].

**Córdova I. A., Sánchez V. R. J. M., Leal A., Muñoz G. C. I. y Murillo M. A. L. (2002).** Causas de infertilidad en ganado bovino. *Medicina Veterinaria*. 19 (9): 112-124.

**Galina C. H. y Valencia M. J. (2014).** Reproducción de animales domésticos. (3ª ed). Ed. Limusa S.A. de C.V. México, D.F. ISBN: 978-968-18-7132-1. 582 p.

**Gallardo L. F., Chalate M. H., Purroy V. R. y Vilaboa A. J. (2010).** Estudio y análisis del mercado de los productos del sistema bovinos doble propósito en el estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados y FUNPROVER. 85p. [en línea] <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit110.pdf> [consultado el 10 de Mayo de 2015].

**Gallegos S. J. (2014).** Manejo reproductivo en las explotaciones lecheras. SAGARPA-Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 8 p. [en línea] <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20productivo%20en%20las%20explotaciones%20lecheras.pdf> [consultado el 8 de Diciembre de 2014].

**García I. I. y López G. F. (2011).** Factores que afectan a la fertilidad del vacuno lechero. En mundo ganadero. [en línea] <http://www.mundoganadero.es/articulos-factores-que-afectan-fertilidad-del-vacuno-lechero-alta-produccion/1/1789.html> [consultado el 24 de Julio de 2015].

**Gonella D. Á., Grajales L. H. y Hernández V. A. (2010).** Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. *Rev.MVZ Córdoba*. 15 (1): 1976-1984.

**Hafez E. S. E. y Hafez B. (2002).** Reproducción e inseminación artificial en animales. (7ª ed). Ed. McGraw-Hill interamericana. México, D.F. ISBN: 970-10-3719-7. 519 p.

**Hernández C. J. (2012).** Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. (1ª ed). Ed. Copias Graficas S.A. de C.V. México, D.F. ISBN: 978-607-00-5524-9. 519 p.

**Hernández C. J. y Morales R. J.S. (2001).** Falla en la concepción en el ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales. *Veterinaria México*. 32 (4): 279-287.

**Hernández C. J. y Zarco Q. L.A. (1998).** Función del cuerpo lúteo y muerte embrionaria en rumiantes. *Ciencia veterinaria*. 8: 1-28.

**Lammoglia M. A., Domínguez B., Alarcón M. A., Cabrera A. y Daniel I. C. (2014).** Mitos y realidades de la inyección de oxitocina como apoyo para inducir la eyección de leche en vacas *Bos indicus* x *Bos taurus* en condiciones tropicales. *Revista Cebú*. 30 (368): 24-32.

**Lavín M. R. y Basurto C. H. (2005).** Efecto de la aplicación diaria de oxitocina sobre la eficiencia reproductiva en vacas F1 (Holstein x Cebú) lactantes en el trópico húmedo. En: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Buiatría. Puebla, Puebla, México. 11, 12 y 13 de Agosto de 2005. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. 324p.

**Lenis S. Y., Olivera Á. M. y Tarazona M. A. (2010b).** Señales moleculares que afectan la síntesis de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  y PGE<sub>2</sub> en el endometrio bovino. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 23 (3): 377-389.

**Lenis Y., Ramón N., Restrepo J., Olivera M. y Tarazona A. (2010a).** Interferón *tau* en la ventana de reconocimiento materno embrionario bovino. *Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales Actualidad & Divulgación Científica*. 13 (1): 17-28.

**López A. P., Gómez L. F., Ruiz C. Z.T., Olivera M. y Giraldo C. A. (2008).** Reconocimiento materno de la preñez e implantación del embrión: modelo bovino. *Analecta Veterinaria*. 28 (1): 42-47.

**Luna P. C., Ramírez G. J.A. y Rodríguez A. F.A. (2007).** Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 15 (1): 15-24.

**Martínez C. C. J., Coterá R. J. y Abad Z. J. (2012).** Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 16 (30): 816-824.

**Molina M. V.M. (2006).** Caracterización de los Sistemas de Producción de Ganado Bovino en Tierra Caliente del Estado de Michoacán. (Tesis de Maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán. México. 84 p.

**Morales J. T. y Cavestany D. (2012).** Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. *Veterinaria*. 48 (188): 3-11.

**Olivera S. S. (2010).** Midiendo y monitoreando la reproducción en vacas lecheras: la taza de preñez. Agromeat, portal de las agronoticias. Buenos Aires. [en línea] <http://www.agromeat.com/category/ganaderia> [consultado el 06 de Agosto de 2015].

**Pérez H. P. y Rojo R. R. (2003).** Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados y FUNPROVER. Tepetates, Veracruz. 151p. [en línea] <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit110.pdf> [consultado el 10 de Enero de 2014].

**Romero S. D. (2012).** Enfermedades que causan abortos en la ganadería bovina. Folleto técnico No. 1. (1° ed). Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia. México, D.F. ISBN: 978-607-00-5956-8. 44p. [en línea] <http://www.uv.mx/personal/dromero/files/2013/05/FolletoTecnicoNo.1DoraRomeroSalas2012.pdf> [consultado el 20 de Julio de 2015].

**Sánchez R. G. y Sánchez V. A. (2006).** La ganadería bovina del Estado de Michoacán, más de cuatro siglos de tradición y cultura ante los retos del nuevo milenio. (2ª ed). Fundación Produce Michoacán AC. Morelia, Michoacán. 165p.

**Serrano D. G.E. (2012).** Días que suman y restan. Pp. 42-45. [en línea] <http://es.slideshare.net/Diegosan42/dias-que-suman-y-restan> [consultado el 15 de Julio de 2015].

**Spencer T. E. and Bazer F. W. (2004).** Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2 (49): 1-15.

**Suárez H. Aranda G. y Palma J. M. (2012).** Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(3): 83-91.

**Tithof P. K., Roberts M. P., Guan W., Elgayyar M. and Godkin J. D. (2007).** Distinct phospholipase A2 enzymes regulate prostaglandin E2 and F2alpha production by bovine endometrial epithelial cells. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 5 (16): 1-12.

**Tovío L. N., Duica A. A. y Grajales L. H. (2008).** Desarrollo embrionario y estrategias antiluteolíticas hormonales en programas de transplante de embriones bovinos. *Revista MVZ Córdoba*. 13 (1): 1240-1251.

### XIII. DISCUSIÓN GENERAL

La necesidad de una ganadería de doble propósito eficiente en la producción de leche, ha generado que los productores adopten tecnologías como la oxitocina (OT) exógena durante toda la lactancia (Lammoglia *et al.*, 2014a; Lammoglia *et al.*, 2014b; Hernández y Zárate, 2015). La OT es una hormona peptídica (Viero *et al.*, 2010), que de acuerdo a lo que se establece en los lineamientos y criterios para la prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios con base en el nivel de riesgo de sus ingredientes activos (NOM-064-ZOO-2000), se encuentra clasificada en el grupo II, donde incluye productos que requieren para su comercialización receta médica expedida por un Médico Veterinario (Reyes, 2014) sin embargo, la realidad es que la OT se puede adquirir fácilmente, utilizándose de manera inadecuada y observando una diversidad en su respuesta. Como se observó en la ganadería bovina de doble propósito en Tepalcatepec, Michoacán; donde además fue implementado sin asistencia técnica, originando el uso de una diversidad en dosis, tiempo de administración, velocidad de ordeño y Kg de leche.

La asistencia técnica es necesaria cuando se adopta una tecnología en una unidad de producción, ya que antes de ponerse en marcha se debe identificar correctamente cual es la necesidad que se desea resolver para tomar la alternativa adecuada, pues la inversión debe ser rentable; también debe permitir en base a su evaluación la posibilidad de retirarla, sustituirla o modificarla de acuerdo a las necesidades de cada unidad de producción (Suárez *et al.*, 2012). Esto es lo que ha provocado que exista una diversidad de resultados con el uso de OT, pues se encuentran reportes que describen un incremento en la producción de leche de 3% (Ballou *et al.*, 1993), 12% (Nostrand *et al.*, 1991) y hasta un 41% (Luna *et al.*, 2007); así como, su efecto negativo en el porcentaje de fertilidad y días abiertos (Lavín y Basurto, 2005), como se observó en la ganadería de Tepalcatepec.

En la ganadería bovina de doble propósito, el uso deficiente de OT incrementa la cantidad de leche; pero disminuye el porcentaje de fertilidad e incrementa los días abiertos que se expresa en pérdidas económicas que los productores desconocen.

Sin embargo, el uso óptimo de OT tomando en cuenta su acción fisiológica, respetando la dosis, tiempo de aplicación y suspendiendo su uso a partir del día 15 al 21 posteriores al servicio, evita que interfiera en el reconocimiento materno de la preñez, por lo que es posible observar un incremento en la cantidad de leche y porcentaje de gestación.

Anteriormente, la venta de OT era libre pero a partir del año 2012 entro en vigor el acuerdo en la NOM-064-ZOO-2000, donde menciona que el uso de esta hormona tiene que estar regulada. No obstante, se recomienda su uso para incrementar la cantidad de leche, suspendiéndola en el periodo crítico del reconocimiento materno de la gestación; pero de acuerdo con la norma antes mencionada, siempre con la supervisión y asistencia técnica de un Médico Veterinario.

#### **XIV. CONCLUSIÓN GENERAL**

El uso rutinario de oxitocina exógena en sistemas de producción de doble propósito en Tepalcatepec, Michoacán, incremental la velocidad de ordeño y la cantidad de leche, pero disminuye el porcentaje de gestación y prolonga los días abiertos, sin embargo, la suspensión de oxitocina en la etapa del reconocimiento materno de la preñez posterior al servicio incrementa la tasa de gestación.

## XV. BIBLIOGRAFÍA

**Ballou L. U., Bleck J. L., Bleck G. T. and Bremel R. D. (1993).** The effects of daily oxytocin injections before and after milking on milk production, milk plasmin, and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 76 (6): 1544-1549.

**Hernández H. V. D. y Zárate M. J. P. (2015).** Tecnologías para aumentar la producción de leche y la eficiencia reproductiva en las unidades de producción de bovinos en el trópico. *Revista Cebú*. 31 (377): 8-20.

**Lammoglia M. A., Domínguez B., Alarcón M. A., Cabrera A. y Daniel I. C. (2014a).** Mitos y realidades de la inyección de oxitocina como apoyo para inducir la eyección de leche en vacas *Bos indicus* x *Bos taurus* en condiciones tropicales. *Revista Cebú*. 30 (368): 24-32.

**Lammoglia M. Á., Estrella M. B., Aedo B., Daniel I. C. y Garcez N. (2014b).** Indicadores de estrés en respuesta a la inyección intramuscular de oxitocina para inducir la eyección de leche en vacas lecheras del trópico veracruzano. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 2(3): 667-671.

**Lavín M. R. y Basurto C. H. (2005).** Efecto de la aplicación diaria de oxitocina sobre la eficiencia reproductiva en vacas F1 (Holstein x Cebú) lactantes en el trópico húmedo. En: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Buiatría. Puebla, Puebla, México. 11, 12 y 13 de Agosto de 2005. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. 324p.

**Luna P. C., Ramírez G. J. A. y Rodríguez A. F. A. (2007).** Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 15 (1): 15-24.

**NOM-064-ZOO-2000.** Lineamientos para la clasificación y prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos y del acuerdo por el que se establece la clasificación y prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes

activos; publicado el 12 de Marzo de 2012 en el Diario Oficial de la Federación. 21 p. [en línea] [http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/pdf/DIARIO%20OFICIAL\\_05%2003%202012%20ACUERDO%20farmaceuticos%20veterinarios.pdf](http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/pdf/DIARIO%20OFICIAL_05%2003%202012%20ACUERDO%20farmaceuticos%20veterinarios.pdf) [consultado el 12 de Agosto de 2015].

**Nostrand S. D., Galton D. M., Erb H. N. and Bauman D. E. (1991).** Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74 (7): 2119-2127.

**Reyes G. L. (2014).** Buen uso de productos farmacéuticos y veterinarios. SAGARPA-SENASICA. 45 p. [en línea] [http://sistemaproductoaves.org.mx/noticias/img/Taller\\_Buenas\\_Practicas\\_Huevo\\_Plato\\_Fines\\_Certificacion/lorena\\_reyes.pdf](http://sistemaproductoaves.org.mx/noticias/img/Taller_Buenas_Practicas_Huevo_Plato_Fines_Certificacion/lorena_reyes.pdf) [consultado el 14 de Agosto de 2015].

**Suárez H., Aranda G. y Palma J. M. (2012).** Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16 (3): 83-91.

**Viero C., Shibuya I., Kitamura N., Verkhatsky A., Fujihara H., Katoh A., Ueta Y., Zingg H. H., Chvatal A., Sykova E. and Dayanithi G. (2010).** Oxytocin: Crossing the bridge between basic Science and Pharmacotherapy. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 16 (5): 138- 156.