



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

**MODIFICACIONES DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LECHE POR EFECTO
DE LA OXITOCINA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ARTURO HERRERA LEON

TUTOR: HÉCTOR BASURTO CAMBEROS

COMITÉ TUTORAL: ALEJANDRO VILLAGODOY

MAXIMINO HUERTA

MÉXICO D.F.

OCTUBRE 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos:

Por ser una razón más de vivir en mi vida, ahora en esta nueva etapa la cual trae satisfacciones y emociones nunca antes vividas. Los amo más que a nada en este mundo y con todo mi corazón.

A mis padres:

A quien les debo todo, y en los cuales siempre encontré amor, cariño, paciencia, apoyo y sobre todo confianza para creer en mí. En ustedes encontré todos los valores que me han hecho ser una persona como lo soy ahora, mostrándome el camino correcto de las cosas y el superarse profesionalmente. Los amo más que a nada en este mundo.

A mi familia:

En la cual siento un apoyo incondicional y en todos ellos encontrar el valor del significado de esta palabra.

A mis hermanos:

Tony, Ana y Poncho; no me imagino mi vida sin ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme ser parte de ella y darme las armas necesarias para ser un hombre de provecho.

Al MVZ MP. Héctor Basurto Camberos:

Por brindarme todo su apoyo en la elaboración de esta tesis y que sin su ayuda no hubiera sido posible la culminación de este estupendo trabajo.

A MVZ MC. René Rosiles Martínez:

Por ser parte de este trabajo y permitirme desarrollar parte del mismo en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Colegio de Post-Graduados de Chapingo los cuales me brindaron apoyo en algunos de los análisis realizados a las muestras efectuadas.

RESUMEN

La oxitocina; hormona producida en el hipotálamo y liberada de la neurohipofisis a la circulación, causa contracción de las células mioepiteliales alrededor del alveolo. Su uso es considerado para el incremento en la producción de leche al aumentar la eyección. Estos resultados no pueden ser comparados al sistema de doble propósito en el trópico donde la situación es diferente. La aplicación diaria de oxitocina en este sistema se ha convertido en una práctica rutinaria, con el objeto de inducir la eyección completa de la leche e incrementar la cantidad por día. La leche del ganado vacuno está compuesta principalmente por: lactosa, proteína, grasa y minerales; cuyas proporciones representan el 4.7, 3.3, 3.5 y 0.7 por ciento, respectivamente. Con el objetivo de evaluar el efecto comparativo de la aplicación de oxitocina o sin esta, sobre cantidad y calidad, se aplicó diariamente 20 UI IM a un grupo durante toda la lactancia (COX, n=15); el Grupo Testigo (SOX, n=15), no tuvo aplicación. Se obtuvieron muestras de leche semanalmente para determinar la concentración de los componentes, se determinó la producción total de leche por lactancia, producción promedio por día por lactancia, la duración de la lactancia, se hicieron análisis de AQP, FDN, FDA y digestibilidad al forraje, se midió el consumo de materia seca. La producción de leche vendible fue mayor en 15.23% en comparación al grupo testigo con una alta significancia $P < 0.05$. Los becerros que se encontraban en amamantamiento restringido se contabilizó la leche consumida no hubo diferencia significativa $P > 0.05$. La leche total representó 13.70% más para el grupo COX, $P < 0.05$. No hubo cambios significativos $P > 0.05$ en los componentes lácteos a excepción de la grasa $P < 0.05$. El peso vivo y la condición corporal no son significativos entre grupos $P > 0.05$. Se concluye que la administración diaria de oxitocina aumenta la producción de leche y no afecta los porcentajes de los componentes de la leche a excepción de la grasa.

Palabras clave: oxitocina, producción de leche, vacas de doble propósito en el trópico.

ABSTRACT

The oxytocin; hormone produced in the hypothalamus and released from neurohipofisis to the movement, cause contraction of the myoepithelial cells around the alveolus. Its use is considered for the increase in the production of milk by increasing the ejection. These results cannot be compared to the dual purpose system in the tropics where the situation is different. The daily implementation of oxytocin in this system has become a routine practice, in order to induce the ejection. The daily implementation of oxytocin in this system has become a routine practice, in order to induce the complete ejection of the milk and increase the amount per day. The milk of cattle is mainly composed of: lactose, fat, protein and minerals; whose proportions represent 4.7, 3.3, 3.5 and 0.7 percent, respectively. With the objective of evaluating the comparative effect of the implementation of oxytocin or without this quantity and quality, are applied daily 20 IU IM a group throughout the lactation (COX, n= 15); the Group Witness (SOX, n= 15), had no application. Samples were obtained weekly milk to determine the concentration of the components, it was determined the total milk production per lactation average production per day per lactation duration of breast-feeding, analyzes were conducted AQP-1, NDF, ADF and digestibility to forage, is measured dry matter intake. The production of salable milk production was 15.23% higher compared to the control group with high significance $P < 0.05$. Calves were unrestricted suckling milk consumed was recorded no significant difference $P > 0.05$. The total milk represent 13.70% more for the COX group, $P < 0.05$. No significant changes $P > 0.05$ in milk constituents except fat $P < 0.05$. Body weight and body condition are not significant between groups $P < 0.05$. We conclude that daily administration of oxytocin increases milk production and does not affect the percentages of milk constituents except fat.

Keywords: oxytocin, production of milk, dual purpose system in the tropic.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	4
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. General.....	4
3.2. Específicos.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Definición de leche.....	5
4.2. Composición de leche.....	5
4.2.1. Agua.....	6
4.2.2. Lactosa.....	6
4.2.3. Proteína.....	7
4.2.4. Grasa.....	9
a. El glóbulo graso.....	10
b. Composición de los ácidos grasos de los triglecéridos de la grasa láctea.....	11
c. Fosfolípidos.....	11
4.2.5. Minerales.....	11
4.2.6. Vitaminas.....	13
4.3. Biosíntesis y secreción de los componentes de la leche.....	15

4.3.1. Estructura y función de las células secretoras.....	15
4.3.2. Biosíntesis.....	17
a.Lactosa.....	17
b.Lípidos.....	18
c.Proteínas.....	19
d.Minerales.....	19
4.3.3. Secreción.....	20
4.4. Producción de leche en México.....	22
4.5. Oxitocina.....	26
4.5.1. Síntesis y secreción.....	26
4.5.2. Acción de la oxitocina en la lactación.....	27
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
5.1. Sitio, manejo y alimentación de los animales.....	30
5.2. Duración de la investigación y variables de respuesta.....	30
5.3. Diseño experimental y análisis estadístico.....	31
5.4. Medición, colección y análisis de muestras.....	33
6. RESULTADOS.....	34
6.1. Paquete estadístico SAS PROC MIXED.....	34
6.2. Promedios de las características fisicoquímicas de la leche de vaca...	39
6.3. Paquete estadístico PROC GLM (SAS 2000) mediante la instrucción LSMEANS/PDIFF.....	42
7. DISCUSIÓN.....	46
8. CONCLUSIONES.....	52
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Concentración de nitrógeno en la leche de vaca.....	8
Cuadro 2.	Contenido de aminoácidos en la fracción proteica de la leche entera de vaca.....	9
Cuadro 3.	Composición lipídica media de la leche.....	10
Cuadro 4.	Porcentaje de ácidos grasos en los triglicéridos de la grasa de la leche.....	12
Cuadro 5.	Contenido mineral en leche.....	13
Cuadro 6.	Contenido de vitaminas en leche.....	14
Cuadro 7.	Composición fisicoquímica de la leche de vaca fresca.....	15
Cuadro 8.	Prueba de efectos fijos tipo 3 para grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa de la leche; así como, condición corporal, peso vivo y producción diaria de leche en el grupo conox y sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).....	34
Cuadro 9.	Prueba de efectos fijos tipo 3 para calcio, fosforo, potasio, magnesio, sodio y zinc presentes en la leche en el grupo conox y sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).....	35
Cuadro 10.	Prueba de efectos fijos tipo 3 para ác. Glutámico, alanina, serina, glicina, treonina, valina, leucina, isoleucina, y lisina presentes en la leche en el grupo conox y sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).....	35

Cuadro 11.	Prueba de efectos fijos tipo 3 para ácidos grasos (caproico, caprílico, mirístico, palmítico, esteárico, mirístico, y oleico) presentes en la leche en el grupo conox y sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).....	36
Cuadro 12.	Composición de algunos elementos de la leche de vaca F1 (Holstein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactación	40
Cuadro 13.	Cantidad de minerales (mg/l) en leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.....	41
Cuadro 14.	Cantidad y tipo de ácidos grasos analizados en leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.....	41
Cuadro 15.	Cantidad y tipo de aminoácidos en leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura básica interna de la glándula mamaria bovina.....	16
Figura 2.	Tejido secretor básico de la glándula mamaria; principales estructuras contenidas en el lobulillo.....	16
Figura 3.	Ilustración en tercera dimensión de la estructura de un alveolo asociado con el ducto y la célula mioepitelial.....	17
Figura 4.	Diagrama ilustrando las rutas para la síntesis y secreción de leche.....	21
Figura 5.	Cantidad de grasa en la leche de vaca.....	36
Figura 5.	Continuación figura 5.....	37
Figura 6.	Producción de leche vendible.....	38
Figura 6.	Continuación figura 6.....	39
Figura 7.	Comparación de algunos componentes de la leche.....	40
Figura 8.	Curva de lactación.....	43
Figura 9.	Producción de leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en el trópico con y sin efecto de oxitocina.....	44
Figura 10.	Consumo de leche por parte del becerro de vacas F1 (Holstein x Cebú) en el trópico con y sin efecto de oxitocina.....	45

1. INTRODUCCIÓN

La **leche** es un líquido muy complejo producido solamente por las hembras mamíferas. Los principales propósitos de la leche son los de proveer de nutrientes y de protección a los **animales** lactantes, hasta que sean capaces de consumir **alimentos** sólidos y su sistema inmunitario sea competente; se encuentra constituida por más de 10,000 diferentes moléculas y cada una posee un papel distinto al proveer de nutrientes (agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas) o protección inmune. Son varias las especies cuyas hembras proveen de leche a los humanos, no obstante la leche de vaca, es la que se consume en mayor volumen a nivel mundial. Existen varios factores que determinan una amplia variación en su composición (subespecie, raza, número de lactación, período de la lactación, alimentación, entre otros), pero en promedio, la leche de vaca contiene 87.5 % de agua, 3.5 % de proteínas (caseína, lactoalbúmina y lactoglobulina, entre otras), 4.5 % de lactosa, 3.5% de grasa, 0.7% de sales minerales, relativamente elevadas cantidades de vitaminas A, B y D, además de un bajo contenido de vitamina C (Homan, 2001).

En México la leche de vaca proviene de 4 modelos predominantes de producción: la lechería especializada, la semi-especializada, la familiar y la de doble propósito. En los tres primeros se utilizan razas lecheras especializadas (Holstein, Pardo Suizo y Jersey), su nivel de producción de leche es buena debido principalmente a las características raciales de las vacas y al tipo de alimentación (concentrados, suplementos alimenticios, entre otros). La producción promedio para las empresas especializadas es de 30 litros aproximadamente, las semiespecializadas 25 litros y las de establos familiares de 6 litros diarios en promedio (SAGARPA, 2005). La lechería especializada se caracteriza por su alta tecnificación y especialización, las semi-especializada con un grado de tecnificación menor que la primera y la familiar, constituida por unidades de producción relativamente pequeñas y diversificadas, cuya mano de obra es casi exclusivamente de origen familiar (García, 2003; Pius 1997). El modelo de doble propósito es más complejo y heterogéneo, se utiliza como base de las líneas maternas al ganado cebú (*Bos indicus*) para el cruzamiento con sementales de razas europeas (*Bos taurus*), a fin de que la descendencia herede de las primeras la resistencia a las condiciones climatológicas y sanitarias de la zona y, de los

segundos, la precocidad y elevado potencial de producción lechera. La principal característica de las empresas bovinas de doble propósito es la producción simultáneamente de leche y becerros para el abasto, cuya alimentación se basa en pastoreo de gramíneas; las vacas son ordeñadas obteniendo leche para el consumo humano y amamantan al becerro. De manera irregular, en tiempo y forma, se utilizan complementos alimenticios elaborados con subproductos agroindustriales locales (Basurto, 2008). La cruce de bovinos (*Bos taurus* x *Bos indicus*), por su influencia genética cebuína retiene cantidades variables de leche residual en cada ordeño; por tal motivo, tradicionalmente se ordeña utilizando al becerro como apoyo para estimular la eyección completa de la leche (Murugaiyah *et al.*, 2001 y Acosta, 1997). La modernización y en particular la mecanización del ordeño, ha traído consigo la eliminación de la práctica tradicional de usar al becerro para estimular la eyección de la leche; sin embargo, el no utilizar al becerro como apoyo, ha ocasionado que disminuya la cantidad de leche ordeñada. Lo anterior ha generado que uno de los procedimientos más utilizados actualmente para estimular la expulsión de la leche en volúmenes adecuados sin presencia del becerro consista en inyectar oxitocina antes de cada ordeño (Villa *et al.*, 2003, Basurto, 2008).

Aunque la glándula mamaria responde aun a cantidades relativamente pequeñas de oxitocina, se ha propuesto que se requiere la administración de elevadas dosis de la hormona para lograr una eficiente extracción de la leche a lo largo del ordeño (Gorewit, 1984 y Bruckmaier, 1998). Se ha documentado que la oxitocina incrementa el contenido de grasa y disminuye el de proteína en vacas especializadas en la producción de leche (Adams, 1952; Sagí, 1980; Gorewit, 1984), así como también causa un incremento en la cantidad de leche producida diariamente, de 10 a 12% (Nostrand, 1991; Knight, 1994).

La mayor parte de la literatura que se ha generado es en sistemas de producción intensivas de vacas especializadas en la producción de leche, situaciones un tanto diferentes a las que prevalecen en el doble propósito en el trópico, en donde el manejo, la alimentación y la raza son particulares y pueden tener una interacción en la cantidad y calidad de leche producida. Palomera (2007) y Taboada (2005), realizaron estudios en el trópico mexicano los cuales han proporcionado evidencias sobre los efectos de la oxitocina en la cantidad de leche producida; la aplicación de oxitocina incrementa la cantidad de leche vendible bajo

condiciones de ordeño a mano o mecánica en comparación con otras formas de estimular la eyección de la leche. Los componentes reflejan una disminución en el porcentaje de proteína y un incremento en grasa; sin embargo, no se informan cambios en cuanto a lactosa y cenizas.

La información disponible en la literatura es fraccionada, ya que se han hecho investigaciones en el primer tercio de la lactación, no obstante, es indispensable conocer lo que realmente ocurre durante toda la lactación; ya que los productores inyectan oxitocina a sus vacas durante todo este periodo y se desconocen los efectos en la cantidad y calidad de la leche producida en sistemas de doble propósito en pastoreo en el trópico mexicano. En el presente trabajo se estudió la cantidad de leche producida durante toda la lactancia, la duración de la misma, el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos; las concentraciones de los macro y microminerales (calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, zinc y hierro, así como el contenido de los diferentes ácidos grasos y aminoácidos.

2. HIPOTESIS

Se consideran las siguientes hipótesis en vacas de un sistema de doble propósito del trópico mexicano:

La aplicación de oxitocina aumenta la producción de leche.

La curva de lactación se prolonga con la aplicación de oxitocina.

La concentración relativa de los principales componentes lácteos aumenta con la aplicación de oxitocina.

Las variaciones en peso vivo y condición corporal durante la lactación son modificadas por la oxitocina.

Los becerros consumen menos leche al aplicar oxitocina a las vacas.

3. OBJETIVOS

GENERAL:

Determinar los efectos de la aplicación diaria de oxitocina sobre la cantidad y calidad de leche en vacas de doble propósito, así como los cambios en su peso vivo y condición corporal en condiciones de pastoreo en el trópico húmedo mexicano.

ESPECÍFICOS:

En vacas de un sistema de doble propósito del trópico mexicano que recibirán oxitocina antes de cada ordeño:

- Determinar la producción de leche.
- Determinar la duración de la lactación.
- Cuantificar las concentraciones de los principales componentes de la leche.
- Registrar las variaciones en el peso vivo y condición corporal de las vacas.
- Estimar la cantidad de leche consumida por los becerros durante el periodo de amamantamiento restringido en vacas con y sin oxitocina.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Definición de la leche

La leche es la única materia proporcionada por la naturaleza para servir exclusivamente como fuente de alimentación en los mamíferos recién nacidos, cuya finalidad principal es la de proveer de nutrientes y de protección a la cría durante su crecimiento hasta que sea capaz de consumir alimentos sólidos (Homan, 2001). La leche ha sido un alimento de gran importancia para la inmensa mayoría de las civilizaciones desde la domesticación de los animales y el comienzo de la agricultura, también es el alimento de origen animal más versátil y forma parte de la dieta en muchas formas físicas diferentes (Alan, 1995 y Haroldo, 2001). Por lo tanto, un factor fundamental que influye en el valor y la aceptación universal de la leche es la imagen que ésta presenta: la de una posibilidad nutricional no superada por ningún otro alimento utilizado por el hombre (Homan, 2001). Datos de la FAO (2001) indican que la leche cubre más del 20% de las necesidades energéticas, 25% de las proteínas y del 50% del calcio de la población en países desarrollados. La situación para los países de economías emergentes (en donde México está presente) es precaria, ya que el consumo per-cápita del país se encuentra a menos de la mitad (40 L/año) en comparación con el de países desarrollados.

Se entiende como leche al producto integral del ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene que da la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación. Esto además, sin aditivos de ninguna especie. Agregado a esto, se considera leche, a la que se obtiene fuera del período de parto (Valencia, 2008).

4.2. Composición de la leche

Una de las propiedades fundamentales de la leche es la de ser una mezcla, tanto física como químicamente, de sustancias definidas como agua, grasas, proteínas, azúcares (lactosa), minerales, vitaminas y algunas sustancias presentes en menor concentración, como son: enzimas, nucleótidos, lecitinas y gases disueltos, su olor es poco característico, pero si la

ración contiene compuestos aromáticos puede adquirir olores anormales (Lacasa, 1985 y Rubalcava, 1994)

4.2.1 Agua:

El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua es el nutriente requerido en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90%. La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por el torrente sanguíneo (Córdoba, 2005).

La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo (Córdoba, 2005).

4.2.2 Lactosa:

La lactosa es el principal constituyente sólido de la leche, la concentración varía entre 4.2 y 5%, el contenido de lactosa generalmente es más bajo al final de la lactación y en la leche de animales con mastitis. Es un disacárido constituido por dos moléculas, una de α -D-glucosa y una de β -D-galactosa (Alan, 1995).

La lactosa influye sobre todo en las propiedades asociativas de la leche, en la presión osmótica, el descenso de punto de congelación y el incremento de punto de ebullición; es una importante fuente de energía y puede facilitar la absorción de calcio, a pesar de que la lactosa es un azúcar, no se percibe por el sabor dulce. La lactosa por ejemplo, determina en un 50% la presión osmótica de la leche. Los cambios en el contenido de lactosa se asocian con cambios paralelos en el contenido de constituyentes hidrosolubles, especialmente sodio y cloro (Alan, 1995 y Córdoba, 2005).

La concentración de lactosa es similar en todas las razas de bovinos y no se puede alterar fácilmente con prácticas de alimentación (Córdoba, 2005).

4.2.3 Proteína:

La concentración de proteínas en la leche de vaca varía de 3 a 4% (Córdoba, 2005). Las proteínas de la leche son de dos tipos: proteínas del lactosuero y caseínas. Las caseínas constituyen más del 80% de las proteínas totales de la leche, aunque la proporción relativa de proteínas del lactosuero frente a caseínas varía según el estado de lactación. La leche producida en los primeros días después del parto y hacia el final de la lactación tiene un contenido de proteínas del suero mucho mayor que la leche de mitad de lactación. Este incremento está acompañado de niveles elevados de proteínas del suero sanguíneo (Alan, 1995).

Las caseínas de la leche se pueden subdividir básicamente en 5 tipos, caseínas α_{s1} , α_{s2} , β , γ y κ (Alan, 1995). Comparadas con otras proteínas las caseínas son ricas en prolina y ácido glutámico; y menores cantidades de glicina y asparagina. Están fuertemente asociadas con la familia de las caseínas micelares; las micelas que son una fuente de aminoácidos no solo aportan a estos; si no que por su estructura coloidal, permite el transporte de grandes cantidades de calcio y en una menor proporción fósforo, citrato y manganeso (Schmidt, 1971).

Las proteínas del lactosuero comprenden 2 tipos de proteínas nativas: β -lactoglobulina y α -lactalbúmina; la fracción proteosa-peptona (derivada de la hidrólisis de la caseína β) y pequeñas cantidades de proteínas de origen sanguíneo (lactoferrina y transferrina) e inmunoglobulinas (Alan, 1995). La distribución varía entre especies, ya que la α -lactalbúmina es ampliamente distribuida, pero la β -lactoglobulina está presente en los rumiantes y esencialmente ausente en los humanos, ratas y cerdos. De ahí que muchas de las alergias a la proteína de la leche se vean asociadas con la β -lactoglobulina. La β -lactoglobulina se encuentra en más del 50% de las proteínas del lactosuero (Schmidt, 1971).

Entre la caseína, la β -lactoglobulina y α -lactalbúmina dan cuenta del 90-95% de la proteína de la leche. Las tres citadas proteínas son sintetizadas en la ubre. La seroalbumina inmunoglobulinas y la caseína γ no son sintetizadas en ella (Schmidt, 1971). En el cuadro 1 se muestra la cantidad de las proteínas presentes en la leche.

Las proteínas de la leche son relevantes en la nutrición pero no tienen otro rol biológico importante; en contraste la α -lactalbúmina que es la segunda proteína más abundante de las proteínas del lactosuero es esencial en la síntesis de lactosa en la glándula mamaria (Schmidt, 1971).

Los bloques que constituyen todas las proteínas son los aminoácidos (cuadro 2). El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético y le otorga a la proteína una conformación única; posteriormente la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica (Córdoba, 2005).

Cuadro 1. Concentración de nitrógeno en la leche de vaca

	Gramos/litro	% de nitrógeno total
Proteínas total	33	100
Caseínas totales	26	76
Alpha S1	10	28.4
Alpha S2	2.6	8.0
Beta	9.3	28.4
Kappa	3.3	11.2
Proteínas del suero totales	7.0	18
Alpha lactoalbúmina	1.2	3.7
Beta lactoglobulina	3.2	7.8
BSA	0.4	1.2
Inmunoglobúlinas	0.7	2.5
Proteosa peptona	0.8	2.8
Nitrógeno no proteico		6.0

Fuente: Ikonen et al; (1995)

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos de la fracción proteica de la leche entera de vaca

Aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína)		Aminoácidos no esenciales (g/100 g de proteína)	
Arginina	3.6	Alanina	3.6
Histidina	2.7	Ácido aspártico	7.2
Isoleucina	5.6	Cistina	0.7
Leucina	9.7	Ácido glutámico	23.0
Lisina	7.9	Glicocola	2.0
Metionina	2.5	Prolina	9.2
Fenilalanina	5.2	Serina	5.8
Treonina	4.6	Tirosina	5.1
Triptófano	1.3		
Valina	6.6		

Fuente: Block y Weiss (1956)

4.2.4 Grasa:

La grasa es uno de los componentes más abundantes y el más variable, normalmente constituye desde el 3.5% a 6% de la leche (Schmidt, 1971 y Córdoba, 2005). Su riqueza y composición se ven más influidos que los de las otras fracciones por la nutrición y las condiciones ambientales. Si se compara la composición de leche de individuos entre especie, el porcentaje de los componentes mayoritarios que más varía es el de la grasa; igualmente el porcentaje y la composición de la grasa de la leche es muy variable entre las mismas especies (Schmidt, 1971).

La grasa de la leche tiene una composición compleja. Entre los componentes predominan los triglicéridos, que constituyen el 98% de la grasa láctea y se encuentran en pequeñas

cantidades de di- y monoglicéridos y ácidos grasos libres. También hay cantidades mensurables de fosfolípidos, colesterol, ésteres de colesterol y cerebrósidos (cuadro 3). Otros componentes se encuentran sólo en cantidades muy pequeñas, pero pueden ser importantes en las propiedades organolépticas o desde el punto de vista nutritivo como las vitaminas liposolubles (A, D, E), junto con pequeñas cantidades de vitamina K, los compuestos responsables del aroma y sabor como aldehídos, cetonas, lactonas y los pigmentos carotenoides (Alan, 1995).

Cuadro 3. Composición lipídica media de la leche

Lípido	% de peso
Triglicéridos	97-98
Diglicéridos	0.3-0.6
Monoglicéridos	0.02-0.04
Ácidos grasos libres	0.1-0.4
Esteres libres	0.2-0.4
Esteres de colesterol	Sólo trazas
Fosfolípidos	0.2-1.0
Hidrocarburos	Sólo trazas

Fuente: Alan (1995).

a. El glóbulo graso

En la leche las moléculas lipídicas se asocian para formar grandes glóbulos esféricos que están rodeados por una capa rica en fosfolípidos, la membrana del glóbulo graso la cual deriva de la membrana plasmática apical durante la secreción de la leche. El diámetro de los glóbulos grasos varía desde 1 μm hasta 12 μm , con un diámetro medio aproximado de 3 μm . La membrana de los glóbulos grasos estabiliza los lípidos hidrófobos en el plasma acuoso de la leche. Aproximadamente el 60% de los fosfolípidos y el 85% del colesterol de la leche se localizan en la membrana, que también contiene cantidades elevadas de algunas enzimas lácteas como fosfatasa alcalina y xantín oxidasa. La composición lipídica de la

membrana del glóbulo graso es similar a la de la membrana plasmática, aunque la composición se modifica con el envejecimiento de la leche (Alan, 1995).

b. Composición de los ácidos grasos de los triglicéridos de la grasa láctea

La composición de los ácidos grasos de los triglicéridos de la leche es extremadamente compleja y se han identificado varios centenares de ácidos grasos, aunque solamente 15 ácidos grasos suponen el 95% de los presentes en los triglicéridos, mientras que el resto solo se encuentra en cantidades muy pequeñas. Todas las grasas lácteas bovinas comprenden el mismo espectro de 8 ácidos grasos saturados de número par de átomos de carbono (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 14:0, 16:0, 18:0); dos ácidos grasos con número impar de carbonos (15:0, 17:0); poli-insaturados (18:2 y 18:3); y tres ácidos grasos mono-insaturados (14:1, 16:1, 18:1). (Schmidt, 1971 y Alan, 1995).

En condiciones normales los ácidos grasos saturados suponen el 70% de contenido total de ácidos grasos (en peso) los mono-insaturados suponen el 27% y poli-insaturados sólo el 3% (Alan 1995). El cuadro 4 muestra el porcentaje de ácidos grasos en los triglicéridos de la grasa de la leche.

c. Fosfolípidos

Los fosfolípidos se encuentran fundamentalmente en la membrana de los glóbulos grasos. Los ácidos grasos de los fosfolípidos tienen un origen diferente de los de las otras grasas lácteas, suelen tener una mayor proporción de insaturados y son de cadena más larga (Alan, 1995).

4.2.5 Minerales:

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante (Córdova, 2005). Los minerales se encuentran en una proporción que varía de 3% a 12% (Lacasa, 1985). Los compuestos minerales más importantes en la leche son los bicarbonatos, cloruros y citratos de calcio y los elementos magnesio, fósforo, potasio, y sodio. Todos los minerales se distribuyen entre una fase soluble y una fase

coloidal y mientras los iones monovalentes se encuentran en gran parte o en su totalidad en la fase soluble, hasta dos terceras partes de calcio, la mitad del fosfato inorgánico, una tercera parte de magnesio y cerca del 90% del citrato se encuentran en la fase coloidal. En la leche estos iones juegan un papel importante en la estructura y estabilidad de las micelas de caseína (Gaucheron, 2005).

Cuadro 4. Porcentaje de ácidos grasos en los triglicéridos de la grasa de la leche

Ácidos grasos	Longitud de cadena	% molar de triglicéridos
Saturados		
Butírico	4:0	4.43
Caproico	6:0	2.31
Caprílico	8:0	1.72
Cáprico	10:0	3.42
Láurico	12:0	3.83
Mirístico	14:0	12.13
Pentadecanoico	15:0	1.22
Palmítico	16:0	33.35
Esteárico	18:0	9.97
Mono-insaturados		
Mirístoleico	14:1	1.08
Palmitoleico	16:1	1.43
Oleico	18:1	19.41
Poli-insaturados		
Linoleico	18:2	2.18
Linolenico	18:3	0.62
SATURADOS		69.38
MONO-INSATURADOS		27.73
POLI-INSATURADOS		2.89

Fuente: Soyeurt et al. (2006)

A pesar de que el contenido mineral es muy amplio (Cuadro 5) desde el punto de vista nutricional el calcio y el fosforo tienen la mayor importancia (Hurley, 200).

El contenido mineral de la leche es estable y solo se reportan cambios sustanciales en el caso de los electrolitos, afectados por el estado de la lactancia donde el contenido de estos elementos varía un poco, excepto para el magnesio. El contenido de potasio desciende regularmente hasta el final de la lactación, las variaciones de fosforo y calcio son menos evidentes y el sodio se eleva al final de la misma (Lacasa, 1985). También se encuentran cambios por enfermedades como la mastitis o cuando ocurren alteraciones en el tejido mamario (Hurley, 2000).

Cuadro 5. Contenido mineral en leche

Macro-mineral	Contenido por litro de leche
Sodio (mg)	350-900
Potasio (mg)	1100-1700
Cloruro (mg)	900-1100
Calcio (mg)	1100-1400
Magnesio (mg)	90-140
Fósforo (mg)	900-1000
Micro-mineral	
Hierro (µg)	300-600
Zinc (µg)	2000-3000
Yodo (µg)	260
Flúor (µg)	30-220
Selenio (µg)	5-67
Cromo (µg)	8-13

Fuente: Hurley (2000)

4.2.6 Vitaminas:

Las vitaminas son sustancias orgánicas esenciales para todos los procesos bioquímicos del organismo animal. La leche contiene las vitaminas liposolubles tales como Vitamina A, D, E y K. En el caso de los rumiantes, la vitamina A se deriva del retinol y de los β carotenos

obtenidos de los pastos y forrajes con la alimentación (Combellas, 1998). La leche es una importante **fuentes** de vitaminas hidrosolubles, entre ellas: tiamina (B₁), riboflavina (B₂), piridoxina (B₆), cianocobalamina (B₁₂), niacina, ácido pantoténico, biotina, y ácido fólico; también pequeñas cantidades de Vitamina C (ácido ascórbico); el contenido de vitaminas en la leche se muestra en el Cuadro 6. El porcentaje de las vitaminas en la leche se modifica mucho por pérdidas durante el procesado y almacenamiento (Fox, 1992).

Cuadro 6. Contenido de vitaminas en leche

Vitaminas	Contenido por litro de leche
A (µg)	400
D (UI)	40
E (µg)	1000
K (µg)	50
B1 (µg)	450
B2 (µg)	1750
Niacina (µg)	900
B6 (µg)	500
Ácido pantoténico (µg)	3500
Biotina (µg)	35
Ácido fólico (µg)	55
B12 (µg)	4.5
C (mg)	20

Fuente: Fox (1992)

En la leche la cantidad de los diferentes componentes puede variar por diferentes causas, entre ellas se pueden citar diferencias entre especie y dentro de la misma especie los efectos relacionados con la raza, intervalo entre ordeño, cuartos de la ubre, estaciones climáticas, alimentación, enfermedades, temperatura ambiental, edad, etc. (Lucy, 2002). Para fines de estandarización la composición porcentual promedio de la leche de vaca se muestra en la Cuadro 7.

Cuadro 7. Composición físico-química de la leche de vaca fresca

Componente	%
Agua	85.5 - 88.7
Grasa	2.4 - 5.5
Proteína	2.8 - 3.3
Lactosa	4.2-5.0
Sólidos no grasos	7.6 – 10
Minerales	0.75
Vitaminas	Trazas

Fuente: Adaptado de Hurley (2000), NMX-F-700-COFOCALEC-(2004).

4.3 Biosíntesis y secreción de los componentes de la leche

La glándula mamaria pudiera denominarse como una inusual glándula exocrina modificada. Los productos provenientes de ella son una compleja mezcla; secretados de manera apocrina y merocrina. Otros componentes son derivados por el paso de moléculas solubles a través de vías transcelulares y algunas veces paracelulares. Fisiológicamente la leche es una solución compleja de sales, carbohidratos, componentes micelares con dispersión de proteínas de caseínas y glóbulos grasos (Akers, 2002).

4.3.1 Estructura y función de las células secretoras:

El tejido secretor básico de la glándula mamaria está formado por alveolos. Los alveolos se agrupan en lobulillos que evacuan a través de un conducto común (ducto intra-lobulillar) y están encapsulados por tejido conectivo; al grupo de lobulillos se les conoce como lóbulo, los cuales se unen con otros lóbulos a través de ductos inter-lobulillares que; a su vez, desembocan en un ducto principal hasta la cisterna de la glándula mamaria y

posteriormente a la cisterna del pezón; a este conjunto integral se le denominada glándula mamaria (Schmidt, 1971), (Figura 1).

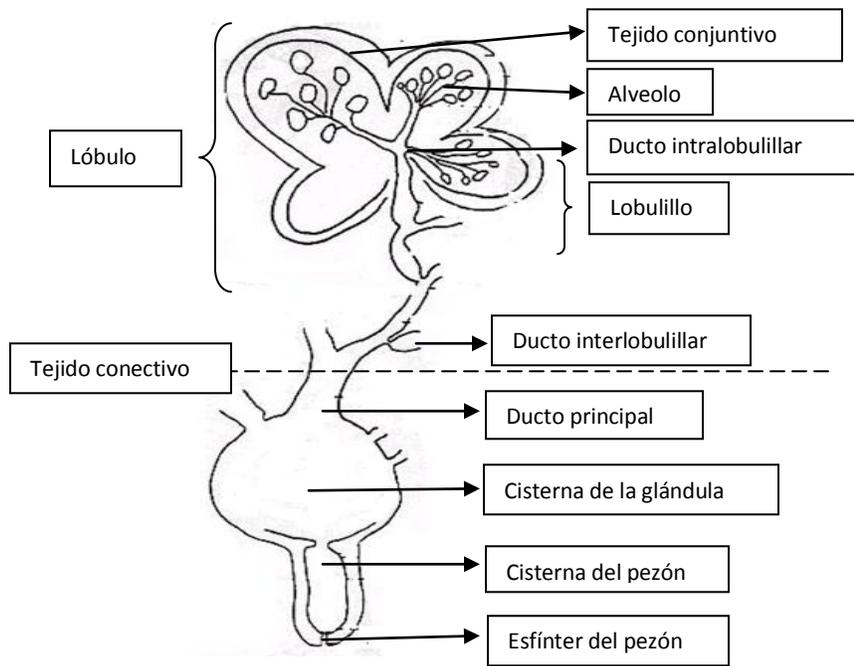


Figura 1. Estructura básica interna de la glándula mamaria bovina. Modificado de Schmidt (1971)

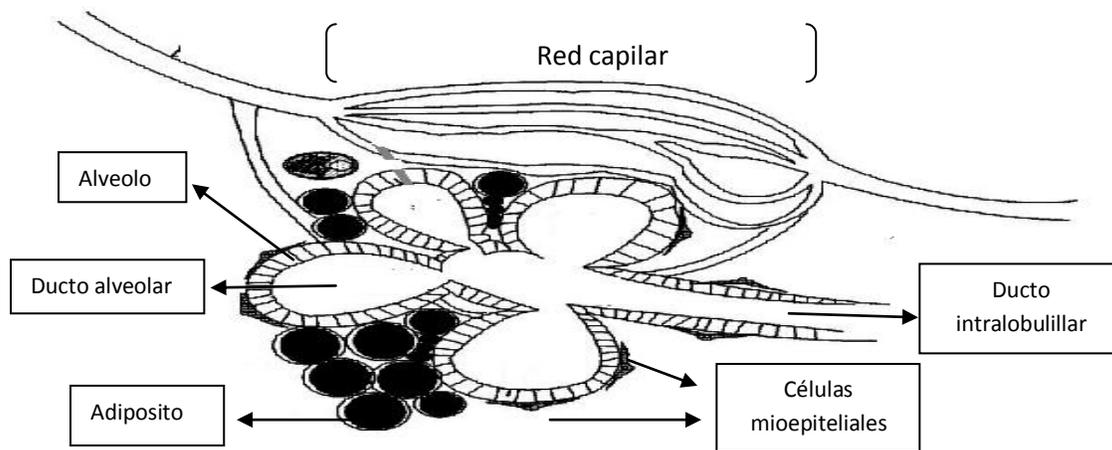


Figura 2. Tejido secretor básico de la glándula mamaria; principales estructuras contenidas en el lobulillo. Modificado de Schmidt (1971).

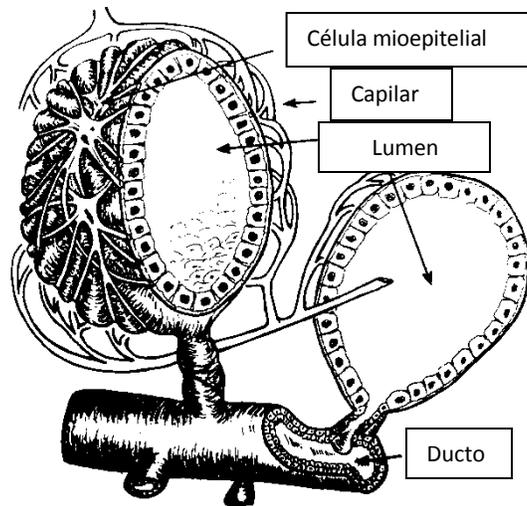


Figura 3. Ilustración en tercera dimensión de la estructura de un alveolo asociado con el ducto y la célula mioepitelial. Tomada de Akers (2002).

Un alveolo consta de una sola capa de células epiteliales que absorben de la sangre los precursores de la leche, segregan los componentes de ésta y los liberan al lumen alveolar. Las células epiteliales yacen sobre una membrana basal, entre la membrana basal y las células epiteliales se encuentran las células mioepiteliales (Figura 2 y 3) que participan en la contracción de los alveolos al entremezclarse en la membrana plasmática basal y la lámina basal, efectuando el proceso de eyección de la leche (Schmidt, 1971 y Akers, 2002).

4.3.2 Biosíntesis

a. Lactosa:

Su principal origen está en la glucosa de la sangre; el tejido mamario la isomeriza en galactosa y la liga a un resto de glucosa para formar la molécula de lactosa. La isomerización se hace mediante el paso de formas intermediarias: glucosa-fosfato, UDP-glucosa (uridina-difosfato), UTP-glucosa (uridina-trifosfato) y P-P (pirofosfato). La condensación hace intervenir a una enzima: la lactosa sintetasa, que está constituida por dos partes, una de las cuales es la α -lactalbúmina y galactosil transferasa (Alan, 1995; Akers, 2002 y McManaman, 2003).

La ruta para la síntesis de lactosa está constituida generalmente por tres pasos:

- (1) UTP + glucosa → UDP-glucosa + P-P
- (2) UDP-glucosa → UDP-galactosa
- (3) UDP-galactosa + glucosa → lactosa + UDP

La glándula mamaria también puede realizar la síntesis de lactosa a partir de los ácidos grasos volátiles, aunque el porcentaje de lactosa producida de esta manera es solo de alrededor de un 10% (Alan, 1995).

b. Lípidos:

La mayor parte de la grasa de la leche está compuesta por triglicéridos, pero particularmente los ácidos grasos son altamente variables, estos proceden en parte del torrente sanguíneo, pero otra cantidad se sintetiza en la glándula mamaria a partir de moléculas pequeñas (Alan, 1995 y Akers, 2002). Las tres fuentes de ácidos grasos en la leche son: (1) glucosa vía conversión a piruvato, citrato y acetil CoA en el citoplasma (2) hidrólisis de los quilomicrones de la dieta, y (3) síntesis de novo entre las células mamarias de las fuentes no glucosídicas (Akers, 2002 y Rudolph, 2007). En los rumiantes, el acetato y el β -hidroxibutirato son los precursores más importantes de síntesis, la glucosa la activa pero no es un buen precursor por sí misma (Alan, 1995). Se estima que, en los rumiantes, la mitad de los ácidos grasos de la leche son derivados de la dieta, de donde proceden cadenas carbonadas de más de 14C; incluyendo la mayoría de los ácidos grasos de 18C y alrededor del 30% de los ácidos grasos de 16C. Las cadenas cortas de ácidos grasos son principalmente derivados de la síntesis de novo, donde sus precursores son el acetato y β -hidroxibutirato; este último, aparece en los primeros cuatro carbonos de la mayoría de los ácidos grasos creados en las células, o esta molécula es fraccionada en dos carbonos para ser usados como acetil CoA. La mayoría de los tejidos que sintetizan grasa producen mayormente ácido palmítico; sin embargo, la presencia de la enzima thioesterasa II en el tejido mamario induce la síntesis de más ácido grasos de cadena mediana y menos de cadena corta (Mather y Keenam, 1998; Akers, 2002 y Rudolph, 2007).

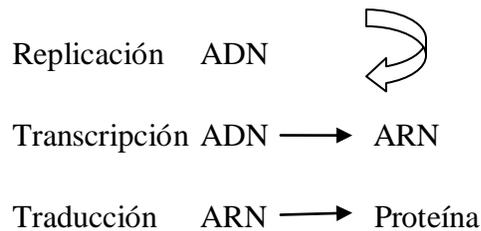
Parodi (1999), se ha enfocado al estudio del ácido linoleico (ácido graso esencial para el ser humano) o el llamado ácido linoleico conjugado (ALC), ya que se ha demostrado que tiene

importantes beneficios para la salud humana, que incluyen la inhibición de carcinogénesis, reducción de la aterosclerosis y prevención de la diabetes. La leche y los productos derivados de ella son una fuente primaria de ALC en la dieta de los humanos. La manipulación de la dieta en las vacas adicionando alimentos ricos en aceites aumenta el contenido de ALC; animales en pastoreo también tienen mayores cantidades de ALC en la grasa de la leche (Kelly, 1998).

c. Proteínas:

Si bien las proteínas en leche pueden originarse de varias fuentes, las inmunoglobulinas y otras proteínas son transportadas desde el torrente sanguíneo, o derivan de secreciones apocrinas. Estas proteínas específicas de la leche incluyen a las caseínas y las proteínas del suero (Akers, 2002).

La síntesis proteica tiene lugar en la célula epitelial y es controlada por genes, formados de material genético y ácido desoxiribonucleico (ADN). La secuencia de la síntesis proteica incluye la replicación del ADN, la transcripción del ácido ribonucleico a partir del ADN y la traducción, que es la formación de la proteína de acuerdo con la información contenida en el ARN (Schmidt, 1971).



d. Minerales:

La mayoría de los minerales proceden de la dieta o de la fermentación bacteriana del rumen. Los fosfatos inorgánicos y el de la caseína de la leche proceden del fosfato inorgánico del plasma sanguíneo. El calcio de la leche procede también del plasma sanguíneo que tiene a su vez su origen en los alimentos y el esqueleto. El calcio sanguíneo se encuentra en equilibrio con el del esqueleto. En general resulta difícil aumentar el contenido en calcio de la leche incrementando el del alimento, en virtud del equilibrio citado. Si se aumenta la tasa de vitamina D en la dieta se incrementa la absorción de calcio

a partir del tracto intestinal, pero no aumenta por eso el contenido en calcio de la leche (Schmidt, 1971).

4.3.3 Secreción

Cada célula del epitelio mamario produce leche, cuyos componentes se secretan o transportan por 5 vías diferentes: exocitosis (I), síntesis y secreción de lípidos (II), transporte a través de la membrana apical (III), trancitosis (IV) y paracelular (V) (Shennam, 2000 y Akers, 2002).

Al iniciarse en el núcleo la síntesis de RNAm específico para las proteínas de la leche; las moléculas de proteínas son modificadas en el aparato de Golgi (GA) hasta formar parte de una vesícula secretora (SV). La vía I, o exocitosis que es el proceso celular por el cual las SV situadas en el **citoplasma** se fusionan con la membrana citoplasmática para formar cadenas de secreción (SV2) o fusionarse y ponerse en libertad con una doble membrana micelar (SV3) para ser liberadas. En el mismo aparato de Golgi se sintetiza la lactosa, la que atrae agua hacia la célula. Ahí también se forman las micelas de caseína (CM), ligadas a Ca, Zn, Fe y Cu. Todo el contenido avanza en las SV hacia la membrana plasmática del lumen alveolar descargándose en exocitosis. La vía II es la que usan los lípidos. Los triglicéridos sintetizados en el retículo endoplásmico rugoso (RER) a partir de ácidos grasos y glicerol. Estas gotitas de lípidos (LD) son envueltas por la membrana plasmática (PM), protruidas desde las células (LD1), son lanzadas fuera (LD2), y luego secretadas dentro del lumen (LD3). También es posible que las SV puedan fusionarse alrededor de las gotitas de lípidos pudiendo ser liberadas vía secreción de vacuolas unidas. La vía III, de transporte a través de la membrana apical, es la que usan el sodio, potasio, cloro, algunos monosacáridos y el agua, pero no es usada por el calcio, fosfato ni citrato. La vía IV permite el paso de proteínas intactas entre las que se encuentran la IgA, insulina, prolactina, factores de crecimiento y otras hormonas que son transportadas del plasma hacia la leche. La vía V es el paso de sustancias entre las células. Esta vía se observa durante la preñez, durante episodios de mastitis o durante el período de destete, pero no está presente durante la lactancia ya que las células se unen estrechamente (Shennam, 2000 y Akers, 2002). (Figura 4).

Una vez iniciada la secreción de leche continua más o menos constantemente a lo largo de la lactación, la leche es almacenada entre el lumen del alveolo y la cisterna de la glándula hasta que es removida por la succión de la cría o de la maquina ordeñadora (Figura 4). (Akers, 2002).

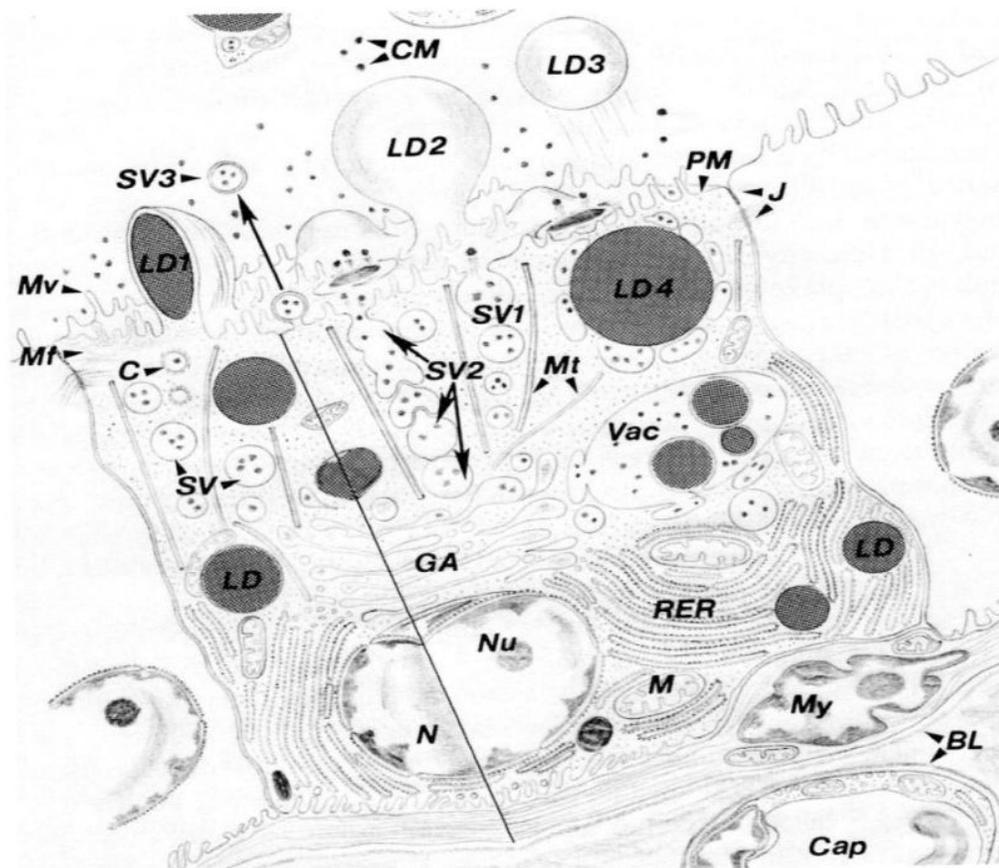


Figura 4. Diagrama ilustrando las rutas para la síntesis y secreción de leche.

Los precursores de la leche en los capilares (Cap) son transportados a través de las células endoteliales y la lámina basal (BL) a lo largo del tejido conectivo inter-alveolar. Los nutrientes pasan a través de la BL alveolar y/o el mioepitelio (My) dirigiéndose hasta la membrana plasmática (PM) o permaneciendo en el citoplasma para la formación de otros

compuestos. Otras estructuras incluidas son: mitocondrias (M), núcleo (N), nucléolo (Nu), microtubulos (Mt), microfilamentos (Mf), microvellosidades (Mv), vesículas cubiertas (C), y uniones estrechas (J). Diagrama modificado de Akers y Nickerson (2002).

4.4 Producción de leche en México

La ganadería en México es una actividad agropecuaria importante; ocupa más del 50% del territorio nacional y mantiene cerca de 32 millones de cabezas de ganado bovino; de las cuales 9 millones corresponden al ganado bovino productor de leche. Durante el año 2003 la producción de leche ascendió a 10,000 millones de litros (SAGARPA, 2004^a).

La ganadería lechera de México está distribuida en diferentes regiones agroecológicas y cuencas lecheras que difieren en tecnificación (intensificación, niveles y costos de producción) estas dependen de la utilización de razas lecheras especializadas (Holstein, Pardo Suizo y Jersey) o vacas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*). Estas últimas están ubicadas en los sistemas de doble propósito establecidos en el trópico mexicano (CONARGEN, 2000).

El aporte de los diferentes sistemas a la producción lechera nacional en el año 2003 fue:

Especializado	50.3%
Semi-especializado	21.3%
Familiar	9.8%
Doble propósito	18.3%

Los tres primeros sistemas se desarrollan en las zonas templada, árida y semiárida del territorio mexicano; manejando razas lecheras especializadas, mientras que el último con cruces de razas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) estableciéndose en zonas tropicales de México

(García, 2003). Los sistemas especializados están bajo estabulación, usan forrajes cosechados bajo riego, fertilización y concentrados; algo que los caracteriza es que son manejados con criterios empresariales. Los sistemas semi-especializados al igual que el sistema especializado están bajo pastoreo con riego, fertilización y concentrados pero difieren en tecnificación, producción y número de animales. En el sistema familiar las unidades de producción son relativamente pequeñas y se encuentran diversificadas, la mano de obra es exclusivamente familiar, pastorean forrajes o rastrojos de maíz o sorgo y reciben un suplemento a base de subproductos. El nivel de intensificación (mayor producción por unidad de superficie) es más alta en los sistemas especializados, seguidos por el semi-especializado y familiar; en el de doble propósito es primordialmente extensivo (Pius, 1997 y Magaña, 2006).

El modelo de doble propósito es más complejo y heterogéneo que los otros tres sistemas, las zonas tropicales de México (seca y húmeda), son regiones propicias para que se asiente el sistema de doble propósito; este tiene una ventaja con respecto a los sistemas ubicados en las zonas templada, árida, semiárida, que es la abundancia de agua y suelos para el cultivo (Aguilar et al., 1998). La principal característica es la producción simultáneamente de leche y carne en pastoreo; leche para el consumo humano donde el ordeño se realiza con o sin el estímulo del becerro, por diferentes periodos de tiempo, y la venta de becerros al destete. En los sistemas de producción bovina de doble propósito, la alimentación se basa en el pastoreo de gramas nativas con o sin la introducción de forrajes con mayor calidad nutricional; ya sean gramíneas o leguminosas; eventualmente se emplea la utilización de complementos alimenticios elaborados con subproductos agroindustriales locales (CONARGEN, 2000 y Magaña, 2006).

La región comprende aproximadamente el 25% del territorio nacional (INEGI, 2004), involucra al 60% de las 9 millones de vacas que se ordeñan en México (Magaña, 2006). No obstante, este tipo de sistema se ha calificado de ineficiente; puesto que del total de vacas que se ordeñan (4 a 5 millones), solo aportan cerca del 18% del total de la leche producida (García, 2003); sin embargo, su rentabilidad ha permitido su persistencia a lo largo del tiempo (Rivas y Holmann, 2002). Aluja y Castillo (1991) y Román (2001) señalan el potencial que esta región y su ganado tiene para aumentar la producción por vaca al año o

por unidad de superficie la cual puede incrementarse en más del 40% en la producción nacional, si las otras aportaciones se mantienen constantes.

En esta ganadería, la base genética predominante corresponde al tipo Cebú (*Bos indicus*), de donde se han realizado distintos grados de cruzamiento con ganado de origen europeo (*Bos taurus*) en busca de híbridos que hereden del *B. indicus* la rusticidad y resistencia a las condiciones climatológicas y a ciertas enfermedades características del trópico como anaplasmosis y piroplasmosis; y que además, hereden del *B. taurus* la precocidad y alta producción en pastoreo (Basurto, 1992; Acosta et al., 1997). Las condiciones climatológicas prevalecientes del trópico mexicano (elevadas temperatura ambiental y humedad relativa), afecta el **metabolismo** del ganado *Bos taurus*, cuyas alteraciones endocrinas causan disturbios en el consumo de alimento; provocando en consecuencia disminución en: ritmo de crecimiento, ganancia de peso, producción de leche (una cuarta parte de lo producido en zonas templadas), fertilidad, eficiencia reproductiva, vida útil; con lo cual se eleva el costo de mantenimiento al grado de hacer insostenible la operación (Carbajal et al., 2002). En contraste, el ganado Cebú (*Bos indicus*) presenta una mayor adaptabilidad a la elevada temperatura ambiental y humedad relativa que caracterizan al trópico, así como una mayor resistencia a las enfermedades de la zona; sin embargo, sus índices de crecimiento, eficiencia reproductiva y producción de leche, se consideran sub-óptimos desde un punto de vista zootécnico (Basurto, 1992; Acosta et al., 1996 y Osorio, 2008). De tal suerte que, una de las alternativas con mayores posibilidades de éxito, ha sido la generación de híbridos en distintos grados de cruzamiento, que hereden la rusticidad y resistencia al medio y a las enfermedades del *Bos indicus* y la precocidad y productividad del *Bos taurus* (Basurto, 1992 y Acosta et al., 1997).

No obstante, la persistencia en el manejo tradicional de los hatos, no han permitido que el cruzamiento entre *B. taurus* y *B. indicus* resulte en mayor producción de leche; ya que se ha reportado una baja productividad en la ganadería tropical (Pius, 1997; Rivas, 2002; Bonilla, 2005 y Osorio, 2008).

Como un componente del manejo en los sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico, sobresale la práctica de diferentes modalidades de amamantamiento del becerro, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de leche posible para la venta y

promover un mejor desempeño reproductivo de las vacas (Marín, 2002). La crianza tradicional; la cual consiste en que la vaca durante el ordeño es “apoyada” con el becerro para estimular la bajada de la leche; generalmente se ordeñan 3 cuartos de la ubre y se le deja 1 cuarto para alimentar al becerro y/o la leche residual durante 3 a 5 horas después del ordeño. El amamantamiento restringido; consiste en ordeñar 3 o 4 cuartos por la mañana y permitir el amamantamiento por media hora, tras posponerlo aproximadamente 6 horas en donde la cría llega a mamar hasta 8 litros de leche; esta práctica de manejo se realiza hasta el destete (entre 4 y 7 meses de edad y un peso entre 100 y 180 kg) (Cazares, 1992; Gómez, 1996 y Marín 1997). En ambas modalidades la obtención de leche es sustentada por el apoyo del becerro; sin embargo se tiene la disminución de la condición corporal con retardo en el reinicio a la actividad ovárica posparto lo cual repercute en la eficiencia reproductiva (Basurto, 2008).

La crianza artificial; sistema que en los últimos 2 ó 3 años ha tomado auge en las regiones tropicales, consiste en apartar a los becerros totalmente de su madre y alimentarlos a partir del 5° día de edad, ya sea con leche o con sustitutos de leche 2 veces al día (2.5 litros en la mañana y 2.5 litros en la tarde) (Alonso, 1998; Vargas, 2007 y Livas, 2008). Con este sistema se conserva mejor la condición corporal de la madre y el reinicio de la actividad ovárica posparto toma menos tiempo; sin embargo, la eliminación del apoyo del becerro, tiene como consecuencia un atraso del proceso de ordeño, menor producción de leche por vaca por día, menor duración de la lactancia y diferentes grados de mastitis, lo cual se ha relacionado a la conducta materna heredada de las razas cebuínas y a la rutina del ordeño en presencia de la cría como práctica convencional (Basurto, 2008). Como una medida alternativa para tal situación, los productores están utilizando con mayor frecuencia la aplicación diaria de oxitocina en sus vacas; al inicio del ordeño para causar el bajado de la leche sin presencia de la cría, con lo cual ha incrementado sustancialmente la cantidad de leche para venta, el ordeño mecánico se hace más ágil al eliminar el amamantamiento y se implementan cada vez más los sistemas de crianza artificial; con lo cual se inicia la evolución de los sistemas de producción bovina de doble propósito hacia la producción especializada. Por lo anterior el uso de oxitocina se ha generalizado y su utilización ha venido en aumento durante los últimos años en los sistemas de doble propósito en el trópico mexicano (Basurto, 2008).

4.5 Oxitocina

La oxitocina (del Latin "nacimiento rápido") es una **hormona** relacionada con los patrones sexuales y con la conducta maternal y paternal. También se piensa que su función está asociada con la afectividad, la ternura, el contacto y el orgasmo en ambos sexos. Algunos la llaman la "molécula de la monogamia" o "molécula de la confianza". En el cerebro parece estar involucrada en el reconocimiento y establecimiento de relaciones sociales, en la aceptación hacia la confianza y generosidad entre los mamíferos. La oxitocina actúa también como **neurotransmisor** en el cerebro (Gimpl, 2001 y Wikipedia, 2008).

La oxitocina es un péptido de nueve aminoácidos (un nonapéptido). Su secuencia es **cisteína - tirosina - isoleucina - glutamina - asparagina - cisteína - prolina - leucina - glicina** (CYIQNCPLG). Los residuos de cisteína forman un **punte disulfuro**. La estructura de la oxitocina es muy similar a la de la vasopresina, también un nonapéptido, cuya secuencia difiere de la de la oxitocina en solo dos aminoácidos. La oxitocina tiene una masa molecular de 1007 daltons. Una unidad internacional (UI) de oxitocina equivale a unos 2 microgramos de péptido puro. Participa en la regulación de diversos procesos fisiológicos, la mayoría de ellos vinculados con la reproducción, donde se incluyen la función ovárica, el parto, la lactación y el establecimiento de conductas como el instinto materno (Gimpl, 2001 y González, 2003).

4.5.1 Síntesis y secreción

La oxitocina es una hormona y un neuropéptido, sintetizada en el soma de las células nerviosas neurosecretoras magnocelulares en el núcleo supraóptico y el núcleo paraventricular del **hipotálamo**, aunque se ha demostrado su síntesis en otros tejidos como el uterino, placentario, lúteo, testicular y cardíaco. En el hipotálamo se transporta mediante vesículas neurosecretoras, que contienen a la oxitocina y a su neurofisiina, a lo largo del axón no mielinizado, mediante transporte rápido (2mm/h), hasta las dilataciones terminales de axón, ubicadas en la porción posterior de la hipófisis (neurohipofisis) donde se almacenan y desde donde es segregada al torrente sanguíneo. Las vesículas no secretadas en forma inmediata, son almacenadas en una dilatación pre-terminal del axón, denominada cuerpo de Herring, que representa un reservorio donde se acumulan alrededor del 70% de

las vesículas disponibles para la secreción. En el axón se establece un flujo constante de vesículas secretoras, entre la dilatación terminal y el cuerpo de Herring, donde parte de las vesículas son englobadas por lisosomas, degradadas y reciclados sus contenidos (Gimpl, 2001; Galina, 2008).

La secreción de la oxitocina en la neurohipófisis es pulsátil, y ocurre por exocitosis, mediante despolarización de la membrana y aumento en la terminación nerviosa del ingreso de iones de calcio. Se han identificado como estímulos para la secreción de oxitocina, a la acetilcolina, la serotonina, los estrógenos y la noradrenalina, la succión del pezón, estimulación de genitales y distensión del **cuello uterino**, conociéndose a este estímulo como Reflejo de Ferguson. La oxitocina liberada conjuntamente con su neurofisiña a la circulación, muestra una vida media circulante bimodal, con un componente rápido, de alrededor de un minuto y otro lento, de 2 a 3 minutos (Gonzales, 2003; Wikipedia, 2008).

La oxitocina posee efectos periféricos (hormonales) y centrales en el cerebro (neurotransmisor). Los efectos están mediados por receptores específicos de alta afinidad. El receptor de la oxitocina es un receptor acoplado a proteína G del tipo de la rodopsina (clase I), que requiere Mg^{++} y **colesterol** (Wikipedia, 2008). En bovinos, en los tejidos periféricos, se han identificado receptores o la unión específica de oxitocina, únicamente en el miometrio, endometrio, placenta, ovario, cuerpo lúteo, testículo, glándula mamaria y adrenales (Gimpl, 2001).

4.5.2 Acciones de la oxitocina en la lactación

La leche es almacenada en alguno de los dos compartimientos de la glándula: la cisterna (que incluye las cisternas de la glándula, del pezón y los grandes conductos de leche) y los alvéolos (pequeños conductos y alvéolos). La leche de la cisterna puede ser fácilmente removida mediante el mamado o el ordeño manual o mecánico sin estimulación previa. Sin embargo, la leche alveolar solamente puede ser removida si ocurre la eyección de la leche. Para que la leche fluya desde los alvéolos mamarios es necesario que éstos sean contraídos por las células mioepiteliales que los rodean. La contracción de estas fibras, o *reflejo eyectolacteo*, es producida por la liberación de oxitocina; por la neurohipofisis cuya secreción liberada en forma de pulsos alcanzan los tejidos periféricos, como la glándula

mamaria en forma de bolo (Valdés, 1994). En la vaca, durante los primeros dos minutos del ordeño se establece la liberación en forma de pulsos de alta frecuencia y se alcanzan las concentraciones plasmáticas máximas de oxitocina, luego el perfil de concentraciones es decreciente, retomando los niveles basales entre 10 y 15 minutos después (Lolivier, 2002).

Las concentraciones circulantes de oxitocina dependen del estímulo al que se someten: Barpeled et al. (1995) y Lupoli (2001) señalan que el mamado tiene un efecto más fuerte a comparación de un ordeño; por el contrario Akers (2002) indica que ese efecto es más débil; y en donde Tancin (2001) y Negroa (2002) menciona que el efecto del mamado pudiera ser similar en estimular la bajada de la leche a comparación de un ordeño mecánico sin la presencia del ternero. Sin embargo, la mayoría de los autores reconoce que hay una mayor liberación de oxitocina como respuesta a la succión que como respuesta al ordeño con o sin la presencia del becerro. Comparando entre el ordeño manual y el mecánico se produjo una menor liberación de oxitocina con el ordeño mecánico. Los alcances del efecto del estímulo manual son variables, probablemente debido a la variación racial en la respuesta al estímulo (Uvnäs, 2001; Bruckmair, 2008). Un mecanismo común de eyección de la leche parece ser aplicable a la mayoría de las especies estudiadas. Sin embargo, hay diferencias en las especies en cuanto a la necesidad del grado de oxitocina liberada en el ordeño; ya que en la rata, múltiples pulsos de 0,5 a 1,0 μm de oxitocina son liberados a intervalos de 5 a 15 minutos a lo largo de períodos de amamantamiento de 30 a 60 minutos; la eyección de leche en la rata es similar a la de los rumiantes (Akers, 2002; Costa, 2004). Schmas (1984) definió la necesidad de encontrarse entre 3 a 5 pmol/l de oxitocina en plasma; los cuales son suficientes para evocar la eyección máxima de leche. Dentro de las vacas el incremento de los niveles de oxitocina durante la ordeña es mayor en razas *Bos taurus* posteriormente hay niveles más bajos en las cruzas (*Bos taurus x Bos indicus*), siendo las *Bos indicus* aquellas que registran los niveles mínimos de oxitocina (Negroa, 2006).

El reflejo liberador de oxitocina no sólo responde a los estímulos sensoriales y mecánicos del pezón, sino que también puede ser desencadenado por estímulos visuales, auditivos u olfatorios, pudiendo incluso llegar a ser un reflejo condicionado (Valdés, 1994). Aunque la

glándula mamaria responde aun a cantidades pequeñas de oxitocina, se ha definido la necesidad de que se requieren concentraciones elevadas de la hormona para lograr una eficiente extracción de la leche a lo largo del ordeño (Schams, 1984; Bruckmaier, 1998).

La aplicación de oxitocina ha demostrado que el uso de esta hormona causa un mayor efecto en la eyección de la leche y por lo tanto una mayor cantidad de ésta una vez terminada la ordeña (Adams, 1952; Gorewit y Sagi, 1984; Nostrand, 1991; Ballou, 1993; Knight, 1994; Lollivier, 2002), probablemente debido a que la oxitocina exógena, no suprime la liberación de oxitocina endógena, si no que se suma a ésta, para alcanzar niveles plasmáticos mayores (Macuhova, 2004). Incluso la aplicación de oxitocina ha superado la extracción de la leche comparándola con otras causas, ya sea los estímulos mencionados (visuales, auditivos u olfatorios) así como reflejos condicionados (Ballou, 1993; Taboada, 2006; Palomera, 2007).

La aplicación de oxitocina, 10 a 20 UI intramuscular (IM) ó 2 a 3 UI por vía intravenosa (IV) han demostrado la mejor respuesta a la bajada de la leche; ya que provee un adecuado incremento en las concentraciones plasmáticas las cuales se ven reflejadas en una mejor eyección durante la fase de ordeño mecánico (Graf, 1968; Gorewit, 1984; Nostrand, 1991), ya que dosis inferiores a las señaladas no han demostrado diferencias significativas en la cantidad de leche extraída; e incluso tienden a disminuir la producción (Lollivier, 2002; Taboada, 2006). A dosis superiores a las citadas no se ofrece ventajas en la extracción de leche (Gorewit, 1984).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Sitio, Manejo, Alimentación de los Animales

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), localizado en el Km 5.5 de la Carretera Federal Martínez de la Torre - Tlapacoyan, municipio de Tlapacoyan, estado de Veracruz, a una altura de 112 msnm. El clima de esta zona es cálido – húmedo con una temperatura y precipitación media anual de 23.4°C y 1840 mm, respectivamente. Este campo está definido en términos agroecológicos dentro de un bosque sub-tropical siempre verde, localizado en una zona de transición climática, entre la zona costera sub-húmeda al oeste y la zona húmeda hacia la Sierra Madre Oriental. Se utilizaron vacas F1 (Holstein x Cebú), que estuvieron en un sistema de amamantamiento restringido (AR) el cual consiste en permitir la alimentación del becerro por parte de la vaca únicamente en el segundo ordeño. Las vacas fueron ordeñadas mecánicamente una vez al día, por la mañana (7:00 am) y en la tarde (3:00 pm) se efectuaba el AR. Durante el ordeño se complementó con 1 kg/vaca/día de alimento concentrado con un 16% de PC en base seca, agua y sales minerales a libre acceso. La alimentación de las vacas consistió en pastoreo con zacates nativos (*Axonopus* spp, *Paspalum* spp) y establecidos (*Panicum maximun*, *Cynodon plectostachysus*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*), asociadas con una leguminosa (*Arachis pintoii*); se utilizó el sistema de pastoreo rotativo de líderes y seguidoras: los grupos (las vacas usadas en este experimento) pertenecían a las líderes. Se mantuvo una carga animal de 2.5 unidades animal por hectárea. El manejo reproductivo comprende de un empadre estacional, en dos épocas de 47 días cada uno: nortes (enero-febrero) y lluvias (agosto-septiembre), las vacas deben de estar clínicamente sanas a una condición corporal en un rango de 2.5 a 3 (escala de 1-5); llevándose a cabo 17 días con inseminación artificial (IA) y 30 días de monta natural (MN).

5.2. Duración de la Investigación y Variables de Respuesta

La investigación tuvo una duración de 16 meses, en función al largo de la lactación. Se dividió en dos secciones, el análisis estadístico en donde en la primera abarca solamente los primeros 10 meses de producción (Julio 2008 a Abril 2009), analizando los componentes de la producción diaria de leche (PDL) y calidad de la leche, así como la condición corporal

(CC) y peso vivo (PV) de los animales; en un segundo análisis considerado de (Julio 2008 a Octubre 2009) se analizó la producción de leche vendible (PLV), y la producción total de leche (PTL) así como la leche consumida por el becerro (LCB).

5.3. Diseño experimental y Análisis Estadístico

Se utilizaron 30 vacas multíparas (3 a 5 partos) de la cruce F1 (Holstein x Cebú); desde el inicio de la lactación se dividieron aleatoriamente en dos grupos: Sinox (n=15), que permanecieron como testigo sin tratamiento y Conox (n=15), a las cuales se les aplicó una inyección diaria de 20 U.I. de oxitocina por vía intramuscular aproximadamente 1 minuto antes de ser ordeñadas.

Se utilizó un diseño completamente al azar con las vacas como unidades experimentales. Todos los datos correspondientes a la primera parte fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS PROC MIXED; en el cual se realizó diversas estructuras de covarianza con el fin de utilizar la más adecuada para el análisis de los datos con mediciones repetidas. Las estructuras de covarianza fueron las siguientes:

CS = Simetría Compuesta

UN = Unestructurada

AR (1) = Autoregresiva de primer orden

ARH (1) = Autoregresiva heterogénea de primer orden

ARMA (1,1) = Autoregresiva con media móvil

HF = Hugn Feldt

Se utilizó como efectos fijos: el tratamiento, la semana de la toma de muestra y el número de lactación y como efecto aleatorio al animal como unidad experimental.

Se obtuvieron los promedios y se llevo a cabo una comparación entre medias de los componentes de la leche: grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, calcio, fosforo, magnesio, sodio, potasio, zinc, aminoácidos (ácido glutámico, alanina, serina, glicina, treonina, valina, leusina, isoleucina, lisina) y ácidos grasos (caproico, caprílico, mirístico,

palmítico, esteárico, mirístoleico, oleico), el consumo de leche por parte del becerro; solamente para ejemplificar las medias de cada uno de estos componentes de la leche.

El modelo lineal y aditivo utilizado para el análisis de la varianza de la PLV, LCB y PTL, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + b_1(X_{1m} - X_{1ij}) + b_2(X_{2m} - X_{2ij}) + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta: producción de leche vendible, leche consumida por el becerro y producción total de leche; registradas en la i-ésima vaca dentro del j-ésimo tratamiento.

μ = Media general, común a cada una de las observaciones.

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento ($j = \text{Sinox, Conox}$).

X_{1ij} = Es la covariable días en lactación, registradas en la i-ésima vaca dentro del j-ésimo tratamiento.

X_{1m} = Es el promedio de la covariable días en lactancia (308 días).

X_{2ij} = Es la covariable número de lactación, registradas en la i-ésima vaca dentro del j-ésimo tratamiento.

X_{2m} = Es el promedio de la covariable número de lactancias (3.7 lactancias).

b_1 = Coeficiente de regresión lineal que indica unidades de aumento en la variable de respuesta por día de aumento en la longitud de la lactancia (X_{1ij}).

b_2 = Coeficiente de regresión lineal que indica unidades de aumento en la variable de respuesta al aumentar el número de lactancias en una unidad (X_{2ij}).

ξ_{ij} = Es la variación residual, considerada como error experimental, normalmente distribuido, con media igual a cero y varianza unitaria ($N, 0, 1$).

El análisis se efectuó con el procedimiento PROC GLM (SAS, 2000) y mediante la instrucción LSMEANS/PDIFF se generaron promedios de cuadrados mínimos de tratamientos, ajustados por los efectos de las covariables, el ajuste se realizó a 308 días de lactación y 3.7 lactancias, se compararon entre sí con una prueba de 't'.

5.4. Mediciones, Colección y Análisis de Muestras

Se obtuvieron semanalmente durante los primeros 10 meses muestras de 50 ml de leche directamente del medidor tipo waikato, que registra la cantidad de leche producida (PDL). Las muestras colectadas se transportaron inmediatamente al laboratorio del CEIEGT donde se analizaron los parámetros grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, en un analizador ultrasónico de leche EKOMILK TOTAL (TEH, 2000); posteriormente, se congelaron para ser trasladadas al Departamento de Toxicología de la FMVZ UNAM donde se analizaron quincenalmente los componentes minerales (Ca, P, Na, K, Mg, Zn), por espectrometría de emisión absorción atómica. Para el análisis de los aminoácidos y ácidos grasos se tomaron 16 muestras aleatoriamente; las muestras de aminoácidos (ácido glutámico, alanina, serina, glicina, treonina, valina, leucina, isoleucina, lisina) se centrifugaron para extraer la grasa de la leche, se llevó a cabo una homogenización, hidrólisis y evaporación; se introdujo la muestra al aparato de sistema de fase de cromatografía de líquidos para realizar el aminograma (serie 200 IC pump). Los ácidos grasos (caproico, caprílico, mirístico, palmítico, esteárico, mirístoleico, oleico) se extrajeron por el método de Fallon et al., (2007).

La CC y PV se midió mensualmente; se utilizó la escala de condición corporal según los parámetros descritos por Edmonton et al, (1989), una escala visual del 1 al 5, siendo 1, la condición corporal más baja (muy flaca); y 5, la calificación de condición corporal máxima que corresponde a un animal extremadamente gordo), los valores 0.25, 0.5 y 0.75 corresponden a los valores de condición corporal intermedia baja, media o alta respectivamente. El PV se registró en una báscula de piso.

El consumo de leche por parte del becerro se midió solamente durante 120 días o un alcance de 120 kg por parte de este, para el registro del peso se utilizó una báscula de piso y se midió antes y después del amamantamiento.

6. RESULTADOS

6.1. Paquete Estadístico SAS PROC MIXED

Después de hacer el análisis estadístico hubo diferencia significativa ($P < 0.01$) para la PDL entre el grupo Conox y el grupo Sinox. La cantidad de grasa presentó una diferencia no significativa ($P > 0.01$) por efecto del tratamiento; sin embargo, presenta significancia por efecto de semana y la interacción entre el tratamiento por semana en la mayoría de estas es significativo ($P < 0.01$) Cuadro 8. En cuanto a los demás componentes de la leche: lactosa, sólidos no grasos, proteína, calcio, fosforo, magnesio, potasio, sodio, zinc, aminoácidos (ácido glutámico, alanina, serina, glicina, treonina, valina, leucina, isoleucina, lisina) y ácidos grasos (caproico, caprílico, mirístico, palmítico, esteárico, mirístoleico, oleico) no hubo diferencia significativa ($P > 0.01$) y solamente presentan una significancia por efecto de la semana, situación atribuible al efecto ambiental presentado durante el experimento; ya que este tipo de efecto en mediciones repetidas es muy marcado. Cuadros 8, 9, 10 y 11. En cuanto a la Condición corporal, esta es la única variable que muestra no significancia en el efecto por tratamiento, por semana y la interacción entre tratamiento y semana. Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de Efectos Fijos Tipo 3 para Grasa, Sólidos no Grasos, Proteína, Lactosa de la leche; así mismo, Condición Corporal, Peso vivo, y Producción diaria de leche en el grupo Conox y Sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).

Efecto	Grasa	SNG	Proteína	Lactosa	CC	PV	PDL
Tx	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
Semana	**	**	**	**	NS	**	**
Tx x Sem	**	NS	NS	NS	NS	NS	**

NS (no significativo) ** (significativo $P < 0.01$)

Cuadro 9. Prueba de Efectos Fijos Tipo 3 para Calcio, Fosforo, Potasio, Magnesio, Sodio y Zinc presentes en la leche en el grupo Conox y Sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).

Efecto	Ca	P	K	Mg	Na	Zn
Tx	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Semana	**	**	**	**	**	**
Tx x Sem	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS (no significativo) ** (significativo P<0.01)

Cuadro 10. Prueba de Efectos Fijos Tipo 3 para Ác. Glutámico, Alanina, Serina, Glicina, Treonina, Valina, Leusina, Isoleucina y Lisina presentes en la leche en el grupo Conox y Sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú).

Efecto	Ác Glutámico	Ala	Ser	Gli	Treo	Val	Leu	Isoleu	Lis
Tx	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Semana	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Tx x Sem	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

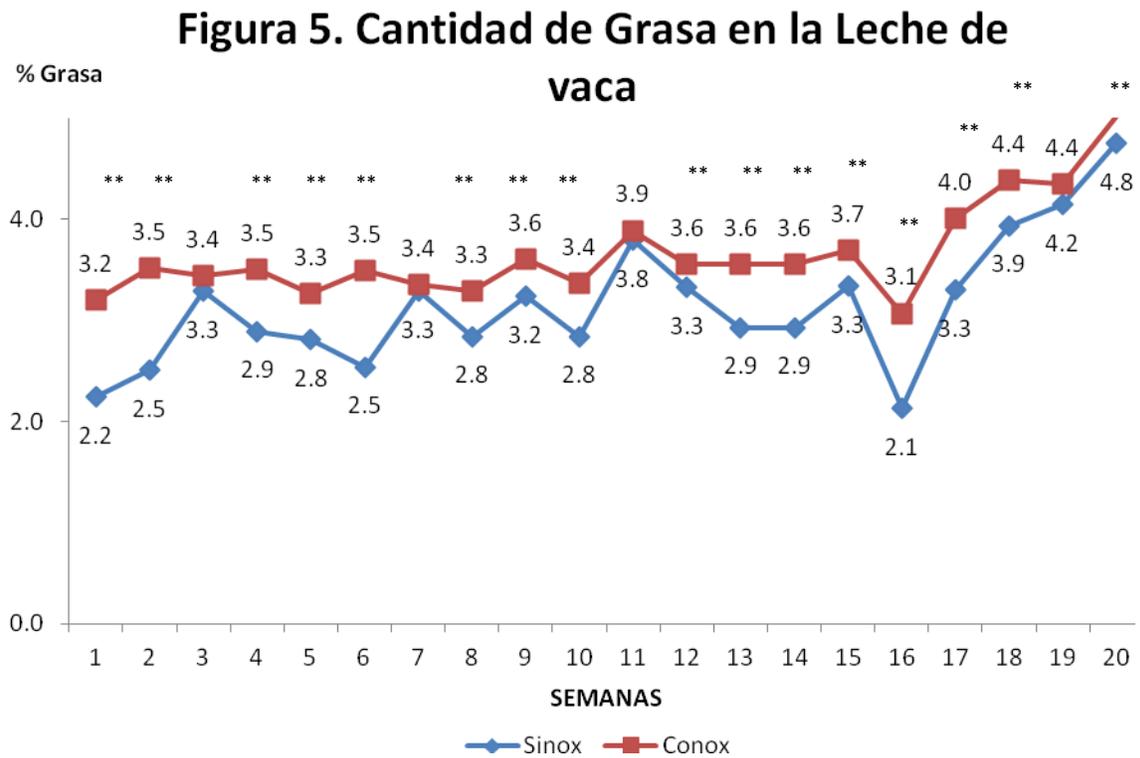
NS (no significativo) ** (significativo P<0.01)

Cuadro 11. Prueba de Efectos Fijos Tipo 3 para Ácidos Grasos (Caproico, Caprílico, Mirístico, Palmítico, Esteárico, Mirístoleico y Oleico) presentes en la leche en el grupo Conox y Sinox de vacas F1 (Holstein x Cebú) durante los primeros 305 días de producción.

Efecto	Caproico	Caprílico	Mirístico	Palmítico	Esteárico	Mirístoleico	Oleico
Tx	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Semana	**	**	**	**	**	**	**
Tx x Sem	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

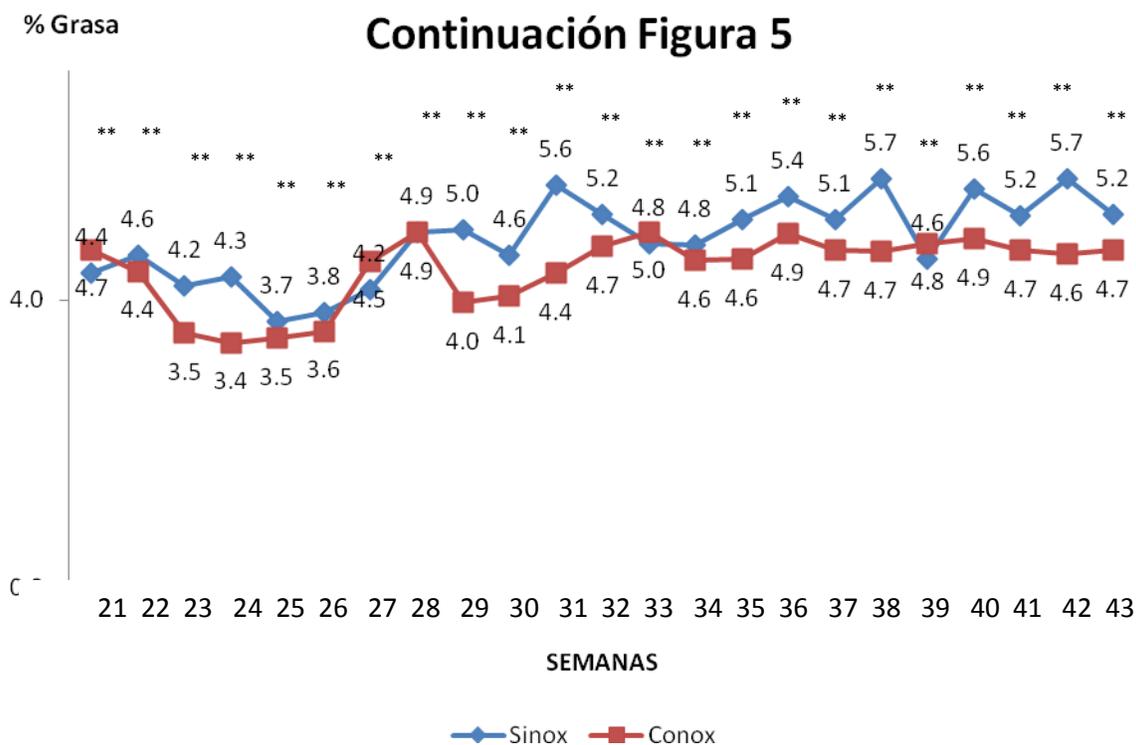
NS (no significativo) ** (significativo P<0.01)

En las siguientes figuras se muestran únicamente el comportamiento a lo largo de 305 días de experimento de las dos variables (Producción diaria de leche) que mostro diferencia significativa (P< 0.01) y (grasa) cual muestra las semanas en las cuales hubo diferencia significativa por efecto de tratamiento por semana.



Se observa que existe diferencia significativa (**) que abarca de la semana 1 hasta la semana 20 de experimentación exceptuando las semanas 3, 7, 11 y 19. El grupo Sinox siempre se mantiene por debajo del grupo que fue tratado con una inyección diaria de oxitocina. Se muestra la media de cada uno de los grupos.

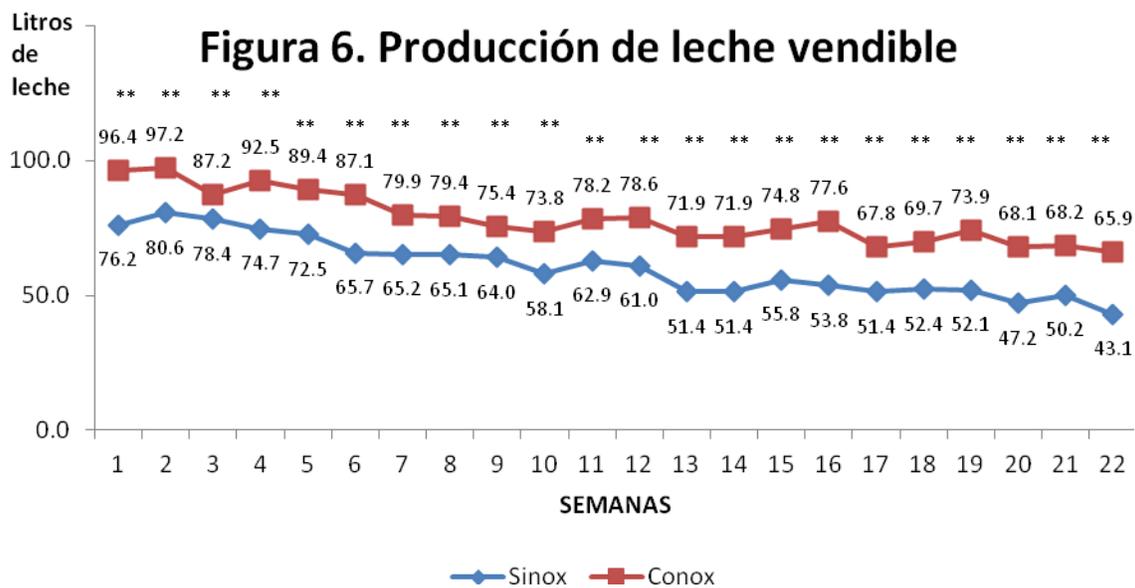
En la continuación de la Figura 5 se observa diferencia significativa (**) en las siguientes 23 semanas que abarcan el periodo de lactación hasta los 305 días; las semanas correspondientes a la 22, 25, 66, 28, 33, 34 y 39 no presentan diferencia significativa; el grupo Conox que permanecía por arriba del grupo testigo ahora se ha invertido mostrando una disminución en el porcentaje de grasa en comparación con el grupo Sinox. Se muestran las medias de cada semana.

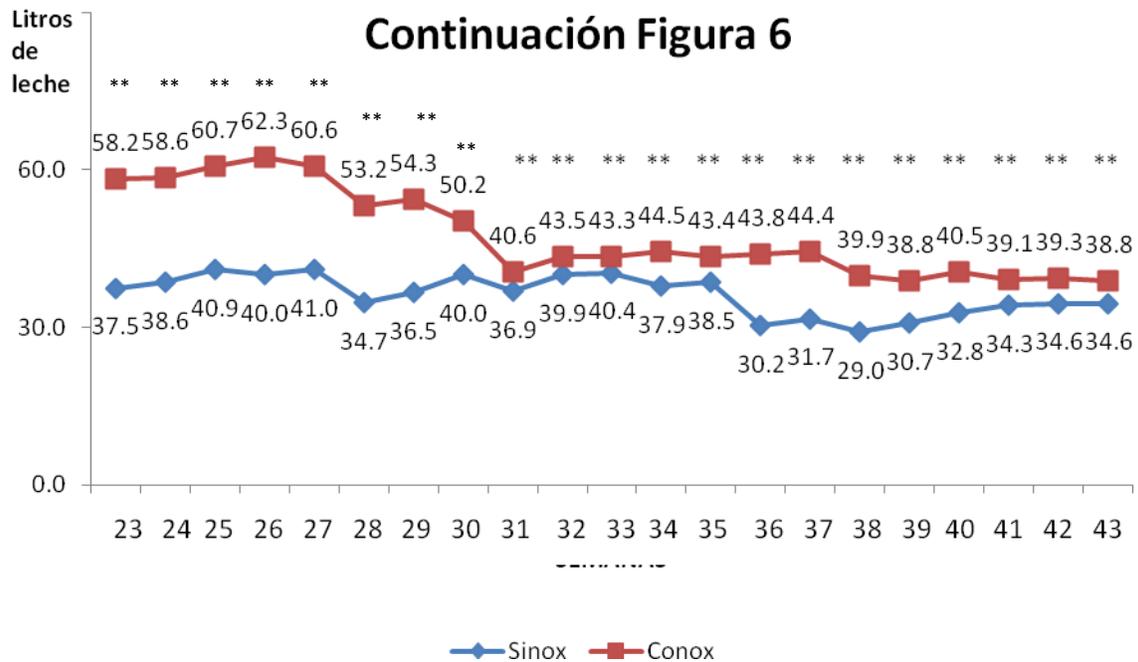


En cuanto a la producción de leche registrada a lo largo de los 10 meses en producción, se encuentra diferencia significativa (**) ($P < 0.01$) por efecto de tratamiento, efecto de semana y la interacción de efecto de tratamiento por semana, el grupo testigo Sinox siempre se mantuvo por debajo de los litros de leche producidos por el grupo tratado con

una inyección diaria de oxitocina. A continuación en la Figura 6 se muestran las primeras 22 semanas de producción de leche vendible.

En la continuación de la Figura 6 se muestra la tendencia que sigue la producción durante las últimas 21 semanas; reflejando la mayor cantidad de leche producida por el grupo Conox. Nótese cierto acercamiento en cuanto a los litros producidos de leche en las semanas 31 a la 35.





6.2. Promedios de características fisicoquímicas de la leche de vaca.

En el Cuadro 12 se observa una diferencia entre medias muy pequeña entre el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina (Conox) y el grupo testigo (Sinox) a excepción de la grasa; donde ya se comentó anteriormente que fue una de las dos variables que solamente reportaron diferencia significativa ($P < 0.01$). El porcentaje de Sólidos no grasos, proteína y lactosa son casi idénticos. En la Figura 7 se muestra el comportamiento de los componentes citados anteriormente a lo largo de la lactación. Para el caso de la cantidad de minerales presente en la leche de vaca (Cuadro 13), tanto para el grupo Conox y el grupo Sinox la cantidad de calcio, magnesio, fosforo, potasio, sodio y zinc son muy similares y aunque reflejan una mayor diferencia entre las medias en comparación con los demás componentes de la leche de vaca no representan diferencia estadística significativa ($P > 0.01$). No existió diferencia significativa ($P > 0.01$) al comparar los diferentes ácidos grasos pertenecientes a ambos grupos; estos ácidos grasos fueron los siguientes (caproico (6:0), caprílico (8:0), mirístico (14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0), mirístoleico (14:1), oleico (18:1)). (Cuadro 14). En el Cuadro 15 se puede observar los diferentes aminoácidos analizados en

la leche de vaca tanto del grupo Conox como del grupo Sinox; los promedios para ambos grupos son muy similares y no representa una diferencia significativa ($P>0.01$).

Cuadro 12. Composición de algunos elementos de la leche de vaca F1 (Hostein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.

(%)	Grupo Conox	Grupo Sinox
Grasa	4.13 ^a	4.09 ^b
Proteína	3.11 ^a	3.10 ^a
Sólidos no Grasos	4.48 ^a	4.47 ^a
Lactosa	8.18 ^a	8.16 ^a

a, b; literales distintas dentro de cada fila son estadísticamente significativas ($P<0.01$)

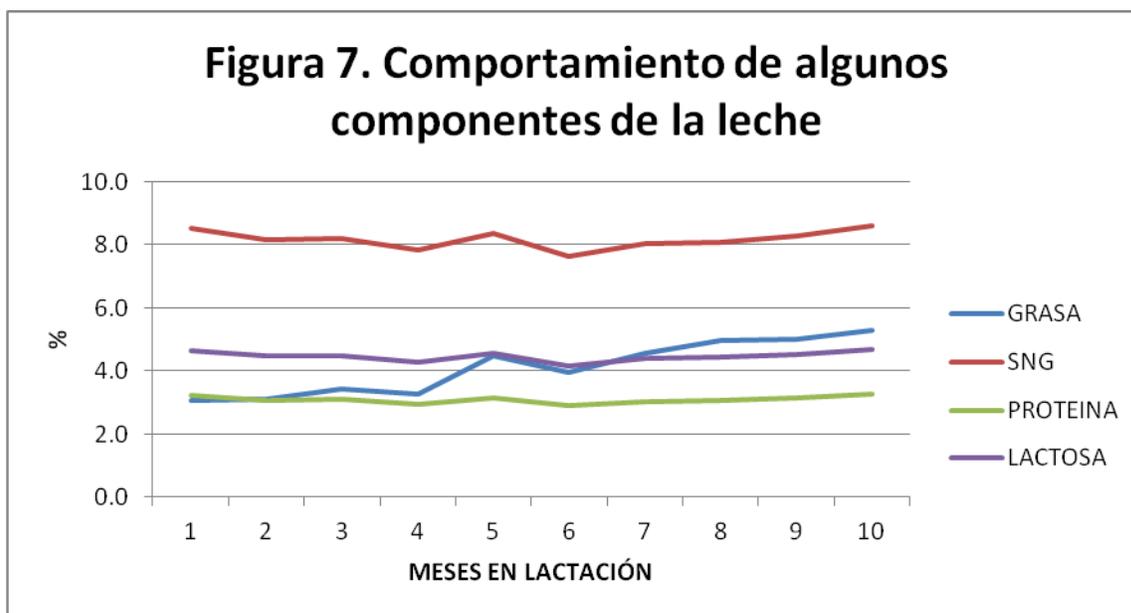


Figura 7. Muestra el comportamiento de la grasa, sólidos no grasos, proteína y lactosa a lo largo de los 10 meses de muestreo, notese en los meses 4, 5 y 6 el comportamiento similar para todos estos componentes.

Cuadro 13. Cantidad de minerales (mg/l) en leche de vacas F1 (Hostein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.

(mg/l)	Grupo Conox	Grupo Sinox
Ca	1417.56 ^a	1422.61 ^a
Mg	101.60 ^a	99.21 ^a
P	964.76 ^a	941.67 ^a
K	1426.96 ^a	1339.7 ^a
Na	571.66 ^a	599.48 ^a
Zn	3.68 ^a	3.84 ^a

a, b; literales distintas dentro de cada fila son estadísticamente significativas (P<0.01)

Cuadro 14. Cantidad y tipo de ácidos grasos analizados en la leche de vacas F1 (Hostein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.

Ácido Graso (%)	Grupo Conox	Grupo Sinox
6:0	3.2 ^a	2.4 ^a
8:0	2.9 ^a	2.4 ^a
14:0	6.7 ^a	6.0 ^a
16:0	24.2 ^a	22.1 ^a
18:0	13.2 ^a	15.1 ^a
14:1	1.6 ^a	2.2 ^a
18:1	34.7 ^a	32.2 ^a

a, b; literales distintas dentro de cada fila son estadísticamente significativas (P<0.01)

Cuadro 15. Cantidad y tipo de aminoácidos analizados en la leche de vacas F1 (Hostein x Cebú) en el grupo tratado con una inyección diaria de oxitocina y el grupo testigo durante la lactancia.

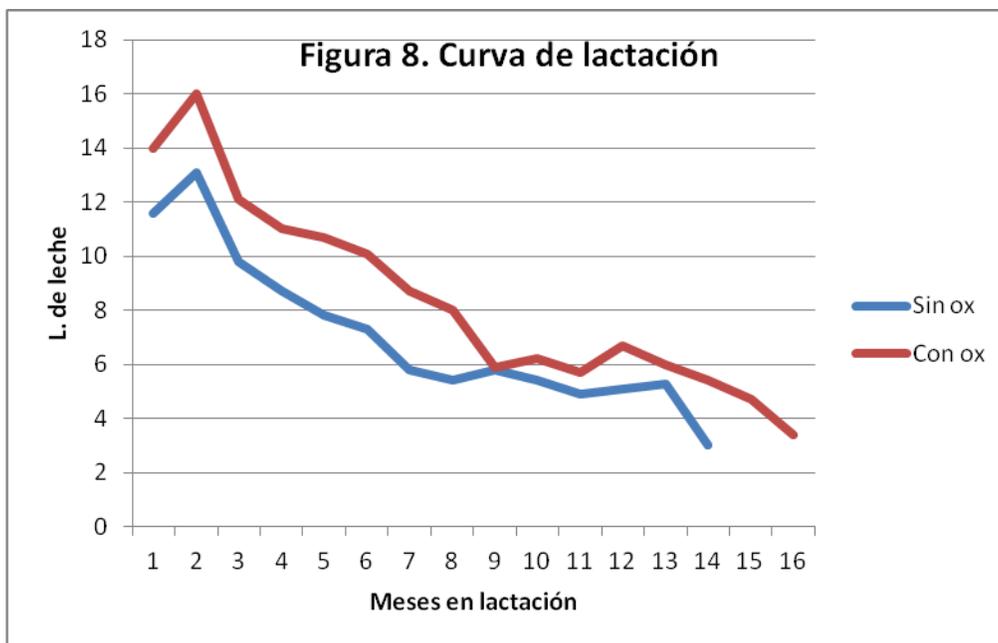
(g/100 gr de proteína)

Aminoácido	Promedio de grupo	
	Conox	Sinox
Ac. Glutámico	18.6 ^a	18.6 ^a
Alanina	1.5 ^a	1.6 ^a
Serina	25.8 ^a	25.4 ^a
Glicina	19.9 ^a	19.6 ^a
Treonina	1.1 ^a	1.5 ^a
Valina	1.3 ^a	1.5 ^a
Leusina	9.9 ^a	9.6 ^a
Isoleucina	3 ^a	3 ^a
Lisina	4.1 ^a	4 ^a

a, b; literales distintas dentro de cada fila son estadísticamente significativas (P<0.01)

6.3. Paquete estadístico PROC GLM (SAS, 2000), mediante la instrucción LSMEANS/PDIFF.

La PLV registrada para el grupo Sinox fue de 2404.63 y para el grupo Conox fue de 2836.71 con un error estándar de ± 134.72 litros de leche, encontrándose una diferencia de 432 litros mas para el grupo con una inyección diaria de oxitocina. La PDL se mantuvo en 7.6 y 9.2 litros de leche para el grupo Sinox y Conox respectivamente el error estándar fue de ± 0.48 litros. Los días en lactancia (DEL) fueron de 270.6 para el grupo Sinox y 345.4 días para el grupo Conox. Tanto la PLV, PDL y DEL son significativos (P<0.01), Figura 8.



La Figura 8 muestra la curva de lactación de la vacas en experimentación, el grupo Conox siempre se mantiene por arriba del grupo testigo y su producción es mucho más prolongada la cual alcanza hasta 16 meses. En el decimo mes se presenta un acercamiento de ambas producciones; sin embargo, nunca se ve al grupo Conox por debajo de la producción del grupo Sinox.

El CLB durante el periodo de amamantamiento restringido registrado para el grupo Sinox fue de 390.37 litros y para el grupo Conox 380.12 litros con un error estándar de ± 45.16 litros lo cual representa un consumo de 10.25 litros mas de leche para aquellos becerros del grupo Sinox. El promedio entre los días en lactación (120 días) indica 3.84 y 3.33 litros de leche consumida por día en los grupos de los becerros de las vacas Sinox y Conox respectivamente con un error estándar de ± 0.9012 . Aunado a esto y sumando tanto la PLV así como la LCB la PTL fue de 2784.75 y 3227.08 litros de leche para el grupo Sinox y grupo Conox respectivamente el error estándar fue de ± 151.23 litros. El promedio de la producción de leche total se encontró en 8.92 litros de leche para el grupo Sinox y 10.62 litros para el grupo Conox con un error estándar de 0.50 litros de leche. Figura 9. Las variables son significativas entre los grupos ($P < 0.01$) a excepción de el consumo de leche por parte de los becerros durante el periodo de amamantamiento restringido ($P > 0.01$).

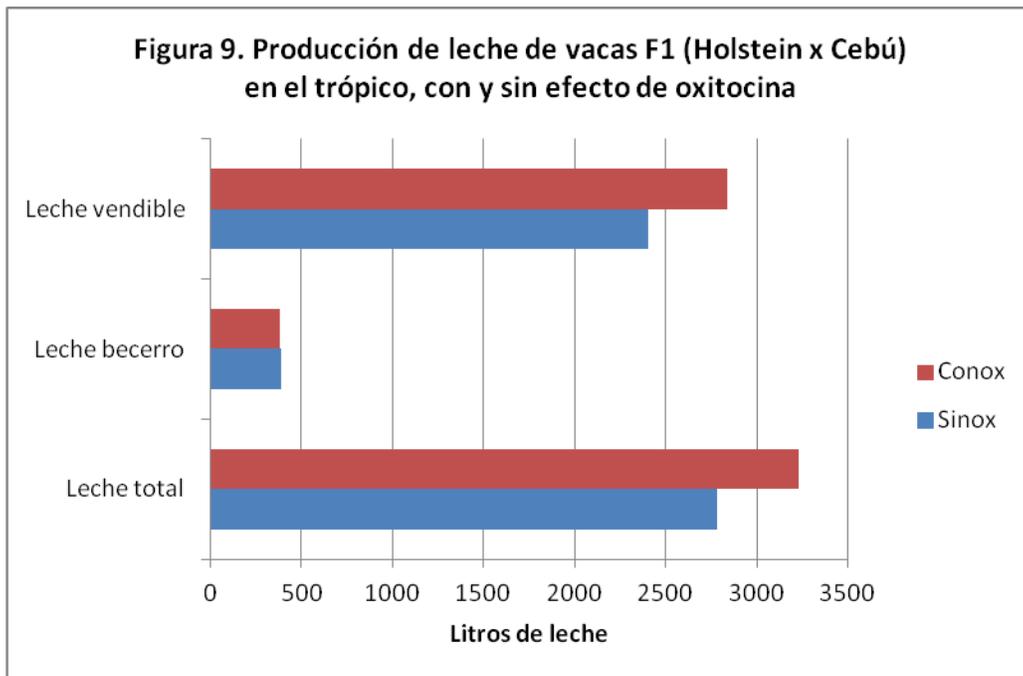


Figura 9. La producción de leche por parte de las vacas a las cuales se les aplicó una inyección diaria de oxitocina siempre muestran una mayor cantidad de leche en comparación con las del grupo testigo; solamente se observa una mayor cantidad de leche en aquellas vacas pertenecientes al grupo Sinox y eso fue cuando amamantaron a su cría; sin embargo esa cantidad registrada es mínima.

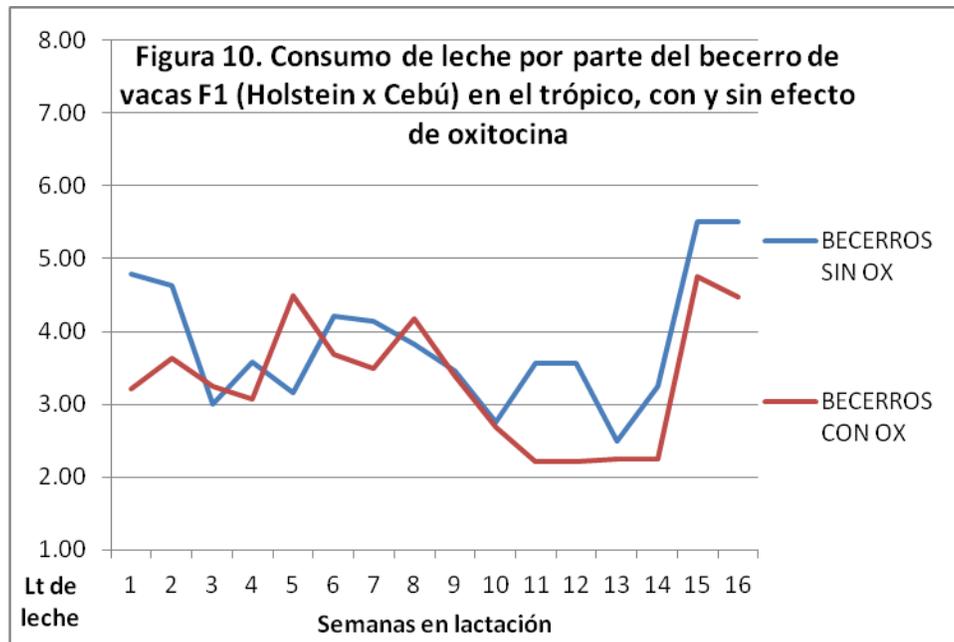


Figura 10. Consumo de leche por parte de los becerros de las vacas de los grupos experimentales (Sinox) las cuales no llevaban aplicación de oxitocina y (Conox) con aplicación diaria de oxitocina; se aprecia que no existe gran diferencia entre el consumo de ambos grupos a pesar de que en las primeras dos semanas y las últimas cinco el consumo de leche del grupo Sinox es por encima del grupo Conox no representan diferencias significativas.

7. DISCUSIÓN

En este estudio se analizó el efecto de la administración diaria de oxitocina, sobre la cantidad y calidad de leche producida en el trópico en vacas F1 (Holstein x Cebú). Por una parte se concluye una mayor producción diaria y una mayor duración de la lactancia en las vacas tratadas con oxitocina. Las investigaciones realizadas han demostrado que el uso de la oxitocina incrementa la cantidad de leche producida diariamente de (5 a 15%) para animales de zonas templadas (Nostrand 1991; Ballou 1993; Knight 1994; Lollivier 2002), y (10 a 40%) para zonas tropicales (Taboada 2006; Palomera 2007); sin embargo, los trabajos previos solo han abarcado pequeños periodos de lactación a excepción de Nostrand (1991) el cual midió en vacas Holstein lo largo de la lactancia y su producción.

El incremento de la producción de leche en el presente experimento se ha atribuido a varias deducciones: primeramente se ha mencionado que la obtención de la leche residual resultante de la contracción de las células mioepiteliales que rodean los alvéolos se debe solamente a la mejor eyección de la leche sin que se puedan atribuir al tratamiento efectos directos de estimulación de la síntesis de leche o su participación en el metabolismo de la glándula mamaria (Knight, 1994). Debido al mejor vaciamiento de la glándula mamaria, se intuye que la concentración de una glicoproteína: (FIL) Factor Inhibidor de la Lactancia disminuye; esta glicoproteína láctea sintetizada por las células secretorias, tiene una acción inhibitoria sobre esa misma célula, limitando la secreción láctea futura (Wilde, 1990). El FIL solamente es activo en los alvéolos al entrar en contacto con las células secretorias y su efecto es concentración dependiente. El exceso de leche residual debido a una incompleta eyección de leche incrementa la concentración de FIL en los alvéolos disminuyendo la secreción láctea. La distribución de leche en los compartimientos cisternal y alveolar influenciará el grado de retroalimentación de la inhibición (Costa, 2004).

Un efecto adicional del FIL es la reducción de la sensibilidad de la célula epitelial mamaria a las hormonas galactopoyeticas como la prolactina; ya que se reduce el número de receptores a prolactina. Una reducción en los receptores de prolactina considera una reducción de las propiedades anti-apoptóticas de la prolactina (Bennett, 1990). Li (1999), indica que el número de células secretoras de la leche disminuye gradualmente conforme aumenta la lactación, pero se ha observado que la tasa de destrucción de esas células puede

ser modificada por la frecuencia de ordeño, ya que después de 4 semanas con un ordeño infrecuente comienza la apoptosis de las células alveolares a comparación de un ordeño adecuado con lo cual la producción de leche se ve incrementada.

Aunque en el presente experimento siempre se encuentra registrada una mayor cantidad de leche en las vacas a las cuales se les inyectó una dosis de 20UI de oxitocina intramuscularmente no se puede asegurar que realmente hay una síntesis de leche como tal; solamente podemos especular que probablemente esto suceda; ya que como se muestra en las figuras 6 y 7 a partir de la semana 9 (Septiembre) hay un despegue en la curva de lactación prolongándose hasta la semana 31 (Febrero); situación que se repite en la semana 33 (Abril) y hasta que las vacas van entrando al periodo de secado. Datos que pudieran concordar con Ballou (1993) ya que sugiere que la administración exógena de oxitocina en vacas, mejora la producción, no solo por la obtención de la leche residual, sino que además hay un incremento en el metabolismo que se traduce en un aumento real de la síntesis de leche.

La oxitocina pudiera estar involucrada en estas acciones; ya que se ha demostrado un efecto directo de la hormona en la diferenciación, proliferación y mantenimiento de las células de la glándula mamaria en ratonas (Sapino, 1993). Ollivier-Bousquets citado por Lollivier (2000) demostró *in vitro*, que la incorporación de oxitocina resulta en un aumento en la secreción y la aceleración del tránsito intracelular de la caseína de las células mamarias de conejas en lactación. Los rangos de incremento en la secreción de caseína no solo se atribuye a un efecto mecánico de contracción de las células mioepiteliales ya que el transporte intracelular de caseína entre el retículo endoplasmico, el aparato de Golgi y las vesículas secretoras (lugares que requieren de una activa participación de procesos energéticos en la célula) fueron también afectados. Por otra parte Lollivier (2006) observó un doble efecto de la oxitocina en el tejido mamario no solo con una mejor contracción mioepitelial y vaciamiento alveolar sino que también conlleva a un efecto directo influenciando el epitelio secretor mamario. La oxitocina provocó una rápida liberación de caseína dentro del lumen alveolar cual es acompañada con un desplazamiento de dos marcadores, GP58 y Annexin II. GP58 es una proteína de la membrana del aparato de Golgi que permite monitorear los eventos primarios de la secreción de los componentes de

la leche (transferencia intracelular de vesículas secretoras). Annexin II es parte de una familia de proteínas que capacita el establecimiento in vitro de conexiones homotípicas entre las membranas de las vesículas secretoras, por medio de esto se permite seguir los procesos de exocitosis. La localización de GP58 y Annexin II en la parte final de la zona apical de la célula permite creer que hay una influencia de la oxitocina durante los procesos de secreción de la proteína; al mismo tiempo se observó una mayor transferencia de glóbulos de grasa en la parte apical de la célula epitelial atribuible a los efectos del uso de oxitocina; por otra parte se observó enlaces específicos entre la oxitocina y las células epiteliales mamarias de la coneja, cual podría confirmar la acción directa de esta hormona sobre las células. Todo esto ha dado indicios a que el uso de la oxitocina para el incremento de leche se debe; no solo a una mejor eyección si no que hay un aumento de la síntesis de leche lo cual y de acuerdo a lo sucedido a lo largo de persistencia en el presente trabajo pudiera especular dicho efecto causado por la oxitocina.

Contraponiéndose a los resultados de esta investigación y a los citados anteriormente; hay algunas evidencias que sostienen que la aplicación de oxitocina disminuye la producción de leche, al alterar la permeabilidad de las células secretoras, provocando la destrucción de las mismas (Cobo, 1994 y Bruckmaier, 2003), ya que al administrar dosis de 50 UI hay una reducción de la contractibilidad de las células mioepiteliales de la glándula mamaria como consecuencia de una administración crónica; puesto que se reduce la sensibilidad de la glándula mamaria a la oxitocina (Macuhova, 2004); y en donde el uso de la oxitocina solo debe usarse cuando la salud de la glándula mamaria se ponga en peligro debido a grandes cantidades de leche que permanezcan en ella (Bruckmaier 2003).

En el presente estudio se evaluaron los porcentajes de los componentes de la leche (grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, algunos minerales, ácidos grasos y aminoácidos). El contenido de grasa aumentó en el grupo Conox tal y como indican la mayoría de los trabajos (Adams 1952; Lane 1969; Gorewit 1984; Palomera 2007), sin embargo; transcurrida la lactación y finalizando el 5to mes se observó una disminución en el contenido de grasa; esto es debido probablemente por una retención de los glóbulos grasos de la leche entre el compartimiento de los alveolos; debido a un incremento de tamaño de los glóbulos al unirse. El incremento en el diámetro del glóbulo graso corresponde de .22 μm

aproximadamente; pasando de 4.25 a 4.47 μm en promedio. Este aumento no afecta los niveles de la composición de los ácidos grasos (Lollivier, 2002)

En cuanto a los niveles de proteína los resultados del experimento indicaron que no hay una diferencia entre el grupo Conox y Sinox, resultados que concuerdan con (Lane, 1969; Nostrand, 1991; Ballou, 1993) situación diferente a los resultados reportados por (Gorewit, 1984 y Palomera, 2007); ya que ellos reportan una disminución en los niveles de proteína. El contenido de lactosa y sólidos no grasos no fue diferente para ambos grupos, lo cual concuerda con resultados obtenidos por la mayoría de los autores (Lane, 1969; Nostrand, 1991; Ballou, 1993; Palomera 2007). En la Figura 7 al observar el comportamiento de la grasa, sólidos no grasos, proteína y lactosa se encuentra en pico en el mes 5 y un declive en el mes 6; aunque los valores entran dentro de los rangos recomendados para la calidad de la leche por parte de la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC es interesante deducir porque ocurrió. Como un componente más para el estudio se analizaron las características del forraje que consumían las vacas (cantidad de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, materia orgánica, cenizas, hemicelulosa, celulosa, lignina, contenido celular y digestibilidad del forraje); así mismo se obtuvieron datos de la situación climatológica que perduraba en el lugar. La información recabada se analizará para poder especular lo ocurrido en el 5to y 6to mes sobre algunos parámetros de la calidad de la leche; dicha información se presentará en publicaciones posteriores. Ya que Faría (2007), dan una muestra de cómo la alimentación tienen efecto sobre la calidad de la leche producida por las vacas de doble propósito en el trópico.

En cuanto al nivel de los minerales calcio, fosforo, magnesio, sodio, potasio, y zinc no se observaron cambios entre ellos y solamente se tiene punto de comparación con resultados de porcentaje de cenizas observados por Palomera (2007) donde reporta que no hay cambios entre grupo tratado con oxitocina y grupo testigo. Hurley (2000) da a conocer rangos de minerales en la leche, los resultados obtenidos en el experimento entran dentro de los rangos citados por Hurley.

El contenido de los ácidos grasos analizados no obtuvo cambios entre el grupo Conox y el grupo Sinox, la cantidad de estos componentes son similares a los reportados por (Souyeurt et al, 2006; Kelly 1998), para ácidos grasos en vacas sin tratamiento y bajo pastoreo.

En lo que respecta a los aminoácidos no hubo cambios entre el grupo tratado y el grupo testigo; sin embargo, los resultados obtenidos son inferiores en la mayoría de los aminoácidos a los reportados por Block y Weiss (1956) y Gehrke (1985) esto quizá se debido a que los autores reportan valores de aminoácidos de vacas especializadas en leche, estabuladas y con alimentación balanceada; situación un tanto diferente a las que se presentan en trópico donde la base de la alimentación es el pastoreo.

En el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) no se han reportado el consumo de leche por parte del becerro por el uso de la oxitocina en las vacas; sin embargo, se han registrado las ganancias de peso de los becerros en donde Ocaña (1993) trabajó midiendo ganancias de pesos de becerros hasta los 4 meses de edad en un sistema de amamantamiento restringido, sus resultados son inferiores a los reportados en este experimento ya que el grupo testigo tuvo una ganancia de 897 gr y el grupo con oxitocina 792 gr lo cual representa un mayor peso de 30 gr para el grupo de las vacas que se les aplicaba oxitocina y 100 gr para el grupo testigo en comparación con los resultados presentados por Ocaña. Cazares (1992) reporta resultados superiores a los citados; sin embargo su experimento lo llevó hasta los 5 meses de lactación bajo un sistema de amamantamiento restringido en el trópico.

La condición corporal permanece dentro de los rangos recomendados (2.5) al momento de terminar la lactación según los parámetros descritos (una escala visual del 1 al 5, siendo 1, la condición corporal más baja (muy flaca); y 5, la calificación de condición corporal máxima que corresponde a un animal extremadamente gordo), los valores 0.25, 0.5 y 0.75 corresponden a los valores de condición corporal intermedia baja, media o alta respectivamente. (Edmonton et al, 1989).

Aunque no es una variable analizada en el experimento se presenta la situación reproductiva de las vacas; ya que la oxitocina se utiliza en sistemas de producción bovina de doble propósito para estimular el bajado de leche sin considerar su efecto en la función

reproductiva; los resultados obtenidos son similares a los presentados por (Meza 2006, Basurto 2008, y Meza, 2009) donde menciona que la oxitocina no tiene relevancia sobre el función reproductiva de las vacas. Cabe mencionar que solamente en el experimento se tomo en cuenta una sola gestación y si la vaca quedo gestante o no, situación cual se le puede atribuir a otras causas y no solamente al uso de la oxitocina. Ver Anexo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio nos permiten concluir lo siguiente:

En resumen, la oxitocina aplicada en 20 unidades internacionales diariamente para estimular la eyección de la leche en vacas F1 (Ho x Ce) incrementa PLV, PDL, PTL, consecuentemente la primera conclusión es que la oxitocina aumenta la producción de leche en vacas de doble propósito.

Así mismo los DEL se ven modificados por efecto de la oxitocina; por el contrario la CC y el PV no se ven modificados.

También se observó que la oxitocina aumentó únicamente la grasa en leche (durante ciertas semanas); por tanto se concluye que la oxitocina exógena no altera la composición de la leche con excepción del contenido de grasa.

Se necesitan estudios a nivel celular realizados en vacas productoras de leche para aseverar que la administración diaria de 20 unidades internacionales de oxitocina produce una síntesis como tal de leche; ya que en este estudio solamente se puede dar una sospecha de de esto sucede.

Las variables aquí usadas para evaluar el desempeño reproductivo en una sola gestación no reflejan cambios por tanto la oxitocina parece no afectar la reproducción negativamente en vacas de doble propósito.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta R, Rovuna F, Marín B, Basurto CH, Ochoa RF, Aluja A, *et al.* Production and reproduction in dual purpose Holstein-Zebu crosses in a hot humid environment. *J Dairy Science* 1997; 80 Suppl 1: 232.
2. Acosta RR, Ruvuna F, Marín MB, *et al.* Factores genético-ambientales que influyen en el crecimiento de machos y hembras (Holstein x Cebú) en el trópico. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Centro de Investigación Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo 1996 p.33-34
3. Adams H, Allen NN. The effect of removal of residual milk by use of oxytocin upon the yield and fat content of subsequent milkings. *Journal Dairy Science*. 1952; 28:1121-1124.
4. Aguilar VA, Torres BC. Ruiz MD, Mendoza GE. Rubalcaba, CE, Administración Agropecuaria. 4ta ed. Limusa, México, (DF) 1998.
5. Akers RM. Lactation and the mammary gland. Edit. Iowa State Press, a Blackwell Publishing Company. United State of America 2002. 273pp
6. Alan HV, Jane PS. Leche y productos lácteos en: la naturaleza de la leche, edit. Zaragoza España 1995: 475pp 1p
7. Allen JC. Milk synthesis and secretion rates in cows with milk composition changed by oxytocin. *J of Dairy Sci* 1990; 73:975-984.
8. Alonso PF. Aspectos Económicos en Ganado Lechero. División del sistema universidad abierta, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, México (D.F) 1998.
9. Aluja, A. y E. Castillo. 1991. Experiencias en investigación y transferencia de tecnología sobre la producción de leche en el CIEEGT. Memorias. Seminario Internacional sobre Lechería Tropical. I. FIRA. Villahermosa, Tabasco, México. p:84-93.
10. Ballou LU, Bleck JL, Bleck GT, Bremen RD. The effects of daily oxytocin injections before and after milk production, milk plasmin, and composition. *Jouyrnal of Dairy Science*. 1993;76:1544-1549.

11. Bar-Peled, U., E. Maltz, I. Bruckental, Y. Folman, Y. Kali, H. Gacitua, and A.R. Lehrer. 1995. Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2726-2736.
12. Basurto CH. La oxitocina usada para el bajado de la leche en vacas de doble propósito en el trópico ¿afecta la eficiencia reproductiva posparto? Memorias de XXXII Congreso Nacional de Buiatría; 2008 Agosto 14-16 Boca del Rio (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2008: 96-100.
13. Basurto CH. Relación entre algunas variables ambientales con la producción de leche y la eficiencia reproductiva en vacas fl (holsteis x indobrasil) en el trópico húmedo de México. (tesis de maestría) Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1992.
14. Bennett C.N., Knight C.H., Wilde C.J., Regulation of mammary prolactin binding by a secreted milk protein, *J. Endocrinol. (Suppl.)* 127 (1990) 141.
15. Block RJ, Weiss AB. *Amino Acid Handbook*. Springfield, III: C.C. Thomas 1956.
16. Bonilla HG, Rosete FJV, Ramirez GJJM, Productividad de vacas de doble propósito en el sub-trópico húmedo de Puebla. Memorias de XXIX Congreso Nacional de Buiatría; 2005 Agosto 11-13 Puebla, Puebla México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2005: 178.
17. Bruckmaier RM, Blum JW. Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of Dairy Science* 1998; 81:939-949.
18. Bruckmaier RM, Wellnitz O. Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *Journal of Animal Science* 2008; 86:15-20.
19. Bruckmaier RM. Chronic oxytocin treatment causes reduced milk ejection in dairy cows. 2003. *Journal of Dairy Research* 70, 123-126.
20. Carbajal HM, Valencia HE, Segura CJ. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán, *Rev Biomed* vol13 No1 :25-31
21. Cazares CP, Galindo RL, Corro MM. Evaluación de dos sistemas de crianza de becerros con ganado bovino de doble propósito en el Estado de Veracruz. Centro de

- Investigación Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo 1992 p.33-37.
22. Cobo E. La administración de dosis bajas de oxitocina, previa a la succión, no modifica la respuesta eyectoláctea en madres lactantes. 1994. J. Perinat Med. 21: 77-85
 23. COFOCALEC. Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC 2004. Sistema producto leche -alimento lácteo leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. México (DF): Consejo para el fomento de calidad de la leche y sus derivados COFOCALEC 2004.
 24. Combellas LJ. Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Edit. Fundación Inlaca 1998. 196pp
 25. Composición de la leche y valor nutritivo. [home page on the Internet] Argentina 2005. Textos Científicos Disponible: **Agrobit.com Santiago del Estero 1071 (5900) Villa María, Córdoba - Argentina.**
 26. CONARGEN, 2000. Comité Nacional de los Recursos Genéticos. Plan de Acción. México, D.F. 127 p.
 27. Costa AD, Douglas RJ. El propósito de la rutina de ordeño. Instituto Babcock Universidad de Wisconsin. Novedades Lácteas. Ordeño y calidad de leche N° 407 Trabajo presentado en el 43 National Mastitis Council, Febrero 2004 EUA.
 28. Donnelly S.R., Moss S.E., Annexins in the secretory pathway, Cell Mol. Life Sci. 53 (1997) 533–538.
 29. EKOMILK TOTAL, Analizador ultrasónico de leche 2000TEH, maquinaria y materias primas para la industria lechera. Vigusa SA. de CV.
 30. Fallon J. V. O., Busboom J. R., Nelson M. L., and C. T. Gaskins. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. J. Anim. Sci. 2007. 85:1511–1521
 31. FAO. Conservación de la calidad. [web en línea] 2006 [26 de diciembre de 2006]; URL disponible en: http://www.fao.org:80/AG/againfo/subjects/es/dairy/quality_chain.html
 32. Faría JM, Chirinos Z, Morillo DE. Efecto de la sustitución parcial del alimento concentrado por pastoreo con *Leucaena leucocephala* sobre la producción y características de la leche y variación de peso de vacas mestizas. Instituto Nacional de

- Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado de Zulia. Maracaibo, Venezuela. *Zootecnia Tropical* v. 25 n. 4 Macaray. Octubre 2007
33. Fox, PF (1992) *Advanced Dairy Chemistry*, Elsevier Applied Science, London
 34. Galina C, Valencia J. Reproducción de los animales domésticos. En: Zarco L. 3^{era} ed. México Limusa 2008:59-84.
 35. García BCM. Perspectivas de la ganadería tropical de México ante la globalización. Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2003 Junio 12-14 Villahermosa (Tabasco) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2003: 172-180.
 36. Gaucheron F. The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Developed*. 45 2005 473-483 INRA EDP Science
 37. Gehrke W Charles; Larry L Wall; Absheer S Joseph; et al. Sample Preparation for Chromatography of Amino acids: Acid Hydrolysis of Proteins. 1985. Analytical Biochemistry Laboratories, Inc., Columbia. *Journal Assoc. off Anal. Chem* (Vol. 68, No. 5, 94-113).
 38. Gimpl G. Fahrenholz F. 2001. The oxytocin receptor system: structure, function, and regulation. *Physiological Reviews* 81: 2 629-683pp
 39. Gómez PC, Ocaña ZE, Livas CF. Ganacia de peso y costos de producción en becerros (Holstein x Cebú) con dos modalidades de amamantamiento restringido en el trópico húmedo. Centro de Investigación Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo 1996 p.25.
 40. González PE, Espinosa MM, Villa GA. Fisiología de la oxitocina en bovinos. Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2003 junio 14-16; Villahermosa (Tabasco) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Bovinos, Ac, 2003: 34-52.
 41. Gorewit RC, Sagi R. Effects of exogenous oxytocin on production and milking variables of cows. *Journal Dairy Science* 1984;67:20-50.
 42. Graf GC. 1968. Effects of oxytocin injected intramuscularly and intravenously on milk ejection of bovine. *J. Dairy Sci.* 51(Suppl. 1):628.(Abstr.)
 43. H. Soyeurt., P. Dardenne., F. Dehareng., G. Lognay., D. Veselko., M. Marlier., C. Bertozzi., P. Mayeres., N. Gengler. Estimating Fatty Acid Content in Cow Milk Using

- Mid-Infrared Spectrometry. 2006, American Dairy Science Association, J. Dairy Sci. 89:3690–3695
44. Haroldo M. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. En: Consideraciones Finales. Editor. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala, Centroamerica 2001: 83-93.
 45. Homan EJ. Guía Técnica Lechera / E. Jane Homan y Michel Wattiaux. Universidad de Wisconsin. ; 2001.
 46. Hurley, W. L. (2000): *Lactation biology*. University Press, University of Illinois. Urbana – Champaign.
 47. Ikonen, T. y Ojala, M. (1995). Effects of milk protein genotypes on milk renneting properties assuming alternative models. *IDF Seminar ``Implications of Genetic Polymorphism of Milk Proteins on Production and Processing of Milk*, 28. - 29.3.1995 Zürich, Switzerland. Summary 2p.
 48. INEGI. 2004. Anuarios Estadísticos de los Estados, 2004. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 2004. p. 197.
 49. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. VII Censo ganadero agrícola 1991 (monografía en CD-ROM). Resultados definidos. Tomo 2 ganado y ganadería –México- estadística. México (DF): INEGI; 1991.
 50. Jarillo FJ. Efecto de la carga animal sobre el suelo, la pastura y el comportamiento ingestivo de vacas pastoreando gramas nativas del trópico húmedo de México. tesis de doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México, Junio de 2009.
 51. Kelly ML. Kolver ES. Bauman ME. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk lactating cows. *Journal Dairy Science* 1998 81: 1630-1636.
 52. Knight CH. Short-term oxytocin treatment increases bovine milk yield by enhancing milk removal without any direct action on mammary metabolism. *Journal of Endocrinology*. 1994. 142:471-473.
 53. Lacasa GA. Ciencia de la leche en: nociones fundamentales. Edit: Reverte SA México 1985: 873 3-12.

54. Lane GT, Dill CW, Armstrong BC. Influence of repeated oxytocin injections on composition of dairy cows' milk. 1969. Journal of Dairy Science Vol 53. No. 4 Department of Animal Science. Texas A&M University.
55. Li P., Rudland P.S., Fernig D.G., Finch L.M., Wilde C.J., Modulation of mammary development and programmed cell death by the frequency of milk removal in lactating goats, J. Physiol. (Lond.) 519 (1999) 885–900.
56. Livas CF. Crianza y desarrollo de becerras de doble propósito en el trópico, Memorias de XXXII Congreso Nacional de Buiatría; 2008 Agosto 14-16 Boca del Rio (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2008: 80-86.
57. Lollivier VD, Rainteau, PG, Marnet S. Letort S. Delpal M, Ollivier B. Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milkings. Reproduction Nutrition Development. 2002;42: 173-186
58. Lucy P.L, Nancy L, Keyla S, Antonio S, Omar V. Características físico-químicas de la leche cruda en las zonas de Aora y Yacaral, Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela. [serial on line] 24-Enero-2002. [citado 1-Noviembre-2005] Disponible en: http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?pid=S079822592002004000008&script=sci_artext
59. Lupoli, B., B. Johansson, K. Uvnäs-Moberg, and K. Svennersten-Sjaunja. 2001. Effect of suckling on the release of oxytocin, prolactin, cortisol, gastrin, cholecystokinin, somatostatin and insulin in dairy cows and their calves. J. Dairy Res. 68: 175-187.
60. Macuhova J, Tanc V, Bruckmaier R. Effects of Oxytocin Administration on Oxytocin Release and Milk Ejection. J Dairy Sci 2004; 87:1236–1244.
61. Magaña MJG, Ríos A, Martínez GJC. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales en México. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Yucatán México. Vol 14. No 3. 2006. pp105-114.

62. Marín MB, Livas CF. Estrategias de alimentación de los becerros durante la crianza. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigación Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo 2002 p.26-36.
63. Marín MB, Ocaña ZE, Castillo GE. Evaluación de destete precoz y su efecto sobre los parámetros reproductivos. Centro de Investigación Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo 1997 p.36-37.
64. Mather HI, Keenan WT. Origen and secretion of milk lipids. Journal of mammary gland biology and neoplasia 1998 vol. 3 no. 3
65. McManaman LJ, Neville CM. Mammary physiology and milk secretion. Elsevier Science 2003 55: 629-641
66. Meza MA. Efecto de diferentes dosis de oxitocina sobre la vida y funcionalidad del cuerpo lúteo en vacas F1. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 2006.
67. Meza MA; Basurto CH; Saharrea MA, Gutiérrez AC. La ordeña con asistencia de oxitocina, no afecta los porcentajes de gestación en vacas F1. Memorias de XXXIII Congreso Nacional de Buiatría 2009, 6, 7 y 8 de Agosto 2009. Tuxtla Gutiérrez Chiapas.
68. Murugaiyah M., Ramakrishnan A.R., Sheikh A.R., Knight C.H, Wilde C.J. Lactation failure in crossbred Sahiwal Friesian cattle. J Dairy Res 2001; 68:165–174.
69. Negrão JA, Pierre-Guy M. Milk yield, residual milk, oxytocin and cortisol release during machine milking in Gir, Gir × Holstein and Holstein cows. Reproduction Nutrition Development. 2006;46:77–85.
70. Negrão, J.A. and P.G. Marnet. 2002. Effect of calf suckling on oxytocin, prolactin, growth hormone and milk yield in crossbred Gir X Holstein cows during milking. Reprod. Nutr. Dev. 42: 373-380.
71. Nostrand SD, Galton DM, Erb HN, Bauman DE. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. Journal Dairy Science. 1991; 74:2119-2127.
72. Osorio AM. El mejoramiento genético de los bovinos en el sureste de México. la adaptación al medio. Memorias de XXXII Congreso Nacional de Buiatría; 2008 Agosto

- 14-16 Boca del Rio (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2008: 198-205.
73. Palomera LC, Ramírez JA, Godínez FA, Rodríguez A. Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 2007;15 (1):15-24.
74. Parodi PW. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal Dairy Science* 1999 82:1339-1349
75. Pius O, María de J S.C. Ventajas comparativas en la producción de leche en México. *Agroalimentaria* 1997; 5: 35-44.
76. Rivas L, Holmann F. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. 2002, Noviembre 21 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Veracruz, México.
77. Román, P. H. 2001. El papel de los GGAVATT como mecanismos de transferencia de tecnología. Memorias. XXIX Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. UAT, AMPA, GT, UAMAC, VT, COTACYT, CONARGEN, CNM, IICA, SAGARPA. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 14-20
78. Rudolph CM, Neville CM. Lipid synthesis in lactation: diet and fatty acid switch *Journal Mammary Biology Neoplasia* 2007 12:269-281
79. Ruvalcaba S. Bioquímica de la leche. [Conferencia](#) del 1er Curso Taller de Higiene y tecnología de la leche. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y agropecuarias. División Ciencia Veterinaria; 1994.
80. SAGARPA, 2004a. Situación actual de la producción de leche en México, 2004.
81. Sagi R, Gorewit R.C. and Wilson D.B. Role of exogenous oxytocin in eliciting milk ejection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1980 63: 2006-20011.
82. Sapino A., Macri L., Tonda L., Bussolati G., Oxytocin enhances myoepithelial cell differentiation and proliferation in the mouse mammary gland, *Endocrinol*. 133 (1993) 838-842.
83. Saúl Barrón Gutierrez., Ofelia Mora Izaguirre., Víctor Castaño Meneses., Armando Shimada., Miyasak. La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados

- en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Técnica Pecuaria Méx.* 2006;44(2):231-240.
84. Schams D, Mayer H, Prokopp A, Worstorff H. Oxytocin secretion during milking in dairy cows with regard to the variation and importance of a threshold level for milk removal. *Journal Endocrinology.* 1984;102: 337–343.
 85. Schmidt GH, *Biología de la Lactación en: síntesis de las proteínas de la leche*, edit. Acribia, España, 1971: 215-224.
 86. Shennam DB, Paker M. Transport of milk constituents by the Mammary Gland. *Physiological Reviews* vol 80 no. 3 julio 2000
 87. Soyeurt H, Dardenne P, Dehareng F, et al. Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectrometry. American Dairy Science Association, 2006, *Journal Dairy Science* 89:3690-3695 Vol. 89 no. 9
 88. Taboada RLY, García LMA, Cornelio PJ, et al. Evaluación de la producción de leche con la aplicación de oxitocina en vacas F1 en condiciones de trópico sub-húmedo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de Guerrero. México.
 89. Tancin, V. and R.M. Bruckmaier. 2001. Factors affecting milk ejection and removal during milking and suckling of dairy cows. *Vet. Med. – Czech* 46 (4): 108-118.
 90. Uvnäs MK, Johansson B, Lupoli B. et al. Oxytocin facilitates behavioural, metabolic and physiological adaptations during lactation. *Applied Animal Behaviour Science.* 2001 72:225-234.
 91. Valdés V, Pérez A, Labbok M: Fisiología de la glándula mamaria. En: *Lactancia para la Madre y el Niño*, Santiago Mediterraneo, (ed) 1994, p 21.
 92. Vargas CI. Crianza de becerros. Validación y transferencia de tecnologías alternativas para el desarrollo de la ganadería en el Estado de Veracruz. FUNPROGAN (fundación produce Veracruz) Boletín Informativo. 2007.
 93. Villa GA, González PA, Ruiz DR. Oxitocina y somatotropina como método para incrementar la producción en ganado de trópico. *Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatria*; 2003 junio: Villahermosa (Tabasco) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Bovinos, Ac, 2003.

94. Villamar Ángulo Luis y Enrique Olivera Cazares, 2005. SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVA DE LAPRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN MÉXICO 2005, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. México
95. Wikipedia.org (on line)
96. Wilde, C.J. and M. Peaker. 1990. Autocrine control in milk secretion. J. Agric. Sci. 114: 235-238.
97. ANEXO

1. Promedios para la variable Gestación en vacas de doble propósito sometidas a una inyección diaria de oxitocina.

Situación Reproductiva de las vacas en experimentación con el uso de oxitocina durante la lactación

	% servicios Empadre Agosto- Septiembre	Intervalo entre partos (días)	% Gestación	% servicios Empadre Enero- Febrero	Intervalo entre partos (días)	% Gestación
Grupo Conox	1.6	351.5	30.76	1	502.5	44.4
Grupo Sinox	1.6	347.4	38.46	1.2	515.4	62.5

2. Prueba de Chi Cuadrada para las vacas en experimentación (sin y con oxitocina)

	SINOX	CONOX	Total
Gest	10	8	18
No Gest	3	5	8

13 13 26

Chi Square 0.7222222

P= 0.395

P<0.05

Nota. Solo contabilizan 13 ya que 2 vacas de cada grupo murieron