

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---



INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN MÉXICO

YURIDIA BAUTISTA MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO. DE MÉXICO

2017

---

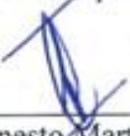
La presente tesis titulada: Evaluación del Sistema de Producción de Bovinos de Doble Propósito en México realizada por la alumna: **Yuridia Bautista Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

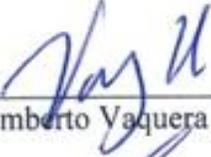
DOCTORA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
Dr. José Guadalupe Herrera Haro

ASESOR   
Dr. José Antonio Espinosa García

ASESOR   
Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda

ASESOR   
Dr. Humberto Vaquera Huerta

ASESOR   
Dr. José Ricardo Bárcena Gama

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2017

# **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN MÉXICO**

**Yuridia Bautista Martínez, Dr.**

**Colegio de Postgraduados, 2017**

## **RESUMEN**

Los registros de producción en los hatos ganaderos, son básicos para el cálculo de indicadores técnico-económicos que sirvan al productor para la toma de decisiones económicas y de manejo. Con el objetivo de realizar una caracterización técnico-económica del sistema de doble propósito en trópico de México, para generar indicadores productivos, económicos y de uso de innovaciones tecnológicas que apoyen a los extensionistas, productores y gobierno en la toma de decisiones, creación o seguimiento de políticas de apoyo al sector agropecuario, se realizó una investigación en tres regiones del trópico mexicano, localizadas en los estados de Tabasco, Chiapas y Sinaloa. Para ello, se escogieron aleatoriamente 30 UP en el sistema de DP en las cuales se estableció un sistema de registros que incluyó, las prácticas tecnológicas realizadas en el área de manejo animal, alimentación, sanidad, manejo de praderas, reproducción y mejoramiento genético, la producción mensual de los productos generados, así como los registros económicos de las empresas pecuarias. Utilizando los registros de las variables productivas y uso de prácticas tecnológicas con un análisis de Correlaciones Canónicas se estimó la relación entre las prácticas tecnológicas y las variables productivas, mediante un análisis de correspondencia se midió la asociación del uso de las prácticas tecnológicas y la época del año, y se calculó los índices de adopción de tecnología (IAT). Con la información obtenida de los registros económicos de cálculo las variables de desempeño económico, costos de producción, y se estimó la función de producción para leche y carne. El análisis de correlaciones canónicas mostro que la primera variable canónica fue significativa y explicó el 89 % de la variabilidad observada y las prácticas tecnológicas que mejor explican las variables productivas son la suplementación, sanidad, prevención y control de enfermedades, por tanto el uso de las prácticas tecnológicas en las unidades de producción influye en las variables productivas, principalmente en la producción de leche. El análisis de correspondencia mostro que los productores de Tabasco y Chiapas varían las prácticas tecnológicas de manejo de hato de acuerdo a la época de año (lluvia, seca y transición) mientras los productores de Sinaloa las realizan

durante todo el año. Se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre estados con respecto a la producciones promedio de leche con 6.47, 5.49 y 12.24 litros; en el índice de adopción de tecnología (IAT) de 10.95, 9.20 y 12.24; en la rentabilidad sobre la inversión de 4.01, 4.63 y 13.69 % y el costo de producción de un litro de leche de \$4.11, \$4.39 y \$ 4.85 para Tabasco, Chiapas y Sinaloa respectivamente. Las variables de desempeño económico indicaron e índice se adopción de tecnología indicaron que el sistemas de producción de doble propósito en las regiones de estudio tienen potencial para mejorar sus variables de desempeño económico y productivo mediante el uso eficiente de sus recursos y adopción de diferentes innovaciones tecnológicas. La función de producción de leche mostró que los insumos alimento, número de vacas y hectáreas en pastoreo explican el 93 % de la producción, con coeficientes de elasticidades de 0.36, 0.37 y 0.19, productos marginales de 0.75, 892.2 y 261.8 y valores del producto marginal del \$4.03, \$4800.2 y \$1408.4, cada uno de los insumos se encuentran en la etapa II de producción con rendimientos marginales decrecientes mientras la función de producción de carne, el insumo alimento y vacas explican el 73 % de la producción, con coeficientes de elasticidades de producción de -0.20 y 1.11 respectivamente, el alimento se encontró en la etapa III de producción con rendimientos marginales decrecientes, y pérdidas económicas en la producción de leche de 38 centavos por unidad de alimento adicionada, el número de vacas se encontró en la etapa I de producción con rendimientos crecientes a escala. Los resultados de la función de producción de leche muestra que los productores están haciendo un uso racional los insumos utilizados, sin embargo para la producción de carne se debe evaluar la cantidad de alimento utilizada ya que refleja que es sobre utilizado.

**Palabras Clave: Ganado de doble propósito, función de producción, análisis económico, adopción de tecnología.**

## **EVALUATION OF THE DUAL PURPOSE CATTLE IN MEXICO**

**Yuridia Bautista Martínez, Dr.**

**Colegio de Postgraduados, 2017**

### **ABSTRACT**

Production records in livestock herds are basic for the calculation of technical-economic indicators that help the producer for economic and management decisions. With the objective of making a technical-economic characterization of the dual-purpose system in the tropics of Mexico, to generate productive, economic and technological indicators that support extension agents, producers and government in decision-making, creation or monitoring of policies to support the agricultural sector, research was carried out in three regions of the Mexican tropics, located in the states of Tabasco, Chiapas and Sinaloa. For this, 30 farms were randomly chosen in the dual-purpose system, in which a system of records was established, in which included technological practices carried out in the areas of animal management, feeding, health, prairie management, breeding and breeding, monthly production of the products generated, as well as the economic records of livestock companies. Using the records of the productive variables and the use of technological practices with an analysis of Canonical Correlations, the relation between the technological practices and the productive variables was estimated, by means of a correspondence analysis the association between the use of technological practices and the year, and technology adoption rates (TAR) were calculated. With the information obtained from the economic records of calculation the variables of economic performance, production costs, and estimated the production function for milk and meat. The analysis of canonical correlations showed that the first canonical variable was significant and explained 89% of the variability observed and the technological practices that best explain the productive variables are the supplementation, health, prevention and control of diseases, therefore the use of technological practices in the production units influences the production variables, mainly in milk production. The correspondence analysis showed that producers in Tabasco and Chiapas vary the herd management practices according to the time of year (rain, dry and transition) while the Sinaloa producers perform them throughout the year. Differences ( $P < 0.05$ ) were found between states with respect to average milk yields with

6.47, 5.49 and 12.24 liters; In the technology adoption rates (TAR) of 10.95, 9.20 and 12.24; In the return on investment of 4.01, 4.63 and 13.69% and the cost of production of one liter of milk of \$ 4.11, \$ 4.39 and \$ 4.85 for Tabasco, Chiapas and Sinaloa respectively. The economic performance variables indicated and technology adoption index indicated that dual-purpose production systems in the study regions have the potential to improve their economic and productive performance variables through the efficient use of their resources and adoption of different technological innovations. The milk production function showed that feed, cow numbers and grazing hectares accounted for 93% of production, with coefficients of elasticity of 0.36, 0.37 and 0.19, marginal products of 0.75, 892.2 and 261.8 and marginal product values of \$ 4.03, \$ 4800.2 and \$ 1408.4, each of the inputs are in stage II production with decreasing marginal yields while the meat production function, the feed input and cows account for 73% of production, with coefficients of production elasticities of -0.20 and 1.11 respectively, feed was found in stage III production with decreasing marginal yields, and economic losses in milk production of 38 Cents per unit of feed added, the number of cows was found in stage I production with increasing returns to scale. The results of the milk production function shows that the producers are making rational use of the inputs used, however for meat production should be assessed the amount of food used as it reflects that it is overused.

**Keywords: Dual purpose cattle, production function, economic analysis, technology adoption.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de doctorado y estancia de investigación en la Universidad de Wisconsin, Madison de Julio del 2016 a junio del 2017. Además de los apoyos complementarios tipo I y III para mujeres indígenas.

Al Colegio de Postgraduados y al programa de Ganadería por brindarme la oportunidad de estudiar el Doctorado en Ciencia.

Agradezco al Dr. José G. Herrera Haro por aceptar ser mi consejero durante mis estudios de doctorado. El particular le agradezco todas sus enseñanzas, mostrarme siempre su apoyo, confianza, guiarme no solamente en el desarrollo profesional, sino también como persona, gracias por todos sus consejos, disponibilidad e infinita paciencia.

Muchas gracias Dr. José Antonio Espinosa García, por confiar en mí el proyecto de Evaluación del sistema de doble propósito en México, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis y durante mis estudios de Doctorado. Debo destacar, por encima de todo, su apoyo, disponibilidad y paciencia en la realización de la presente investigación.

Dr. Ernesto Martínez Castañeda, muchas gracias por todo su apoyo durante mis estudios de Doctorado, y para realizar la estancia de investigación en la Universidad de Wisconsin, por su participación en la creación de nuevas ideas de investigación “Characteristics of backyard production and marketing in Mexico” que me han ayudado en mi formación como investigador.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta, por brindarme todo su apoyo siempre que lo requerí, además de sus consejos dados en clase para mejorar profesionalmente, y su participación en el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. José Ricardo Bárcena Gama, por su contribución, apoyo en la presente de investigación y enseñarme a siempre tener una actitud positiva y con el mejor ánimo para trabajar.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	III
ABSTRACT .....	V
<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....</b>	<b>2</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL DOBLE PROPÓSITO EN MÉXICO .....</b>	<b>3</b>
<i>2.1.1. Estadísticas de producción de carne y leche del sistema de doble propósito en México 4</i>	
<i>2.1.2. Alimentación del ganado de doble propósito .....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.3. Manejo de praderas en el sistema del doble propósito .....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.4. Manejo sanitario .....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.5. Manejo reproductivo .....</i>	<i>7</i>
<b>2.2. ANÁLISIS MULTIVARIADOS UNA HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS EN LA GANADERÍA .....</b>	<b>8</b>
<i>2.2.1. Análisis de correlaciones canónicas como herramienta para analizar datos en la ciencia animal.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.2. Análisis de correspondencia como herramienta para analizar datos en la ciencia animal 9</i>	
<b>2.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA EMPRESA AGROPECUARIA.....</b>	<b>9</b>
<i>2.3.1. Componentes del costo .....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.2. Costos fijos.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.3. Costos variables.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.4. Costos totales .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.5. Ingresos .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.6. Desempeño económico.....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.7. Costo unitario de producción .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.8. Utilidad .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.9. Rentabilidad .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.10. Relación beneficio costo .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.11. Punto de equilibrio.....</i>	<i>12</i>
<b>2.4. FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>

2.4.1. <i>Etapas de la producción</i> .....	13
2.4.2. <i>Ley de los rendimientos a escala</i> .....	14
2.4.3. <i>Rendimientos constantes a escala</i> .....	15
2.4.4. <i>Rendimientos crecientes a escala</i> .....	15
2.4.5. <i>Rendimientos decrecientes a escala</i> .....	15
2.5. <b>MODELOS ECONOMÉTRICOS PARA EL DESARROLLO DE FUNCIONES DE PRODUCCIÓN EN SISTEMA AGROPECUARIO</b> .....	15
2.5.1. <i>Modelo de regresión lineal múltiple</i> .....	16
2.5.2. <i>Función lineal</i> .....	16
2.5.3. <i>Función cuadrática</i> .....	17
2.5.4. <i>Función cubica</i> .....	17
2.5.5. <i>Función hiperbólica</i> .....	18
2.6. <b>MODELO NO LINEALES</b> .....	18
2.6.1. <i>Modelo de Cobb-Douglas</i> .....	18
2.6.3. <i>Estimación de una regresión Cobb-Douglas por regresión lineal de datos transformados</i> .....	19
<b>CAPÍTULO I. RELACION ENTRE PRÁCTICAS TECNOLÓGICAS DE MANEJO ..... 20</b>	
<b>Y SUS INDICADORES PRODUCTIVOS. .... 20</b>	
1.1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	20
1.2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
1.2.1. <i>Descripción del área de estudio</i> .....	21
1.3. <b>RESULTADOS DISCUSIÓN</b> .....	23
1.4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICO-PRODUCTIVA DEL ..... 33</b>	
<b>SISTEMA DEL DOBLE PROPÓSITO EN TRES REGIONES ..... 33</b>	
<b>TROPICALES DE MÉXICO..... 33</b>	
2.1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	33
2.2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	34
2.3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
2.3.1. <i>Características socioeconómicas</i> .....	37
2.3.2. <i>Estructura del hato</i> .....	38
2.3.3. <i>Indicadores económicos</i> .....	39
2.3.4. <i>Componentes tecnológicos</i> .....	43
2.4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>CAPITULO III. FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN EL ..... 47</b>	
<b>SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO ..... 47</b>	

<b>3.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	47
<b>3.2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	48
3.2.1. <i>Área de estudio</i> .....	48
3.2.2. <i>Obtención de datos</i> .....	48
3.2.3. <i>Función de producción de leche y carne</i> .....	49
<b>3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	50
3.3.1. <i>Función de producción Cobb-Douglas para leche</i> .....	52
3.3.2. <i>Función de producción Cobb-Douglas para carne</i> .....	52
<b>5.4 CONCLUSIONES</b> .....	55
<b>IV. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>56</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Correlaciones simples y cruzadas de prácticas tecnológicas y variables productivas.....</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro 2. Análisis de correlación de variables productivas (y) vs prácticas tecnológicas (x). .....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 3. Correlaciones entre prácticas tecnológicas y las variables canónicas de características productivas.....</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 4. Tecnologías y actividades utilizadas para estimar en índice de adopción de tecnología en unidades del sistema de doble propósito en Chiapas, Sinaloa y Tabasco.</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro 5. Medias y desviaciones estándar de las características socioeconómicas de unidades de producción en el sistema de doble propósito del trópico mexicano.....</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 6. Estructura del hato de unidades de producción en el sistema de doble propósito. .....</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro 7. Medias y errores estándar de indicadores económicos según estado de la República Mexicana.....</b>	<b>41</b>
<b>Cuadro 8. Modelos de regresión para producción de leche y carne. ....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 9. Medias geométricas de producción anual de leche, becerros e insumos utilizados en el sistema de doble propósito.....</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 10. Producto marginal y valor del producto marginal de insumos utilizados en la producción de leche y carne en el sistema de doble propósito .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Etapas de una función de producción clásica .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. Análisis de correspondencia prácticas de manejo y épocas del año en el estado de Tabasco y Chiapas.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3. Análisis de correspondencia prácticas de manejo y épocas del año en la región noroeste de Sinaloa.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4. Porcentaje de ingresos por producto generado en los estados de Tabasco, Chiapas y Sinaloa. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 5. Participación de los costos variables por rubro por estado.....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El sistema de doble propósito se originó con la introducción ganado bovino de origen europeo (*Bos Taurus*) a América, distribuyéndose en diferentes regiones, propiciando la adaptación de los animales a una amplia variedad de climas. En la América tropical aproximadamente el 78% del total de la producción bovina se realiza bajo este sistema y aporta el 41% de la producción total de leche (FAO, 2017).

En México, el sistema de doble propósito predomina en los trópicos húmedos y sub-húmedos, y se desarrolla en más de 48 millones de ha; cuyo inventario de animales es de 10, 050,886 de cabezas de un total de 32, 939,529 de bovinos a nivel nacional (SIAP 2014). Se caracteriza por producir carne y leche, basado en cruza de ganado Criollo con Cebú y razas lecheras de origen europeo; frecuentemente el ordeño se realiza una o dos veces al día, mediante amamantamiento directo, para lo cual se amarra la cría a una pata de la vaca para estimular la bajada de la leche. En este sistema generalmente se mantiene a las crías junto a la madre hasta el destete (Vera *et al.*, 1994).

A la empresa pecuaria de doble propósito se le considera como una unidad social productora de bienes que satisfacen las necesidades de autoconsumo y del mercado, las cuales, al interactuar en un medio agroecológico y socioeconómico determinado, integra los recursos naturales, tecnológicos, humanos, culturales y de talento (Espinosa y Saldaña, 2003). De esta empresa se obtienen alimentos, principalmente leche y carne, para satisfacer las necesidades humanas e insumos para la agroindustria (Alonso y Alonso, 2001). El conocimiento del desempeño económico de la empresa permite evaluar su éxito financiero y con ello, tomar decisiones en beneficio de la misma (Anzures, 1997) que garanticen su permanencia a largo plazo

En la actualidad, se han generado metodologías de evaluación económica y estimación de indicadores para el sistema de doble propósito, basados en los registros de activos (terrenos, construcciones, ganado, maquinaria y cultivos) cuyo valor actual sirve al ganadero para conocer el monto total del capital invertido en su unidad de producción, el registro mensual de las ventas de leche y ganado (becerros, toretes, pie de cría y desechos) y gastos directos por alimentación , medicamentos, insumos para la ordeña, combustibles, agua y luz , entre

otros (Espinosa et al., 2010; Cortés *et al.*, 2012; Puebla *et al.*, 2015), con esta información se calculan los índices de desempeño de unidad de producción, basados en sus costos de producción, desglose de ingresos, utilidad bruta y neta, relación beneficio costo y rentabilidad sobre la inversión.

El registro técnico-económico y la implementación de prácticas modernas de manejo e innovación tecnológica, son de gran importancia en la toma de decisiones de la empresa pecuaria, minimizando los criterios de los productores basados en su experiencia práctica y en el conocimiento parcial de algunos aspectos de la operación, en los cuales se desconoce la herramienta apropiada para su análisis integral, impidiéndoles diseñar una estrategia general de operación acorde con las necesidades de la empresa (Parra *et al.*, 1998).

En esta investigación se midió el desempeño económico y la eficiencia técnica de las unidades de producción de doble propósito, usando metodologías de análisis multivariado y modelos econométricos en tres regiones tropicales de México, buscando generar información útil para que los productores, puedan tomar decisiones que beneficien a sus empresas y sirvan de apoyo a las políticas gubernamentales.

### **1.1. Objetivo general**

Realizar una evaluación técnico-económica del sistema de doble propósito en tres regiones del trópico mexicano, como base para incrementar la eficiencia productiva de los hatos de ganado bovino.

### **1.2. Objetivos particulares**

Determinar las características socioeconómicas, productivas y tecnológicas de las unidades de producción.

Relacionar algunas prácticas tecnológicas de las unidades de producción con sus indicadores productivos en tres épocas del año (lluvia, transición y seca) por área de estudio. .

Estimar la función de producción para producción de leche y carne en el sistema de doble propósito del trópico mexicano.

### **1.3. Hipótesis**

Las mejoras en las prácticas tecnológicas relacionadas con la alimentación, manejo de praderas, control sanitario y prevención de enfermedades afectan las variables de producción estudiadas.

Las prácticas de manejo tecnológico de las unidades de producción cambian con la época del año.

La producción de leche y carne en el sistema del doble propósito en el trópico mexicano es una actividad rentable.

El índice de adopción de tecnología en las unidades de producción influye en las variables de desempeño económico.

Las unidades de producción pecuarias en el sistema de DP utilizan de manera eficiente los insumos para producción de leche y becerros.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Sistema de producción del doble propósito en México**

El sistema de ganado bovino de doble propósito en México se realiza principalmente en regiones del trópico húmedo y seco del país, estas regiones abarcan aproximadamente el 25 % del territorio nacional (INEGI, 2016). En el sistema de DP la producción de leche se obtiene ordeñando las vacas con el apoyo del becerro, que estimula su descenso, dejando leche residual que aprovecha el becerro para su alimentación hasta el destete, y posteriormente los becerros son vendidos o engordados hasta peso de mercado, con aproximadamente 450 kg (Orantes- Zebadúa et al 2014; Gómez Castro et al 2002). La leche constituye la principal fuente de ingresos en las unidades de producción del doble propósito y se utiliza principalmente para mantener la operación de la explotación. La leche puede ser utilizada directamente para el consumo como leche bronca, elaboración artesanal de quesos o procesamiento agroindustrial (Orantes- Zebadúa et al 2014; Magaña et al 2006). En este sistema la alimentación se basa principalmente en el pastoreo de praderas y pastos naturales, usando pastos nativos e inducidos, con un mínimo de suplementación (Magaña et al 2006),

y utiliza razas *Bos indicus* y cruza con *Bos Taurus*, principalmente Suizo, Holstein ó Simmental (Orantes- Zebadúa et al 2014).

### **2.1.1. Estadísticas de producción de carne y leche del sistema de doble propósito en México**

En México se reporta un total de 32, 939,529 bovinos productores leche y carne, con una producción de 3, 417,740 t de carne en pie, 1, 845,236 t de carne en canal y 11,394, 663 L de leche, producidos en cuatro sistemas: especializado, semi especializado, doble propósito y familiar, en condiciones heterogéneas, desde el punto de vista tecnológico, socio-económico, climatológico y dispersión geográfica de las explotaciones (SIAP, 2015).

La ganadería de doble propósito se desarrolla en más de 48 millones de ha y concentra el 50 % del inventario nacional bovino (SIAP 2015), es una importante fuente de producción de carne y leche por el gran inventario de ganado con que cuenta. El sistema de doble propósito participa con el 19.5 % de la producción nacional de leche, y con el 34.5 % de la producción de carne basada en novillos para abasto, cría de becerros para exportación y la producción de pie de cría, por ello, el sistema de doble propósito se ha convertido en el mayor proveedor de becerros para engorda y finalización en corrales nacionales y de carne en canal para abasto.

### **2.1.2. Alimentación del ganado de doble propósito**

El pastoreo de gramíneas, leguminosas, y arboles forrajeros (Montiel et al., 2007).es la fuente principal de alimentación del ganado de doble propósito, aproximadamente durante 6 o 8 meses al año, desde inicios de primavera hasta mediados de otoño (Magaña et al 2006). Sin embargo, aunque los forrajes aportan nutrientes a un menor costo que los alimentos balanceados, su disponibilidad y calidad nutritiva es variable en la pradera y depende de la especie de la planta, estado de madurez y clima, por lo que es común suplementar con concentrados y sub productos agrícolas a los animales de acuerdo a su etapa fisiológica, lo que compensa los desbalances nutricionales de la pradera, y aumentar el consumo de nutrientes, cuyos beneficios son el incremento en la producción de leche, mejora de la condición corporal, mayor fertilidad de las vacas, mejora en la salud, e incremento de la carga animal en los potreros (Absalón-Medina et al., 2012)

### **2.1.3. Manejo de praderas en el sistema del doble propósito**

Para tener una producción alta y estable en la ganadería de doble propósito es necesario hacer un manejo racional de los recursos con los que se cuentan, como; suelo, pastos y animales (Rueda et al 2003). Existen diferentes prácticas de manejo de praderas que se pueden realizar en las unidades de producción, con el objetivo de utilizar de manera eficiente los recursos. Dado que la producción de forraje varía en el transcurso del año, se recomienda realizar un ajuste de carga animal, para que haya forraje disponible durante todo el año, y evitar el agotamiento de los potreros (Belisario et al., 2012), la carga animal afectara tanto la producción animal y de la pradera así como su composición; a baja presión de pastoreo o carga animal la producción por hectárea es baja, debido a una pobre utilización de la pastura, y con una alta presión de pastoreo o carga animal se alcanzan mejoras en la producción por hectáreas, pero la producción animal disminuye, esto puede provocar deterioro de las praderas e incluso erosión del suelo, por ello es importante aplicar una carga animal óptima, donde las praderas muestren una alta producción de forraje con la composición botánica deseada, y a su vez dé como resultado una alta producción animal. Además, es importante realizar una lotificación de hato de acuerdo a los requerimientos alimenticios, manejo similar de los animales, y asignarles potreros de acuerdo a sus necesidades, para tener una mayor productividad sin afectar las praderas (Cuesta- Muñoz 2005).

Realizar un pastoreo rotacional es importante para que las especies forrajeras presentes en las praderas puedan acumular reservas, crecer y persistir (Esqueda et al. 2009). Una de las características de los suelos tropicales es que son bajos en nutrientes (Magaña et al., 2006), es por ello que la rotación de praderas y la fertilización toman importancia porque permiten a los forrajes tener nutrientes y tiempo de recuperación, ya que la fertilización tiene como objetivo reponer nutrientes absorbidos por las plantas para su crecimiento y producción de biomasa. Para realizar una correcta fertilización es necesario conocer los nutrientes existentes en el suelo, así como su disponibilidad, además debe tomar en cuenta la especie forrajera existente en la pradera y lo composición botánica de esta. En la mayoría de las especies forrajeras la duración de la rotación varía de 15 a 45 días, este periodo de descanso les permite a las especies forrajeras crecer y no ser invadidas por plantas no deseables como malezas (Vázquez y Smith, 2000).

El control de malezas en las praderas es importante ya que compiten con las plantas forrajeras por agua, luz, nutrimentos y espacio y esta puede reducir la producción de forraje de un 20 hasta un 85 %, pueden ser hospederas de hongos, insectos y enfermedades que dañan a los insectos, al ser ingeridas por los animales puede provocar alteraciones metabólicas, neuromusculares, intoxicación, abortos e incluso la muerte (Garay et al. 2012). Existen diferentes tipos de control de malezas como son el manual, mecánico o químico.

#### **2.1.4. Manejo sanitario**

La implementación de un programa sanitario en las unidades de producción ayuda a prevenir enfermedades infecciosas y no infecciosas en los animales, que pueden ocasionar que estos disminuyan su producción de leche y ganancia de peso, para ello es necesario prevenir la entrada de enfermedades, controlar y erradicar las existentes en las unidades de producción.

Además existen problemas sanitarios que también afectan el nivel reproductivo de los animales, como son la brucelosis, leptospirosis y tuberculosis, que causan retención placentaria, abortos, nacimiento de crías muertas, becerros con bajo peso y débiles al nacimiento.

Para su prevención y control y conservación de un hato saludable es importante tener un programa de diagnóstico de enfermedades. Además de adoptar prácticas de higiene como; lavado de pezones, uso de pre sellador, sellador y utilización de toallas individuales para el secado de la ubre durante la ordeña, estas prácticas sanitarias benefician la producción de leche y disminuyen la incidencia de mastitis en las vacas (Bedoña y Leon, 2008). No llevar a cabo prácticas sanitarias en el ordeño aumenta la probabilidad de ocasionar mastitis sub-clínicas, que si no son detectadas a tiempo, se pueden convertir en mastitis clínicas ocasionando una disminución en la producción de leche y pérdida de la función de los cuartos afectados. Al implementar una rutina de ordeño con las debidas medidas de higiene, se disminuye la incidencia de mastitis y se evita que las vacas sean desechadas antes de que terminen su vida productiva (Bermudez y De silvestri, 2006)

Un calendario de vacunación y desparasitación ayuda a controlar enfermedades (Houdijk et al. 2011), la presencia de parásitos externos e internos que ocasionan reducción de la producción de leche, la ganancia de peso y aumento en la mortalidad de crías jóvenes, daño en las pieles, además de disminuir la tasa de crecimiento y el apetito con el consecuente incremento en los costos de producción (Torres-Acosta et al. 2006).

#### **2.1.5. Manejo reproductivo**

En el sistema de doble propósito las prácticas de manejo reproductivo son escasas, además de la carencia de los registros sobre eventos reproductivos. La falta de información no permite tomar decisiones acertadas sobre el manejo del hato, e identificar áreas de mejoramiento, establecer metas reproductivas realistas, o identificar oportunamente los problemas. Los principales indicadores del estado reproductivo de un hato, son los intervalos entre partos, periodo parto-concepción, tasa de concepción, número de servicios por concepción, intervalo entre servicios, días entre el parto y la primera inseminación, número de vacas en calor antes de los 45-60 días postparto y la edad al primer parto.

En el sistema de doble propósito se reporta que la vida reproductiva de las vaquillas inicia cuando están sexualmente maduras, aproximadamente a los 250 kg de peso y cuando las vaquillas llegan a los 350 kg de peso son consideradas aptas para la reproducción, este peso de alcanza entre los 17 y 24 meses de edad (Izquierdo y Gutiérrez, 2002) y pueden ser servidas por inseminación artificial o por monta directa, esta última es la técnica más usada es este sistema (Magaña et al., 2006), y una edad al primer partos de 35 meses (Izquierdo y Gutiérrez, 2002). La baja eficiencia reproductiva de este sistema de DP se relaciona edades avanzadas a la pubertad, largos intervalos entre partos y bajos porcentajes de concepción (Rojo-Rubio et al., 2008; Magaña et al., 2006). En general en la ganadería DP se reportan bajos índices reproductivos, con vacas que producen un becerro cada dos años, una tasa de parición de 40 a 50 %, ganancia de peso de 200 a 300 g animal<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, lo que evidencia un desarrollo inadecuado de los procesos fisiológicos normales que ocurren en edades posteriores (Pérez-Hernández et al., 2002)

## **2.2. Análisis multivariados una herramienta para la caracterización de sistemas en la ganadería**

Las unidades de producción en los sistemas ganaderos presentan un alto grado de heterogeneidad que está dada por diferentes condiciones sociales, económicas, técnicas, productivas (Coronel et al., 2005). Las metodologías de investigación relacionadas con los sistemas de producción tienen como base en conocimiento de los factores exógenos y endógenos que intervienen en los mismos. Por medios de las diferentes técnicas que existen en la estadística multivariada, estas pueden ser estudiadas, ya que permite agrupar las unidades de producción de acuerdo a sus principales diferencias y relaciones, buscando maximizar la homogeneidad dentro de grupos y la heterogeneidad entre los grupos (Köbrich et al 2003). La caracterización de las unidades de producción consiste en la descripción de sus principales características, y sus múltiples interrelaciones entre las unidades de producción, lo cual puede realizarse adecuadamente usando técnicas estadístico multivariadas, como las de Componentes Principales, el Análisis Clúster, y el de Correspondencia (Chalate-Molina et al., 2010; Avilez et al., 2010). Los resultados obtenidos con las diferentes metodologías de análisis de datos deben de ser validadas con los resultados obtenidos en la realidad de las explotaciones estudiadas. La información obtenida en un estudio de caracterización es de gran utilidad para proponer estrategias que permiten mejorar aspectos que tienen mayor incidencia en el desarrollo de las empresas ganaderas.

### **2.2.1. Análisis de correlaciones canónicas como herramienta para analizar datos en la ciencia animal**

El objetivo del Análisis de Correlación Canónica es el de establecer la relación, entre dos grupos de variables (dependientes e independientes), identificando la estructura óptima de cada conjunto de manera que maximice su relación. Para ello se desarrollan varias funciones canónicas que maximizan la correlación entre combinaciones lineales, conocidos como valores teóricos canónicos, un valor teórico para las variables dependientes y otro para las variables independientes (Hotelling, 1936).

En las ciencias pecuarias esta técnica se ha empezado a utilizar por la necesidad que se tiene de explicar la relación entre conjuntos de variables dependientes e independientes, Keskin et al (2004) utilizó esta técnica para explicar la relación entre un conjunto de variables de

rasgos reproductivos (Y) de las vacas y otro conjunto de variables (X) sobre variables de producción de leche, mientras Liu et al (2010) aplicó esta técnica para estimar la relación entre el contenido de diferentes tipos de inmunoglobulinas en la leche con variables de producción de leche. En el área de producción de carne también se ha utilizado esta técnica para relacionar las el conjunto de variables de manejo animal previo el sacrificio sobre las características que determinan la calidad de la canal en cerdos (Jerez-Timaure et al, 2013).

### **2.2.2. Análisis de correspondencia como herramienta para analizar datos en la ciencia animal**

En análisis de correspondencia es una técnica multivariada de interdependencia usada para reducir la dimensión en el caso de variables cualitativas, además sirve para describir e interpretar las relaciones entre variables categóricas a través de un gráfico geométrico (Johnson y Whichern 1998). Esta técnica se ha usado en la ganadería para describir los sistemas de producción en diferentes especies animales bovinos (Solano et al., 2000) cabras (Siegmund-Schultze y Rischkowsky 2001).

### **2.3. Análisis económico de la empresa agropecuaria**

La empresa agropecuaria tiene como objetivo la producción de bienes económicos, a partir de una adecuada combinación de los recursos naturales y el esfuerzo del hombre, desarrollando actividades como; cultivo de la tierra y aprovechamiento de pastos para la producción animal. Marcial (1978) define como empresa agropecuaria a una organización jurídicamente establecida, que se dedica a la explotación agrícola-pecuaria aprovechando sus recursos naturales de forma controlada, con la finalidad de establecer costos y obtener beneficios para su crecimiento económico, bajo una coordinación adecuada de los factores que inciden en la producción.

Las empresas agropecuarias buscan un beneficio económico, por esta razón es importante su administración. Para el seguimiento económico de las diversas actividades de las empresas es necesario el registro permanente de información, que es la base para generar indicadores de desempeño económico, pues están conformados por las operaciones realizadas en el negocio, ya sea productivas, ambientales, de alimentación, reproducción, etc., además de ser una herramienta que provee certeza en el proceso de toma de decisiones

### **2.3.1. Componentes del costo**

En las empresas agropecuarias es importante tomar en cuenta los costos de los recursos usados para la producción. El costo de producción se define como la valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicación de un bien, incluyendo el costo de los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de la fabricación asignados a los trabajos del proceso. Los costos de producción de una empresa pueden subdividirse en los siguientes elementos: salarios, jornales, alquileres, depreciación de los bienes de capital, costo de la materia prima, intereses sobre el capital de operaciones, seguros, es decir los costos es la suma de gastos, amortización e interés (Aleman-Morales, 2008).

### **2.3.2. Costos fijos**

Los costos fijos son aquellos en que necesariamente incurre la empresa al iniciar sus operaciones, en el corto y mediano plazo y no varían con el volumen de producción es decir se mantienen constantes. Entre estos costos esta la depreciación. Para el cálculo de la depreciación de activos se utiliza en método de línea recta que es;

$$\text{Depreciación} = \frac{(\text{Valor inicial del activo} - \text{Valor de desecho del activo})}{\text{Años de vida útil}}$$

En estos costos esta la administración de la empresa. Cuando el propietario del rancho no recibe un salario por esta actividad se considera un costo de 3 % de los ingresos brutos por la venta de productos generados (Espinosa et al., 2010).

### **2.3.3. Costos variables**

Los costos variables son aquellos que cambian al modificarse el volumen de producción. Este costo se mueve en la misma dirección del nivel de producción. De acuerdo con Espinosa et al. (2010), los costos variables están constituido por la suma aritmética de los costos de la mano de obra, alimentación, animales para engorda, salud animal y otros costos que se efectuaron durante el periodo de análisis. Los costos variables están en función de la magnitud de las operaciones del rancho. Guevara et al. (2008) reporta que los gastos variables (ganado, fertilizantes, mano de obra eventual, suplementación, ensilaje, medicamentos) representaron el 48 % de los gastos de operación de una empresa ganadera de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz, mientras Granados et al. (2011) informaron que el

costo de los insumos variables representaron el 13.1 % de las unidad de producción en el sistema de doble propósito en Tabasco.

#### **2.3.4. Costos totales**

Los costos totales es la suma de los costos variables más los costos fijos de la empresa durante el periodo de análisis.

#### **2.3.5. Ingresos**

Para realizar el análisis de las empresas pecuarias, en un periodo de tiempo, los ingresos deben clasificarse en tres tipos de ingresos, el primero es por la venta de los productos generados por la empresa, como; leche, pie de cría, becerros al nacimiento, al destete, animales para abasto, yogurt, quesos etc. El segundo son los ingresos potenciales por productos generados no vendidos durante el periodo de análisis, estos se estiman evaluando el cambio de inventario de productos generados. Y el tercero son los ingresos totales, que son la suma de los ingresos generados por venta de productos más los ingresos potenciales (Espinosa et al., 2010).

#### **2.3.6. Desempeño económico**

Existe una gran variedad de indicadores desempeño económico como: utilidad, rentabilidad, relación beneficio-costos y punto de equilibrio, que sirven como herramienta al productor para evaluar las acciones realizadas y por realizar en la unidad de producción, ya que le brindan información para tomar una mejor decisión y así cumplir con los objetivos de rentabilidad y generación de ganancias de la empresa agropecuaria (Torres y Rivera 2005).

#### **2.3.7. Costo unitario de producción**

Las empresas pecuarias generan diferentes productos como; leche, pie de cría, becerros al nacimiento, al destete, animales para abasto, yogurt y quesos. El costo unitario de producción se refiere a lo que cuesta obtener una unidad de producto. Este costo se calcula dividiendo el costo total de producción de cada producto generado entre el total de unidades producidas (Espinosa et al., 2010).

### **2.3.8. Utilidad**

Este indicador es la ganancia monetaria de la empresa durante el periodo de análisis. Se calcula restando los costos totales a los ingresos totales (Espinosa et al., 2010).

### **2.3.9. Rentabilidad**

La rentabilidad indica en términos porcentuales la utilidad o pérdida por cada peso que la empresa destina para pagar los costos de producción. Se estima dividiendo la utilidad entre los costos totales de producción (Espinosa et al., 2010).

### **2.3.10. Relación beneficio costo**

La relación beneficio costo de la empresa permite realizar un diagnóstico de la situación del negocio, el cual inicia con el levantamiento de un inventario de todo lo que el productor posee y debe en determinado momento, la cual, una vez clasificada y analizada la información permite mejores decisiones (Pech, 2003).

La relación beneficio-costo indica cuánto se gana en términos monetarios por cada peso que se gasta. Para estimar este indicador se evalúan los costos totales de producción y los ingresos totales por la venta de los productos (Espinosa et al., 2010). Una relación beneficio- costo aceptable debe ser mayor o igual a uno, esto significa que si es igual a uno los gastos se recuperaron, y si es mayor a uno, además de recuperar los gastos se está obteniendo una ganancia extra, mientras si el valor es menor a uno los gastos no se están recuperando.

### **2.3.11. Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio permite determinar si las ventas de una empresa o unidad de producción cubren los costos de producción, este es el punto donde los costos totales de un determinado volumen de ventas son iguales a los ingresos. El punto de equilibrio se puede calcular tanto para unidades como para valores en dinero. Es decir cuántas unidades la empresa tiene que vender para poder cubrir los totales o cual es el valor en ventas que la empresa tiene que alcanzar para cubrir los gastos totales. Además permite establecer un punto de referencia, a partir del cual, un aumento en los volúmenes de unidades producidas y de venta resultara en la generación de ganancias, no obstante, una disminución ocasionará perdidas (Cabrera de Jesús, 2013).

## **2.4. Función de producción**

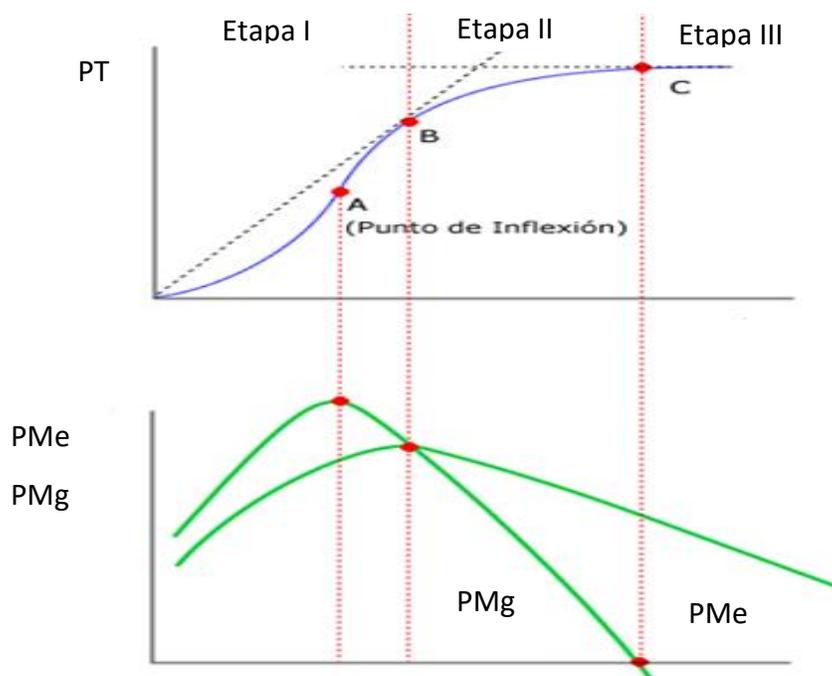
La función producción en la microeconomía es una herramienta utilizada para medir los elementos determinantes de la sustentabilidad de la empresa y mide la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de insumos que se utiliza para su obtención. Esta función describe lo que es técnicamente factible cuando la empresa opera eficientemente, es decir, cuando la empresa utiliza cada combinación de insumos en forma tan efectiva como es posible (Debertin, 1986).

La función de producción clásica presenta tres etapas, la primera relacionada con el producto marginal (PMg), que es el aumento del producto total cuando aumenta en una unidad la cantidad utilizada de un insumo, en segundo lugar, con el producto medio (PMe), que se define como la cantidad promedio producida, para cada unidad de un determinado insumo y tercero, con el producto total (PT), que es la cantidad de bienes producidos por todos los trabajadores e insumos aplicados a la producción (Debertin, 1986).

### **2.4.1. Etapas de la producción**

En la Figura 1. Se observan las tres etapas de la producción de una función clásica.

Etapa I: Empieza del origen hasta que el producto medio se hace máximo, se caracteriza porque el  $PMg > 0$ ; el  $PMg > PMe$  indica que al añadir una unidad más de trabajo, el producto medio aumenta, por lo tanto al productor no le conviene detener la producción en esta etapa.



**Figura 1. Etapas de una función de producción clásica**

Etapa II: Inicia donde el PMe es máximo hasta donde el PMg se hace cero. Se caracteriza por:  $PMg \geq 0$ ; el  $PMg < PMe$ , por lo tanto el producto medio decrece. Es la etapa de la producción aceptable para el productor racional (Figura 1).

Etapa III: El  $PMg < 0$ , en esta etapa la producción comienza a disminuir y el productor no debería operar, debido a que podría aumentar la producción total utilizando menor cantidad de insumo variable. Por ejemplo, en esta etapa la producción de leche se mantendría sin cambio pero los insumos se incrementarían lo cual encarecería el producto, es decir estoy incrementando insumos que ya no me van a generar ganancia. .

#### **2.4.2. Ley de los rendimientos a escala**

La ley de los rendimientos decrecientes muestra de disminución o aumento de un producto a medida que se añade un insumo. En el análisis neoclásico de la producción se distingue en corto y largo plazo. Para el corto plazo, la ley de los rendimientos decrecientes es técnicamente la más influyente en las decisiones que sobre el nivel de producción que tiene que tomar el productor; en el largo plazo, los cambios en la producción son resultantes de

cambios en todos los insumo, cuando los insumos se modifican en la misma proporción los resultados en la producción dependen de los rendimientos a escala. La ley de los rendimientos a escala es la base para explicar técnicamente la producción, independientemente de los precios, de los mercados y de las relaciones monetarias (Huerta, 2001).

#### **2.4.3. Rendimientos constantes a escala**

Estos rendimientos se dan cuando el nivel de producción aumenta al mismo ritmo que se aumentan los insumos de producción.

#### **2.4.4. Rendimientos crecientes a escala**

Los rendimientos crecientes se dan cuando se aumentan al doble los insumos la producción aumenta más que el doble.

#### **2.4.5. Rendimientos decrecientes a escala**

También denominados economías a escala. Estos ocurren cuando la producción total crece menos que proporcional en relación a los insumo es decir hay rendimientos decrecientes

### **2.5. Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción en sistema agropecuario**

Un modelo econométrico es una representación simplificada y en símbolos matemáticos de cierto conjunto de relaciones económicas y está formado por una o varias ecuaciones en las que la variable endógena depende de una o varias variables explicativas (Caridad, 1998).

Las funciones de producción son modelos econométricos que tienen como objetivo medir las relaciones causa-efecto, entre los insumos utilizados en el proceso de producción y la cantidad de producto generado, que sirven para mejorar el procedimiento de toma de decisiones de la empresa pecuaria, ya que permite hacer un análisis en términos de eficiencia técnica, económica, y de sustentabilidad.

Las actividades en el sector agropecuario se realizan en un entorno ecológico dinámico, lo que hace que su estudio sea de gran complejidad. La planificación y toma de decisiones, en

consecuencia, no debe efectuarse sin considerar la variabilidad que muestran los elementos que intervienen en su funcionamiento (Acero et al., 2004).

### **2.5.1. Modelo de regresión lineal múltiple**

El modelo de regresión múltiple tiene como objetivo explicar el comportamiento de una determinada variable llamada endógena o dependiente (Y) en función de un conjunto de variables independientes o explicativas ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ) mediante una relación de dependencia lineal. Este puede ser aplicado a datos provenientes de corte transversal y de series temporales, las cuales pueden ser expresadas mediante el siguiente modelo lineal:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + U$$

Entre las relaciones funcionales de regresión lineal múltiple utilizadas comúnmente para la determinación de funciones de producción destacan las siguientes;

### **2.5.2. Función lineal**

Esta función asocia dos o más variables de tal forma que la variable endógena se calcula a partir de las variables explicativas  $X_s$ , siendo  $\alpha$  la ordenada al origen,  $\beta$  el coeficiente de regresión,  $\varepsilon$  el error aleatorio, siendo  $\varepsilon$  y  $\beta$  independientes de X e Y, y no pudiendo estar X elevada a ninguna potencia.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

En el área de ganadería, Peralta-Lailson *et al.* (2005) utilizó este modelo para medir los efectos ambientales que modifican el rendimiento de la leche de ovejas criollas mientras que Kirton *et al.* (1984) con esta metodología identificó que el espesor de la canal tomado entre la onceava y doceava costilla, siendo esta variable la que tiene mayor relación con la composición química de la grasa en canales de corderos.

### 2.5.3. Función cuadrática

El modelo polinomial de segundo orden o de efectos cuadráticos puede ser expresado de la siguiente forma:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + \varepsilon$$

Donde  $\alpha$  corresponde al intercepto o término independiente,  $\beta_1$  es el coeficiente lineal o de primer grado,  $\beta_2$  es el coeficiente cuadrático o de segundo grado y  $\varepsilon$  corresponde al error.

En los sistemas agropecuarios esta función ha fue utilizada por Pech *et al.*, (2002), para estimar la producción de leche y carne producida en el sistema de doble propósito en la zona oriente del estado de Yucatán, y para determinar la relación que existe entre las variables que determinan la calidad de la carne y el peso al sacrificio de los corderos (Okeudo y Moss, 2008).

### 2.5.4. Función cubica

Una función de producción de un factor suele tener un rango de rendimientos crecientes, seguido por una etapa de rendimientos decrecientes y posteriormente por resultados negativos. Una forma de representar este fenómeno es mediante una función cubica o también llamada polinomio de tercer grado, que puede ser representada por (Yunker, 2008).

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 - a_3 X^3$$

Donde Y es la variable dependiente, X es al factor de producción,  $a_0$  corresponde al intercepto y  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  son parámetros positivos.

Este tipo de función presenta escasa aplicación en la investigación, dada la dificultad de trabajar con polinomios, sin embargo Kunene *et al.* (2009) utilizo esta metodología para predecir el peso vivo de las ovejas Zulu a través de la relación con la medida de perímetro torácico y la altura de la cruz.

### 2.5.5. Función hiperbólica

Las funciones hiperbólicas se caracteriza porque la a productividad marginal es creciente y posteriormente decreciente para un solo factor o insumo. Esta función se ha aplicado para predecir la producción diaria de leche en vacas con alto grado de encaste Brown Swiss, determinando que dicha función subestima la producción de leche en la 1ª semana y entre la 8ª y 24ª semana y sobreestima la producción de leche desde la 2ª hasta la 7ª semana y desde la 25ª hasta la 43ª semana (Aspilcueta et al., 2008). El modelo de función hiperbólica lineal utilizado por dichos autores puede ser representado como:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2x^{-1}$$

Donde,  $y$  es la producción diaria de leche,  $X$  es la semana de la lactación y  $b_0$ ,  $b_1$  y  $b_2$  son los parámetros de cada función.

## 2.6. Modelo no lineales

Un modelo de regresión no lineal se define como cualquier modelo en el cual los parámetros están elevados a una determinada potencia. Existen modelos no lineales pero que pueden linealizarse mediante alguna transformación de variable, como puede ser la logarítmica. Un tipo de función que utiliza la metodología de linealización corresponde a la de Cobb-Douglas.

### 2.6.1. Modelo de Cobb-Douglas

El modelo de Cobb-Douglas, para la determinación de la función de producción, fue definido por Cobb y Douglas en 1928, correspondiendo a una de los modelos para la determinación de las funciones de producción más comúnmente utilizados. Su forma general puede ser expresada como:

$$Y = A \prod_{i=1}^{i=n} V_i^{\alpha_i}$$

Donde,  $Y$  es la cantidad de producto obtenida,  $A$  es el denominado parámetro constante de eficiencia,  $\alpha_i$  los parámetros de elasticidad y las  $V_i$  cantidades de los factores productivos empleados.

La transformación de esta función se realiza por medio de la obtención de los logaritmos neperianos de la función original. De manera que, la función original:

$$Y_i = e^\alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} e^{-u_i}$$

Se transforma a  $\ln Y_i = \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_i \ln X_i - U_i$

En el área de ganadería esta función ha sido aplicada para estimar la producción de leche (Bravo-Ureta y Rieger, 1990) y la producción porcina (Colom et al., 1995).

### **2.6.2. Estimación de una regresión Cobb-Douglas por regresión multiplicativa**

Este método permite obtener una función de Cobb-Douglas de manera directa, definido por la fórmula general del modelo con sus variables explicativas, obteniéndose los estimadores de los parámetros de la ecuación y los intervalos de confianza para cada uno de los parámetros estimados, presentando significancia estadística de aquellos parámetros que en su intervalo de confianza no presenten el valor 0.

### **2.6.3. Estimación de una regresión Cobb-Douglas por regresión lineal de datos transformados**

El método indirecto necesita la obtención del logaritmo neperiano de los datos originales, tanto para las variables independientes como para la dependiente. Posteriormente, por medio de una regresión se obtiene el modelo de función de producción de Cobb Douglas.

# **CAPÍTULO I. RELACION ENTRE PRÁCTICAS TECNOLÓGICAS DE MANEJO Y SUS INDICADORES PRODUCTIVOS.**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Una de las actividades del medio rural más diseminadas en México es la ganadería bovina de doble propósito (DP), cuya finalidad es producir leche y carne, este sistema basa su alimentación en el pastoreo, utiliza cruza de *Bos Taurus* x *Bos indicus* y se desarrolla principalmente áreas tropicales (Rojo-Rubio *et al.*, 2009). La ganadería de DP representa una importante vía de producción de carne y leche ya que se desarrolla en más de 48 millones de ha con un inventario de 10, 050,886 de cabezas de un total de 32, 939,529 animales productores leche y carne a nivel nacional (SIAP 2014).

Dada la importancia de la ganadería de DP en México es trascendental desarrollar estrategias que permitan al productor hacer eficiente el uso de sus recursos a través de las diversas prácticas tecnológicas que realiza tales como la alimentación, sanidad, reproducción y manejo de praderas, ya que a estas se les atribuye tener un impacto en las variables productivas, principalmente en la producción de leche y ganancias de peso. Aunque, es necesario cuantificar el grado de asociación entre estas prácticas tecnológicas y la producción (Garcia-Martinez *et al.*, 2015). Y de esta forma establecer de manera cuantitativa cuales son las que tienen mayor impacto en las variables productivas.

Al considerar que la producción bovina en la ganadería depende de diversos factores y con el objetivo de establecer una ponderación de los mismos, se analizaron las variables productivas y prácticas tecnológicas realizadas en unidades de producción, mediante la técnica multivariada de Correlaciones Canónicas para conocer el grado de asociación existente entre ambos grupos de variables. Esta técnica permite determinar la magnitud de las relaciones que pueden existir entre los dos grupos de variables (dependientes e independientes) a través de obtener un conjunto de ponderaciones para cada grupo, de manera que las combinaciones lineales de cada conjunto tengan una máxima correlación (Hair et al 2006).

Además dada la diferencia en las actividades de manejo en las unidades de producción y la frecuencia de realización de estas actividades en el transcurso de año, mediante un análisis

de correspondencia múltiple que provee la información necesaria para formar un espacio matemático y poder medir similitudes o disimilitudes entre individuos se identificaron las principales actividades que los productores realizan en diferentes épocas del año (Johnson y Whichern 1998).

Esta información permitirá a los asesores técnico, productores, a tomar decisiones sobre la frecuencia y uso de las diversas practicas tecnológicas que serán prioritarias para aumentar la producción en las unidades del sistema de doble propósito.

## **1.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.2.1. Descripción del área de estudio**

Localización. La investigación se realizó en tres regiones costeras del trópico mexicano, la Región 1 se localiza en la parte central del estado de Tabasco con coordenadas 17° 51' N, 93° 23' O y 29 msnm; clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 26.4 °C y precipitación media mensual de 190.85 mm. La región II se ubicada en la zona costera de Chiapas a 15° 41' 12" N y 93° 12'33" O y altitud 57 msnm, clima cálido sub húmedo, temperatura media anual de 28 °C, precipitación media mensual de 80 mm. La Región III se localiza en el noroeste de México en el estado de Sinaloa, a 23° 14' 29" N y 106° 24' 35" O y altitud 10 msnm, clima tropical semi húmedo, temperatura media anual de 26.0 °C, precipitación media mensual de 63 mm (CNA, 2016).

Manejo del ganado. El hato nacional bovino cuenta con aproximadamente 32 millones de cabezas de ganado, de las cuales el 18% se desarrolla en las tres regiones de estudio en un sistema de doble propósito (SIAP 2016), basado en cruzas de *Bos indicus* con *Bus taurus*, principalmente Cebú x Suizo Pardo en condiciones de pastoreo con forrajes nativos e introducidos. El tamaño de las explotaciones varía de 12 ha a 450 ha, con hatos de 40 a 200 cabezas.

Colecta de datos. Durante el periodo de julio 2012 - junio 2013 se obtuvieron datos mensuales de 30 unidades de producción (UP), diez por región, mediante encuesta directa con los productores y medición periódica de la producción y registro de eventos productivos y reproductivos en los animales. Se diseñaron cédulas para el registro y seguimiento de prácticas tecnológicas realizadas en las UP relacionadas con manejo de hato, sanidad, alimentación, manejo de praderas.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis descriptivo de la información y se eliminaron datos aberrantes (outliers). Para estimar la asociación entre prácticas tecnológicas y variables productivas se aplicó un análisis de Correlación Canónica, usando el procedimiento PROC CANCORR de SAS 9.4 (SAS Institute, 2013). Las prácticas tecnológicas dieron origen a la matriz X e incluyeron:  $x_1$ . Uso de suplementos,  $x_2$ . Manejo de praderas (MANPRA),  $x_3$ . Sanidad durante la ordeña (SANORD) y  $x_4$ . Prevención y control de enfermedades (PCE),, cuyos valores se construyeron usando una escala de 1 a 4, asignando el valor más bajo cuando solo se realizaba una sola actividad y el más alto con 4 o más actividades. El manejo de praderas consideró la carga animal, rotación de praderas, lotificación de hato y control de malezas; las sanidad incluyó el lavado de pozones, uso de pre sellador y sellador, utilización de toallas individuales para el secado de la ubre; la prevención y control de enfermedades incluyó el diagnóstico y prevención de mastitis y brúcela, aplicación de vacunas y desparasitación; el uso de suplementos alimenticios se cuantificó en meses. Las variables productivas identificaron la matriz Y, que incluyó la producción promedio diaria de leche, porcentaje de vacas en ordeña y número de crías. Estas variables fueron estandarizadas para evitar sesgos debidos a la magnitud de las unidades de medida.

En forma complementaria se usó un análisis multivariado de correspondencia múltiple usando SAS 9.4 (SAS Institute, 2013) que permitió identificar la intensidad y estructura de la relación entre prácticas tecnológicas y época de año (lluvia, transición y seca) por región. Esta técnica permite estudiar la relación entre variables según las distancias en puntos representados gráficamente en un plano (Jhonson & Wichern, 2002). Las practicas tecnológicas estudiadas fueron; lotificación de hato (LH), ajuste de carga animal (ACA), suplementación con concentrados (SC), forrajes conservados (FC), uso de residuos agroindustriales (RA), inseminación artificial (IA), diagnostico de gestación (DG), desparasitación interna y externa (DIYE), pre sellador y sellador (SYP), prueba de tazón de fondo oscuro (TFO), prueba de california (PC), control de malezas (CM), diagnóstico y control de brúcela (DCB).

### 1.3 RESULTADOS DISCUSIÓN

Las prácticas tecnológicas se correlacionan positivamente con las variables productivas (Cuadro 1). La producción de leche tiene una correlación positiva con la suplementación de concentrados (0.76), manejo de praderas (0.62), prácticas sanitarias en el ordeño (0.67) y la prevención y control de enfermedades (0.63). El porcentaje de vacas en ordeño se ve beneficiada por la suplementación (0.73), manejo de praderas (0.55) y las practicas sanitarias en el ordeño (0.62).

**Cuadro 1. Correlaciones simples y cruzadas de prácticas tecnológicas y variables productivas.**

CARACTERÍSTICAS	PRACTICAS TECNOLÓGICAS				PRODUCTIVOS		
	SUPLE	MPRAD	SANORD	PCE	PLECHE	PVO	NCRÍAS
SUPLE	1.000	0.532*	0.656*	0.397	0.760*	0.736*	-0.214
MPRAD		1.00	-0.599*	-0.342	0.623*	0.553*	0.387
SANORD			1.00	0.49*	0.676*	0.623*	-0.090
PCE				1.00	0.633*	0.350	-0.276
PLECHE					1.00	0.747*	-0.402
PVO						1.00	-0.312
NCRÍAS							1.00

SUPLEM= Suplementación alimenticia; MANPRA=Manejo de praderas; SANORD=Practicas sanitarias en el ordeño; PCE =Prevención y control de enfermedades; PLECHE= producción de leche; PVO= Porcentaje de vacas en ordeño; NCRIAS= Número de crías. \*P<0.05

El análisis canónico definió tres correlaciones, de las cuales la primera resultó significativa mostrando un coeficiente de correlación de 0.87 ( $r^2=0.76$ ) y explica el 89.0 % de la variación. La segunda y tercera correlación canónica son menores y no significativas ( $P >.01$ ).

**Cuadro 2. Análisis de correlación de variables productivas (y) vs prácticas tecnológicas (x).**

Variables canónicas	Combinación de variables canónicas estandarizadas	Valores propios	Correlación canónica	Correlación canónica cuadrada	Proporción	Acumulado	P value
Primer conjunto de variables canónica	$U_1=0.574*\text{SUPLE}-0.214*\text{MPRAD}+0.156*\text{SANORD}+0.295*\text{PCE}$ $V_1=0.820*\text{PLECHE}+0.254*\text{PVO}+0.064*\text{NCRIAS}$	3.336	0.877	0.769	0.890	0.890	<.0001
Segundo conjunto de variables canónica	$U_2=0.366*\text{SUPLE}+0.696*\text{MPRAD}+0.92*\text{SANORD}-0.865*\text{PCE}$ $V_2=-0.609*\text{PLECHE}+1.02*\text{PVO}+0.792*\text{NCRIAS}$	0.308	0.485	0.235	0.082	0.972	0.1633
Tercer conjunto de variables canónica	$U_3=0.398*\text{SUPLE}+0.900*\text{MPRAD}+0.687*\text{SANORD}+0.671*\text{PCE}$ $V_3=1.181*\text{PLECHE}-1.06*\text{PVO}+0.749*\text{NCRIAS}$	0.104	0.307	0.094	0.027	1.000	0.2885

SUPLEM= Suplementación alimenticia; MANPRA=Manejo de praderas; SANORD=Prácticas sanitarias en el ordeño; PCE =Prevención y control de enfermedades; PLECHE= producción de leche; PVO= Porcentaje de vacas en ordeño; NCRIAS= Número de crías; U<sub>1</sub> a U<sub>3</sub>: primera a la tercera variable independiente; V<sub>1</sub> a V<sub>3</sub>: primera a la tercera variable dependiente.

La estructura de la correlación canónica (Cuadro 2), indica que la primera variable canónica incluye principalmente la información sobre la producción de leche (0.820). Por lo tanto la primera combinación de la variación canónica estandarizada podría ser considerada como una medida de la producción de leche predecible.

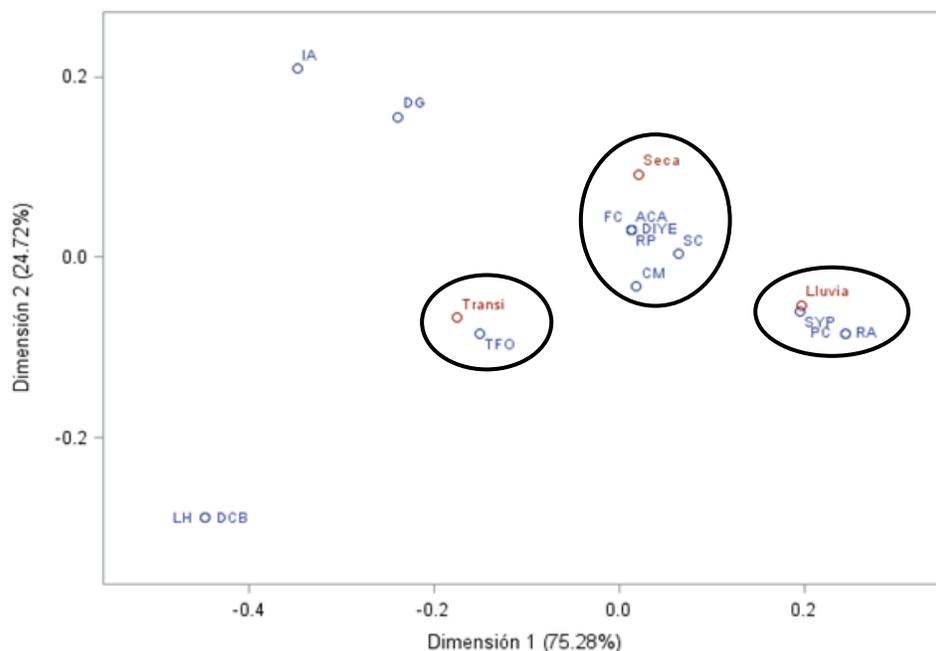
Las prácticas tecnológicas influyen en forma positiva los aspectos que integran las variables productivas (Cuadro 3). La suplementación es la que mayor peso registra en la variable canónica PRODUCTIVA1 (0.79), la segunda es la SANORD (0.707) seguido de PCE (0.590).

**Cuadro 3. Correlaciones entre prácticas tecnológicas y las variables canónicas de características productivas.**

	PRODUCTIVOS1	PRODUCTIVOS2	PRODUCTIVOS3
SUPLE	0.797	0.126	-0.049
MPRAD	-0.627	0.117	0.145
SANORD	0.707	0.158	0.066
PCE	0.590	-0.244	0.166

SUPLEM= Suplementación alimenticia; MPRA=Manejo de praderas; SANORD=Prácticas sanitarias en el ordeño; PCE = prevención y control de enfermedades.

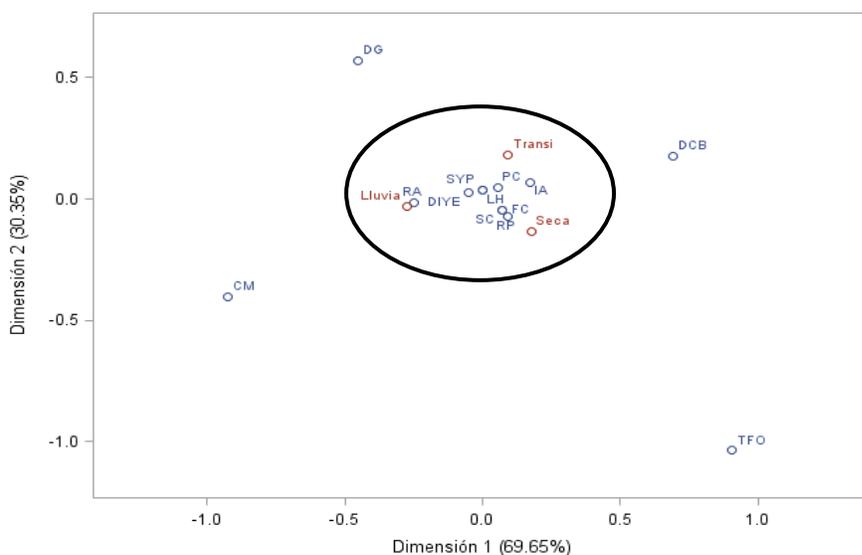
El análisis de correspondencia mostro una asociación entre la realización de prácticas tecnológicas y época de año en la región central de Tabasco y costera de Chipas Figura 2. La época de seca mostró una asociación con el ajuste de carga animal (ACA), rotación de praderas (RP), desparasitación interna y externa (DIYE), suplementación con forrajes conservados (FC), suplementación con concentrados (SC), y control de malezas en las praderas (CM). Mientras que las prácticas tecnológicas asociadas a la época de lluvia fueron; prueba de california para la detección de mastitis (PC), uso de sellador y pre sellador en la ordeña (SYP) y la suplementación con residuos agroindustriales (RA). En la época de transición el uso del tazón de fondo oscuro para diagnóstico de mastitis (TFO).



**Figura 2. Análisis de correspondencia prácticas de manejo y épocas del año en el estado de Tabasco y Chiapas.**

LH= lotificación de hato; ACA= ajuste de carga animal; SC=suplementación con concentrados; FC=forrajes conservados; RA=uso de residuos agroindustriales; IA= inseminación artificial; DG=diagnóstico de gestación; DIYE=desparasitación interna y externa; SYP=pre sellador y sellador; TFO= prueba de tazón de fondo oscuro; PC=prueba de california; CM= control de malezas; DCB=diagnóstico y control de brúcela.

El análisis de correspondencia para la región noroeste del estado de Sinaloa, mostró que los productores realizan las siguientes practicas tecnológicas durante las tres épocas del año (lluvia, transición y seca) Figura 3: Forrajes conservados (FC), suplementación con concentrados (SC) y de residuos agroindustriales (RA), rotación de praderas (RP), lotificación de hato (LH), desparasitación interna y externa (DIYE), inseminación artificial (IA), prueba de california para la detección de mastitis (PC), uso de sellador y pre sellador en la ordeña (SYP).



**Figura 3. Análisis de correspondencia prácticas de manejo y épocas del año en la región noroeste de Sinaloa.**

LH= lotificación de hato; ACA= ajuste de carga animal; SC=suplementación con concentrados; FC=forrajes conservados; RA=uso de residuos agroindustriales; IA= inseminación artificial; DG=diagnóstico de gestación; DIYE=desparasitación interna y externa; SYP=pre sellador y sellador; TFO= prueba de tazón de fondo oscuro; PC=prueba de california; CM= control de malezas; DCB=diagnóstico y control de brúcela.

La suplementación alimenticia esta correlacionada positivamente con la producción de leche. Esta correlación positiva coincide por lo reportado por Balocchi *et al.* (2002) quien suplementó vacas en pastoreo con un concentrado a base de pulpa seca de remolacha y otro a base de granos ( $6 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) los animales que recibieron suplemento produjeron más leche que animales que solo estaban en pastoreo, mientras que Montiel *et al.* (2007) encontraron que la suplementación alimenticia con concentrado (1 % de su peso vivo) aumenta la producción de leche. Esto toma importancia ya que la producción de forrajes en cantidad y calidad es variable en el transcurso de año, Montiel *et al.* (2007) reporta que en el trópico mexicano en la época de invierno hay una baja disponibilidad de forraje, y la madurez de este en el verano, no permite satisfacer los requerimientos de las vacas en producción de leche, por lo que recomienda suplementar con concentrados en estas épocas para mantener la producción de leche constante durante el año.

Las prácticas tecnológicas de manejo de praderas benefician la producción de leche, Vázquez y Smith (2000), reportaron que la productividad de animales en pastoreo, está relacionado con el manejo de praderas, como; la intensidad de pastoreo, elección del sistema de pastoreo, fertilización y control de malezas. Un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales disponibles aumenta la producción de leche de animales.

Realizar prácticas sanitarias durante el ordeño tiene un impacto positivo en el porcentaje de vacas en ordeño y la producción de leche. Estas prácticas reducen la incidencia de mastitis en el hato, evitando que las vacas sean desechadas y aumenten su vida productiva. (Caicedo *et al.*, 2011).

La prevención y control de enfermedades oportuno en el hato se correlaciona positivamente con la producción de leche. Caicedo *et al.* (2011), mencionan que las dos principales razones de desecho de vacas es causada por mastitis y fallas reproductivas. El objetivo del diagnóstico y control de enfermedades es minimizar las pérdidas de productividad debido a enfermedades (Trujillo *et al.* 2011).

El análisis de correlaciones canónicas indica un alto grado de asociación entre las prácticas tecnológicas y las variables de producción en el sistema de producción bovino de doble propósito, ya que explica en 89 % de la variación observada. Las diferentes prácticas tecnológicas en el manejo del hato son importantes ya que de estas dependerán los resultados de la producción de carne y leche Castro *et al.* (2012), mencionan que los principales problemas que impide el éxito en el desarrollo de la producción lechera de doble propósito es el inadecuado manejo en la alimentación, reproducción y programas sanitarios para la prevención y control de enfermedades, puesto que son los factores que más fuertemente repercuten en los parámetros productivos como ganancias diarias de peso y producción de leche.

La correlación entre las prácticas tecnológicas y las variables canónicas de características productivas, la suplementación alimenticia es la que mayor peso tiene en la variable canónica PRODUCTIVA1. La suplementación de vacas en pastoreo permite compensar los desbalances nutricionales de la pradera y aumentar en consumo de nutrientes, fundamentalmente energía (Pulido *et al.*, 2009), y aumentará la producción de leche. Pulido *et al.* (2001) suplementaron con 2.7 kg de concentrado por día vacas en gestación bajo un

sistema de pastoreo y la producción de leche aumento de 15.1 a 20.2 litros por vaca, además se mejoró la condición corporal al parto. Una alimentación que no cubre los requerimientos nutricionales de los animales causará una baja condición corporal, y baja fertilidad.

La sanidad en el ordeño es la segunda variable que mayor peso tiene sobre la variable canónica PRODUCTIVA 1. Realizar prácticas sanitarias tales como; lavado de pezones, uso de pre sellador, sellador y utilización de toallas individuales para el secado de la ubre beneficia las variables productivas. Bedoña y Leon, (2008) menciona que el no realizar estas prácticas provoca que el canal del pezón quede abierto, provocando que las bacterias presentes en el medio ambiente ingresen con facilidad a este y generen mastitis sub-clínicas, que si no son detectadas a tiempo, pueden convertirse en mastitis clínicas con disminución en la producción y pérdida de la función de los cuartos afectados en la ubre, Bermudez y De silvestri (2006) mencionan que para una mayor producción de leche y de buena calidad, las unidades de producción deben implementar una rutina de ordeño que cumpla con las siguientes reglas: ordeñar pezones limpios, desinfectados y secos, ya sea la ordeña manual o mecánica, usar un equipo limpio y desinfectado, buenas prácticas de limpieza y de mantenimiento de los equipos, utensilios y elementos de ordeño. Estas prácticas sanitarias disminuyen la incidencia de mastitis en las vacas, evitando que estas sean desechadas antes de que terminen su vida productiva.

La prevención y control de enfermedades mostro un efecto sobre la variable PRODUCTIVA1. De Waard y Jacobus (2010) señala que la implementación de un programa sanitario en las unidades de producción tiene un efecto positivo en la producción animal, ya que animales enfermos disminuyen la producción de leche, pierden peso gradualmente y por consiguiente hay pérdidas de rendimiento de la canal en el rastro.

Para la realizar las prácticas tecnológicas de manejo del hato en unidades de producción de las regiones, centro de Tabasco y costera de Chiapas, utilizan como criterio la época del año. En estas regiones la suplementación con concentrados comerciales y forrajes conservados está asociada con la época de seca, debido a que en esta época hay una baja de disponibilidad de forraje, tanto en cantidad como en calidad, impidiendo a los animales cubrir sus requerimientos nutricionales. Oviedo *et al.* (2011) mencionan que esta situación motiva a los

productores a buscar alternativas como suministrar alimentos balanceados para reducir las pérdidas de peso y producción de leche.

El ajuste de carga animal está asociado a la época de seca. Al haber una baja disponibilidad de forraje en cantidad y calidad en esta época, es importante realizar un ajuste de carga animal, para hacer un uso eficiente de forraje disponible en las praderas (Esqueda *et al.* 2009). Diversos estudios han demostrado que un uso irracional de las praderas como el sobrepastoreo de estas, especialmente en época de seca, aumenta la cantidad de malezas en los potreros (Hernández *et al.* 2012). Es por ello que la época de secas es ideal para realizar control de malezas, ya que de no realizarse en la está época, al inicio de época de lluvias habrá una invasión de estas, especialmente después de una sequía prolongada.

Por otra parte la desparasitación interna y externa está asociada a la época de seca. Aunque el calendario de desparasitación es dinámico y se da en el trascurso de año. Los parásitos externos como moscas y garrapatas, tienden a proliferar más en la época de seca, ya que las condiciones de temperatura y húmeda son idóneas para su desarrollo, en esta época aumentan la frecuencia del uso de desparasitantes externos (Mariscal y Moreno 2013). Por otra parte los productores por lo regular hacen una desparasitación de amplio espectro a finales de época seca (Houdijk *et al.* 2011), con la finalidad disminuir la cantidad de parásitos que se hospeda dentro del animal y con estos reducir la tasa de parasitosis en la próxima temporada de lluvias, ya que en esta época en climas tropicales al haber una mayor precipitación, humedad y temperaturas altas, se crea un ambiente adecuado para el desarrollo de parásitos (Torres-Acosta *et al.*, 2006).

Los productores tiene una mayor inclinación en realizar la prueba de california para la detección de mastitis en época de lluvia, uso de pre sellador y sellador en los pezones después de la ordeña, ya que en esta época constituye un factor predisponente para la proliferación y transmisión de organismos patógenos, lo cual incrementa el riesgo de incidencia de mastitis (Pinzón *et al.*, 2009). Esta enfermedad pasa por un período de mastitis subclínica, donde no se observa inflamación en la glándula mamaria, el animal no muestra dolor al manejar los pezones, y la producción no disminuye notoriamente (Andresen, 2001), la prueba de california permite identificar los cuartos de la ubre que tienen el problema, y con esto aplicar medidas de manejo ante que la condición del animal empeore (Pinzón *et al.*, 2009), mientras

que la prueba de tazón del fondo oscuro para la detección de mastitis los productores la prefieren hacer durante la época de transición, por ser más práctica y los riesgos de incidencia de mastitis en esta época en el hato son menores, aunado que las practica preventiva del uso de toallas individuales para el secado de ubre, es realizada durante todo el año y disminuye el riesgo de infección por mastitis, evitando la propagación de patógenos infecciosos (Fernández *et al.*, 2008).

Por otra parte los residuos agroindustriales para la alimentación son utilizados con mayor frecuencia en la época de lluvia, esto se atribuye a que esta época al existir una mayor disponibilidad de forraje y de buena calidad, algunos de estos productos son suficientes para cubrir los requerimientos de los animales, aumentar ganancias de peso y producción de leche y así disminuir costos respecto a uso de concentrados comerciales (Sánchez *et al.*, 2010).

Las practicas tecnológicas del manejo de hato en el Noroeste de Sinaloa, se realizan de manera constante durante las tres épocas de año (lluvia, transición y seca). La suplementación con forrajes conservados, concentrados y residuos agroindustriales se realizan durante todo el año, esto puede deberse a que la precipitación promedio mínima y máxima mensual es 2 mm en el mes de abril y 217 mm en el mes de septiembre menor respecto a Tabasco y Chiapas que presentan un promedio mínimo mensual de 64.2 y 45.3 en el mes de abril respectivamente y un promedio de máxima mensual de 356.1 y 444.3 mm en el mes de septiembre (CNA, 2016). En el Noreste de Sinaloa la precipitación media mensual (63 mm) no es la suficiente para exista la cantidad necesaria de forraje para pastorear a los animales y estos cubran sus requerimientos nutricionales necesarios. En época de lluvia cuando hay abundancia de forraje los productores siembras y conservan estos para utilizarlos como suplementación en el transcurso del año. En el trópico subhúmedo existe una producción irregular de forrajes consecuencia de la estacionalidad de la precipitación, esta determina la escasez y baja calidad de los forrajes de los pastos durante la época de seca provocando bajos índices productivos y reproductivos del ganado en este periodo (Ortega-Jiménez *et al.*, 2009). Para evitar que los índices productivos y reproductivos disminuyan, los productores buscan alternativas tecnológicas y de aplicación de innovaciones en el área de la alimentación del ganado y forrajes, como primera prioridad adaptando tecnologías como; rotación de praderas (RP) y lotificación de hato (LH), durante todas las épocas del año (Cuevas *et al.*, 2012).

El alto grado de asociación entre el grupo de variables productivas y las diferentes actividades de manejo del hato son importantes ya que de estas dependerá en gran parte los resultados en la producción. Destacando que el uso de suplementos, sanidad y prevención y control de enfermedades influyen en las variables productivas. El poner mayor atención en las actividades de manejo que repercuten más fuertemente en las variables productivas puede tener mayores beneficios para los productores.

#### **1.4 CONCLUSIONES**

El análisis de correspondencia indica que los productores de la región centro de Tabasco y costa de Chiapas varían las prácticas de manejo de acuerdo a la época de año, esto es importante ya que de acuerdo a los recursos con los que cuentan las unidades de producción como, cantidad de forraje, se toman decisiones tales como suplementar con concentrados para cubrir los requerimientos de los animales y no bajar la producción tanto de leche y carne. Mientras los productores de Noroeste de Sinaloa, realizan las prácticas tecnológicas de manera uniforme durante todo el año, situación que es importante dentro del sistema productivo ya que así se asegura producción animal constante.

## **CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICO-PRODUCTIVA DEL SISTEMA DEL DOBLE PROPÓSITO EN TRES REGIONES TROPICALES DE MÉXICO**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La producción de bovinos de doble propósito (DP) en regiones tropicales secas y húmedas en México, es una de las principales actividades productivas y económicas, dado que ocupan más de 48 millones de ha, equivalentes al 26.2 % del territorio nacional y concentra el 50 % del inventario de bovinos nacional, que es de 32, 939,529 animales productores de leche y carne (SIAP 2014).

Este sistema de producción se desarrolla principalmente en áreas tropicales y se caracteriza por producir leche y carne, basando la alimentación en el uso de forrajes como principal fuente de alimentación, con mínima suplementación, utiliza cruza de razas *Bos indicus* como líneas maternas y *Bos taurus* como paternas (Rojo-Rubio *et al.*, 2008; García- Martínez *et al.*, 2015).

Una de las problemáticas que destacan en este sistema, son los bajos índices productivos, reproductivos y de rentabilidad consecuencia, entre otros factores, de una inadecuada administración, por la carencia o uso mínimo de registros en que basan la toma de decisiones y así como también la ausencia de planes estratégicos para mejorar la eficiencia de las unidades de producción (Guevara *et al.*, 2008). Dado que la mayoría de los productores no cuentan con registros productivos y contables, impide que se conozcan con exactitud los ingresos y costos de producción, y se puedan definir estrategias para maximizar sus ganancias (Nava-Rosillon *et al.*, 2009), que es el objetivo central de cualquier empresa.

Un esquema de administración eficiente en una empresa pecuaria, genera información confiable de las actividades del proceso productivo, permitiendo realizar evaluaciones periódicas que conduzcan a replantear acciones para alcanzar metas económicas- productivas de corto y mediano plazo (Espinosa *et al.*, 2010). Lo anterior permitirá conocer la estructura de costos de producción, el comportamiento del precio de los productos generados y el margen de ganancias o pérdidas de la empresa pecuaria. El conocer el efecto de la implementación de innovaciones tecnológicas en la producción y desempeño económico de

las unidades de producción, ayudará al productor a escoger las tecnologías a implementar, o hacer cambios en estas para la mejora de sus unidades de producción (Cuevas *et al.*, 2013).

Algunos estudios técnico-económicos sobre sistema bovino de doble propósito en el trópico, realizados en México (Cuevas *et al.*, 2013; Puebla *et al.*, 2015), Venezuela (Nava-Rosillon *et al.*, 2009) y Colombia (Cortés *et al.*, 2012) basados en encuestas diseñadas para obtener información de esta índole, señalan que este sistema de producción es rentable, a pesar de sus bajos índices productivos, y un mayor uso de tecnologías apropiadas permitirá aumentar sus niveles de productividad y rentabilidad, garantizando con ello el éxito de estas empresas pecuarias.

El objetivo de este estudio fue identificar algunas características socio-económicas y productivas y relacionarlas con sus indicadores productivos y económicos en unidades de producción del sistema de DP y en tres regiones tropicales de la república mexicana.

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en tres áreas tropicales de la República Mexicana. La primera localizada en la parte central del estado de Tabasco entre 17° 51' N y 93° 23' O, a 29 msnm, con clima cálido húmedo y abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 26.4 °C, precipitación media mensual de 190.85 mm. La segunda área se localiza en la zona costera de Chiapas a 15° 41' 12" N y 93° 12' 33" O a una altitud de 57 msnm, con clima cálido sub húmedo, temperatura media anual de 28 °C, precipitación media mensual de 80 mm y la tercera área se localiza al sur del estado de Sinaloa entre 23° 14' 29" N y 106° 24' 35" O a 10 msnm y un clima tropical semi húmedo, temperatura media anual de 26.0 °C, precipitación media mensual de 63 mm (CNA, 2016).

Los datos fueron colectados de los registros mensuales de información socioeconómica, productiva y uso de tecnología de 30 UP, durante un periodo de 12 meses (julio 2012- junio 2013). La información capturada fue la siguiente: datos generales del productor y de unidad de producción, estructura del hato, prácticas tecnológicas relacionadas con la alimentación del ganado, manejo de praderas, sanitario y reproductivo, compras de insumos y ventas de productos. Con la información obtenida se generaron los indicadores siguientes.

Índice de adopción tecnológica. Basado en la metodología de Terán *et al.* (2015), la cual utiliza la información de 21 componentes tecnológicos registrados durante el periodo de estudio, agrupados en cinco áreas: Actividades generales de manejo, manejo sanitario, manejo de alimentación, y reproducción y genética (Cuadro 4). Se designó un valor de 0 si el productor no realiza la actividad, 0.5 si la realiza de forma inadecuada y 1 si la aplica en forma apropiada.

**Cuadro 4. Tecnologías y actividades utilizadas para estimar en índice de adopción de tecnología en unidades del sistema de doble propósito en Chiapas, Sinaloa y Tabasco.**

<b>Actividades de Manejo Sanitario</b>		<b>Manejo de Forrajes</b>
<b>Manejo</b>		
Registros técnicos	Desparasitación	Ajuste de carga animal
Registros económicos	Vacunación	Rotación de praderas
Lotificación de hato	Diagnóstico de brucelosis y tuberculosis	Uso de cerco eléctrico
Pesaje de la leche	Diagnóstico de mastitis	Conservación de forraje silo
Tanque enfriador	Prácticas sanitarias en el ordeño	Conservación de forraje heno
Ordeño mecánico		
<b>Alimentación</b>		<b>Reproducción y genética</b>
Suplementación con dietas balanceadas	Inseminación artificial	
Suplementación con forrajes conservados	Diagnóstico de gestación	
Suplementación con minerales		

La producción promedio diaria de leche fue calculada dividiendo la producción total mensual de leche entre el número de vacas en ordeño y el número de días por mes.

Además se estimaron indicadores económicos de relevancia para la empresa pecuaria: a) Costos totales de producción, constituidos por la suma de los costos variables y fijos; b) Costos variables, estimados sumando los desembolsos por conceptos: mano de obra, insumos alimenticios, medicamentos, inseminación artificial, combustibles, servicios, mantenimiento y otros gastos; c) Costos fijos que incluyeron la depreciación y la administración; d) Ingreso total estimado, obtenido de la venta de leche y becerros más los ingresos potenciales, que fueron los animales que nacieron en el periodo analizado y que no se habían vendido al momento de concluir el periodo de análisis. e) Costo unitario de producción de leche y de carne, aplicando el método de prorrateo, distribuyendo los costos totales anuales de la UP, de acuerdo a la proporción porcentual con que incide el valor de la venta de cada producto en el valor total anual de los ingresos, dividiendo los resultados entre los litros de leche y becerros producidos. f) Utilidad del periodo, que es la diferencia entre los costos totales menos los ingresos totales. g) Relación beneficio-costos que se estima dividiendo la utilidad del periodo entre los costos totales de producción. h) Rentabilidad sobre la inversión, que se obtiene dividiendo la utilidad entre la inversión total de los activos de la empresa expresada en porcentaje. i) Punto de equilibrio económico (PEE) y j) Punto de equilibrio productivo (PEP) con las siguientes formulas;

$$PEE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{1 - \frac{\text{Costo variable unitario}}{\text{Precio de venta unitario}}}$$

$$PEP = \frac{PEE}{\text{Precio de venta unitario}}$$

Las características socioeconómicas y de producción fueron analizadas usando estadística descriptiva: media, frecuencias y porcentajes, y los indicadores productivos, económicos y el IAT, se analizaron mediante un análisis de varianza basado en un modelo de un solo criterio de clasificación cuyas medias fueron comparadas con Tukey. Se realizaron análisis de regresión simple para evaluar las interrelaciones entre producción promedio de leche (PPL) e índice de adopción de tecnología (IAT), así como de variables de desempeño económico con sus indicadores económico-productivos: costo de un litro de leche (CLECH),

costo de producir un becerro (CBEC), relación beneficio-costo (B/C), utilidad por litro de leche (ULECH), utilidad por becerro (UBEC), rentabilidad sobre la inversión total (R/I).

## **2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **2.3.1. Características socioeconómicas**

Las características socioeconómicas de las unidades de producción de Tabasco, Chiapas y Sinaloa se muestran en el Cuadro 1. La edad promedio de los productores coincide con lo reportado en otros estudio realizados en; Guanajuato (Vélez *et al.*, 2013), Veracruz (Terán *et al.*, 2015), Sinaloa (Cuevas *et al.*, 2013) quienes reportan edades de 49 y 50 años. Esto refleja que en general los productores son de edad avanzada, Gómez *et al.* (2002) atribuye este comportamiento debido a que la gente joven emigra a las zonas urbanas en busca de oportunidades de trabajo, de acuerdo con Nájera-Garduño *et al.* (2016) esto ha generado bajo relevo generacional en esta actividad y en algunas regiones del trópico seco, el abandono de la actividad ganadera. Para fortalecer el sistema de doble propósito los nuevos programas de fomento a la ganadería, no solo deberían enfocarse al apoyo de infraestructura, maquinaria, transferencia de tecnología, repoblamiento y recría pecuaria sino también a proyectos de gente joven que desee emprender en esta área.

Se encontró que en promedio los productores estudiaron primaria y secundaria (Cuadro 5), en los estado de Guanajuato (Vélez *et al.*, 2013), Sinaloa (Cuevas *et al.*, 2013) y Estado de México (Albarrán-Portillo *et al.*, 2015), se reportan promedios de nueve años de educación formal correspondiente a la educación básica. Velasco-Fuenmayor *et al.* (2009) señala que el grado educativo del productor influye positivamente en la adopción y uso de innovaciones tecnológicas en sus unidades de producción, mismas que mejoran la producción y desempeño económico de estas.

En este estudio el tamaño de las unidades de producción varió de 12 a 390 ha (Cuadro 5), es decir, se caracterizan por contar con extensiones de terreno con animales en pastoreo (Rojo-Rubio *et al.*, 2009), con diferente tamaño del hato y capacidad económica del productor para la adquisición de bienes. Productores con grandes extensiones de pastoreo se inclinan por adoptar innovaciones tecnológicas relacionadas con el manejo de praderas, que permiten prevenir la escases de forraje durante la época de seca, aumentando de esta forma sus

variables productivas (Cuevas *et al.*, 2013), y consecuentemente un mejor desempeño económico de las unidades de producción.

En las UP se combina mano de obra permanente y temporal (Cuadro 5). De la mano de obra permanente el 73 % es familiar; esta alta proporción es una de las características que distingue al sistema del DP y tiene efectos positivos en la rentabilidad de estas (Posadas-Domínguez *et al.*, 2014).

Los ingresos de los productores dedicados a la actividad ganadera son mayores que aquellos obtenidos de otras actividades como obreros, burócratas o comerciantes. Algunos investigadores han reportado que los productores obtienen otros ingresos por actividades diferentes de la actividad ganadera (Vélez *et al.*, 2013).

**Cuadro 5. Medias y desviaciones estándar de las características socioeconómicas de unidades de producción en el sistema de doble propósito del trópico mexicano.**

Variable	n	Media ( $\bar{y}$ )	DE (S)	CV
Edad del productor (años)	30	49.9	9.9	20.18
Escolaridad (años)	30	10.2	4.87	48.60
Tamaño de la unidad de producción (ha)	30	95.7	90.27	95.94
Mano de obra permanente (personas/día)	30	3	2.23	78.78
Mano de obra temporal (personas/año)	30	11.96	4.99	42.46
Distancia a la comunidad más cercana (km)	30	2.06	1.31	64.71
Ingreso de la actividad ganadera (%)	30	78.73	27.38	35.37

n= Número de unidades de producción; DE= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación.

### 2.3.2. Estructura del hato

La composición del hato fue heterogénea entre las UP (Cuadro 6), su estructura varió con el tamaño e intensidad de producción de estas. Velasco-Fuenmayor *et al.* (2009) señalan que el tamaño de hato es un factor que influye en la adopción de tecnología. Productores con hatos grandes adoptan innovaciones tecnológicas más rápido que los que tienen hatos pequeños. Este efecto puede deberse a que aquellos que tienen un inventario mayor de animales poseen mayor capacidad de inversión, y buscan incrementar la producción para mejorar el desempeño económico de las unidades de producción.

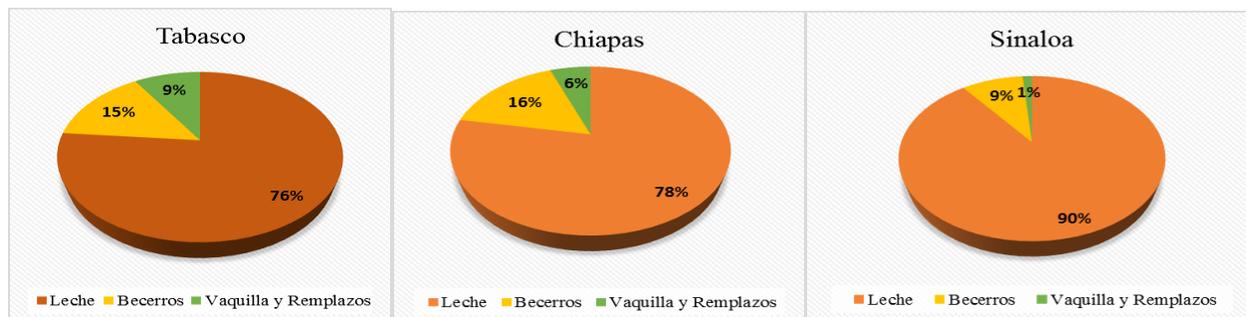
**Cuadro 6. Estructura del hato de unidades de producción en el sistema de doble propósito.**

Variable	n	Media ( $\bar{y}$ )	DE (S)	CV
Vacas en producción	30	50.0	35.19	71.58
Vacas secas	30	18.97	11.91	63.86
Vaquillas	30	19.80	17.71	91.16
Beceros	30	12.75	9.54	75.39
Becerras	30	14.40	9.73	68.74
Sementales	30	2.49	1.49	61.02

n= Número de unidades de producción; DE= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación.

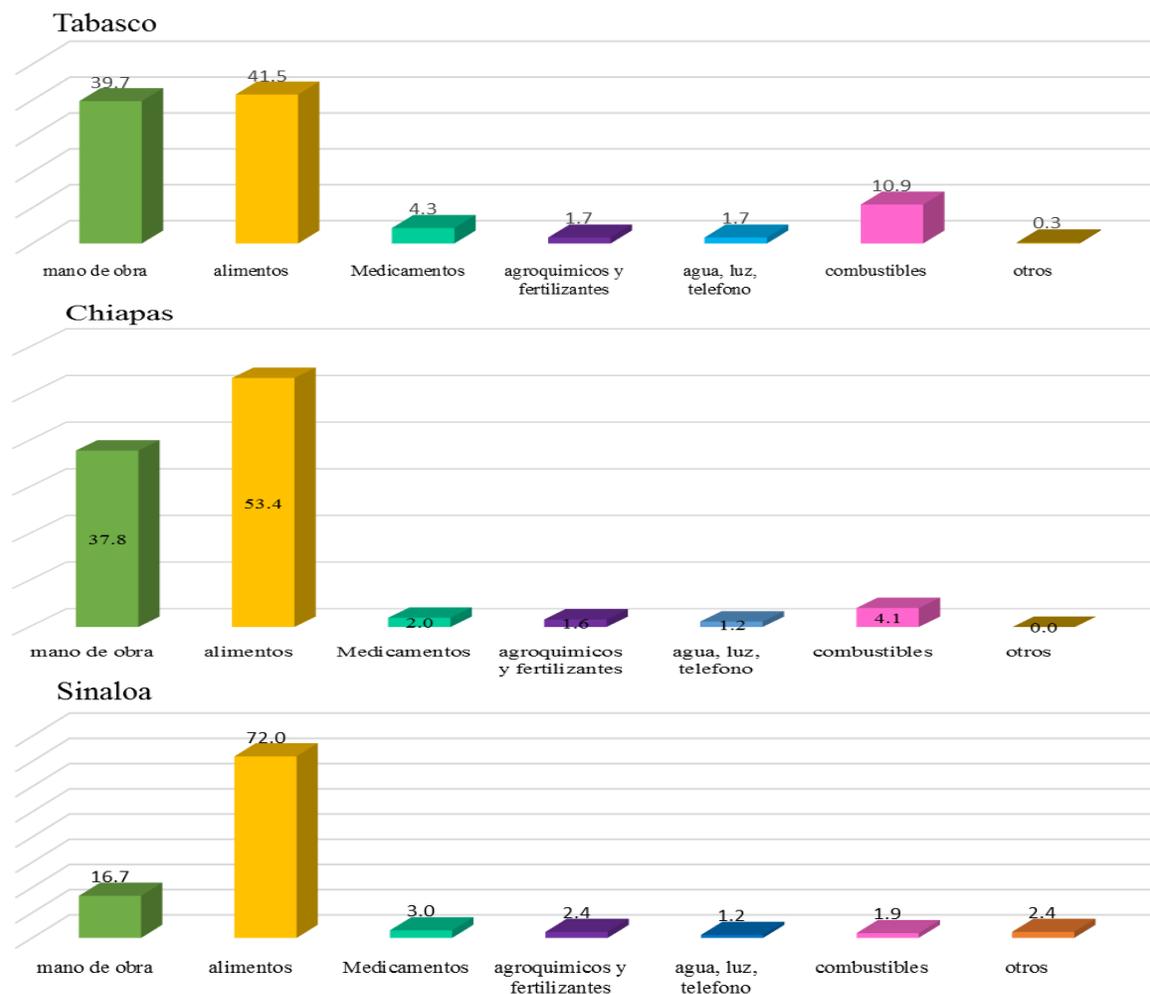
### 2.3.3. Indicadores económicos

Las UP en los tres estados presentaron mayores ingresos por venta de leche comparados con otras fuentes como venta de becerros y otros productos, con porcentajes promedio de ingresos del 89.61, 77.95 y 76.42 % para Sinaloa, Chiapas y Tabasco respectivamente (Figura 4). Estudios realizados en otros estados del trópico mexicano y área tropicales de países como Venezuela reportan el mismo comportamiento, cuyos ingresos varían del 64 al 89 % (Martínez *et al.*, 2010; Orantes-Zebadua *et al.*, 2014). La producción de leche fue la característica más importante por el porcentaje de ingresos que representó, por ello, un incremento en su producción, refleja una utilización más eficiente los recursos disponibles y es una alternativa para mejorar su rentabilidad.



**Figura 4. Porcentaje de ingresos por producto generado en los estados de Tabasco, Chiapas y Sinaloa.**

Los costos variables representaron el 87.11, 75.77 y 75.15 % de los costos totales, para Tabasco, Chiapas y Sinaloa respectivamente, el resto es atribuido a los costos fijos. Estos resultados concuerda con Casanova *et al.* (2004) y Nava-Rosillon *et al.* (2009) quienes reportan una proporción de costos variables del 63.15 al 78.3 % respecto a los costos totales.



**Figura 5. Participación de los costos variables por rubro por estado.**

El hacer mayores gastos por costos variables significa que los productores gastan más dinero en insumos requeridos para realizar el proceso productivo (Nava-Rosillon *et al.*, 2009) y menos en los costos fijos, que son independientes del volumen de producción. Esto representa una ventaja para los productores, ya que a medida que los costos fijos son mayores el punto de equilibrio es más elevado, y la empresa pecuaria requiere de un mayor volumen de producción para cubrir sus costos totales.

Del total de los costos variables, la alimentación representó el gasto mayor, con una participación del 72.03, 53.38 y 41.52 %, seguido por la mano de obra con el 16.79, 37.82 y 39.68 % para Sinaloa, Chiapas y Tabasco respectivamente (Figura 5).

**Cuadro 7. Medias y errores estándar de indicadores económicos según estado de la República Mexicana.**

Indicadores económicos	n	Tabasco	Chiapas	Sinaloa	EEM	Pr > F
Índice de adopción tecnológica	30	10.95 <sup>a</sup>	9.20 <sup>a</sup>	14.05 <sup>b</sup>	1.92	<.0001
Producción promedio diaria de leche (L)	30	6.47 <sup>a</sup>	5.49 <sup>a</sup>	12.24 <sup>b</sup>	1.94	<.0001
Relación beneficio-costo (unidades)	30	1.18	1.20	1.24	7.33	0.1858
Rentabilidad sobre la inversión %	30	4.01 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>	13.69 <sup>b</sup>	4.09	<.0001
Costo de un litro de leche	30	4.11 <sup>a</sup>	4.39 <sup>b</sup>	4.85 <sup>c</sup>	0.21	<.0001
Costo de un becerro	27	5380.59	4689.61	4947.78	797.23	0.2202
Precio promedio pagado al productor por litro de leche \$	30	4.85 <sup>a</sup>	5.31 <sup>b</sup>	5.75 <sup>c</sup>	0.15	<.0001
Precio promedio pagado al productor por becerro \$	30	6322.70	5693.44	6070.69	839.51	0.3131
Utilidad por un litro de leche \$	30	0.73 <sup>a</sup>	0.91 <sup>ab</sup>	1.14 <sup>b</sup>	0.26	0.0068
Utilidad por producir un becerro \$	27	942.10	1003.82	1122.91	255.29	0.3234
Punto de equilibrio de leche (\$)	30	232269.9	251918.8	453491.7	224965.4	0.0687
Punto de equilibrio de becerros (\$)	30	51796.06	46597.97	44996.93	28046.33	0.8715
Punto de equilibrio en leche (L)	30	48005.64	47407.54	75581.97	39629.81	0.2109
Punto de equilibrio en becerros (unidades)	30	8.37	8.22	7.08	4.63	0.8068

n= Número de unidades de producción; DE= Desviación estándar;

Una menor proporción de los costos variables fue representada por los gastos en medicamentos, agroquímicos, fertilizantes, agua, luz, teléfono, combustible y otros. Estos resultados propician que los productores busquen alternativas tecnológicas y de aplicación en el área de alimentación del ganado como primera prioridad (Cuevas *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2015).

Respecto al IAT se encontraron diferencias entre estados ( $p \leq 0.01$ ). Las unidades de producción de Sinaloa presentaron un mayor IAT, seguido por Tabasco y Chiapas (Cuadro

7). Estas diferencias pueden ser explicadas por diferencias en la precipitación entre regiones, ya que los productores de Sinaloa se ubican en una región del trópico seco, con menor precipitación en el transcurso del año comparado con las otras regiones ubicadas en el trópico húmedo. En la época seca la disponibilidad de forraje es menor en estas áreas y los productores tienen una mayor necesidad de buscar alternativas tecnológicas en el área de alimentación y manejo de forrajes como prioridad. Cuevas *et al.* (2013) mencionan que los productores al obtener resultados favorables, consecuencia de la adopción de innovaciones tecnológicas incursionan en la aplicación en otras áreas (Macedo *et al.*, 2008).

La producción promedio diaria de leche presentó diferencias entre estados ( $P < 0.01$ ), unidades de producción de Sinaloa presentaron el promedio más alto seguido por Tabasco y Chiapas (Cuadro 7). En el sistema de DP se reportan producciones promedios de leche de 4.48 a 6.0 L en el estado de Chiapas (Gómez *et al.*, 2002; Orantes-Zebadua *et al.*, 2014), 4.2 a 11.3 L en Tabasco (Pérez *et al.*, 2001) y 5 a 6.8 L en Sinaloa (Vélez *et al.*, 2015). La producción de leche depende de diversos factores tales como tamaño del hato, asesoría técnica (Camacho-Vera *et al.*, 2017), alimentación, raza, e índice de adopción de tecnología (Cuevas *et al.*, 2013; Vélez *et al.*, 2015).

La relación beneficio costo indica cuanto se gana en términos monetarios por cada peso que gastan en promedio los productores de Sinaloa, Chiapas y Tabasco, estimando una ganancia de 24, 20 y 18 centavos respectivamente por cada peso invertido (Cuadro 7). Estas relaciones son mayores a las de 11 a 16 centavos por peso gastado reportada en otras áreas tropicales de México (Juárez-Barrientos *et al.*, 2015). La relación-beneficio costo variará entre unidades de producción porque depende de las utilidades generadas y de los costos totales de producción. De acuerdo a las relaciones de beneficio-costo obtenidas en este estudio, estas son superiores a la tasa de interés que recibiría el productor si guardara su dinero a plazo fijo en cualquier Banco, por lo tanto les es más conveniente invertir su dinero en la actividad agropecuaria y contribuir de esta manera a la producción de alimentos básicos.

La rentabilidad sobre la inversión indica cuanto se gana en términos monetarios por cada peso invertido en los activos de las unidades de producción. Respecto a esta variable se encontraron diferencias ( $P < 0.01$ ) entre estados (Cuadro 7). En promedio productores de Sinaloa ganan 13 centavos por peso invertido mientras que en Chiapas y Tabasco obtienen

cuatro centavos, estas diferencias se dan por el cambio en el valor monetario de activos como terreno, infraestructura hidráulica, ganado, construcciones, maquinaria, equipo y otros bienes que se utilizan en la producción pecuaria (Espinosa *et al.*, 2010). Una menor rentabilidad obtenida en Tabasco y Chiapas es ocasionado por los altos montos invertidos en ganado, tierras, construcciones, instalaciones, maquinarias y equipos que son subutilizados.

Respecto al costo de producción de un becerro no se encontraron diferencias entre estados, sin embargo, si hubo diferencias en el costo de producción de un litro de leche ( $P \leq 0.01$ ), productores de Sinaloa tuvieron costos mayores respecto a Tabasco y Chiapas (Cuadro 7). Los costos de producción dependerán de la cantidad y precios de los insumos utilizados en el proceso productivo, en áreas tropicales del estado de México se reportan costos de \$5.1 (Albarrán-Portillo *et al.*, 2015), Tabasco \$3.26 (Granados *et al.*, 2011) y Veracruz de \$2.66 a 3.66 (Guevara *et al.*, 2008; Zárate-Martínez *et al.*, 2010), es por esta razón que varían de una región a otra. En este estudio se debe principalmente a que productores de Sinaloa hacen un mayor gasto en la compra de alimentos para suplementación e inversión en adopción de prácticas tecnológicas respecto a Chiapas y Tabasco.

El punto de equilibrio ocurre cuando los ingresos son iguales a los costos de producción, es decir no existen ganancias ni pérdidas. En punto de equilibrio económico y productivo es mayor en productores de Sinaloa respecto a Chiapas y Tabasco esto es porque sus costos totales de producción son mayores y por tanto deben producir mayor cantidad de producto y recibir mayores ingresos para recuperar sus costos y empezar a generar ganancias.

#### **2.3.4. Componentes tecnológicos**

En el área de actividades de manejo, el porcentaje promedio del uso de los seis componentes tecnológicos fue del 95 % en Sinaloa, 60 % Tabasco y 58.3 % Chiapas. Los componentes de mayor uso en los tres estados fueron; pesaje de la leche y lotificación de hato con un porcentaje de uso del 90%. Respecto al componente registros técnicos y económicos Tabasco y Chiapas tuvieron un 40% mientras que Sinaloa presentó un promedio del 90 %, esto explica porque productores de Sinaloa tiene mejores índices económicos respecto a Chiapas y Tabasco ya que el uso de estos permiten planear las actividades de las unidades de producción en base a sus necesidades y disponibilidad de recursos para utilizarlos de manera eficiente, además de evaluar las diferentes actividades realizadas y hacer los cambios necesarios en el

manejo de estas (Terán *et al.*, 2015). Los componentes tecnológicos que destacaron en el área de manejo sanitario fueron la desparasitación y vacunación con un 100 % de uso en los tres estados, y un promedio de uso de los cuatro componentes tecnológicos del 84 % en Sinaloa, 82 % Tabasco y 66 % en Chiapas. El uso de los componentes tecnológicos de las actividades de manejo sanitario es importantes porque ayudan a evitar o reducir el riesgo de enfermedades en el hato y disminuir la producción por la presencia de enfermedades (Palacio *et al.*, 2011).

El área de manejo de forrajes presentó un uso promedio de sus cinco componentes del 56 % en Sinaloa, 52 % en Chiapas y el 38 % en Tabasco. El componente de mayor uso en los tres estados fue la rotación de praderas con porcentajes del uso del 90, 70 y 80 % para Tabasco, Chiapas y Sinaloa respectivamente. Vázquez y Smith (2000) mencionan que las diferentes actividades en el manejo de forrajes son importantes por estar relacionadas positivamente con la producción de leche además que un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales disponibles como el forraje aumenta la producción de los animales en pastoreo.

Los componentes tecnológicos en el área de alimentación son los que se realizan con mayor frecuencia en los tres estados, con porcentajes promedio de uso de los componentes del 96.6, 93.3 y 100 % en Tabasco, Chiapas y Sinaloa respectivamente, siendo la suplementación con dietas balanceadas y minerales la que se efectúa en un 100 % en los tres estados. Los productores se inclinan por adoptar y realizar actividades relacionadas con la alimentación del ganado, ya que estas tienen un impacto positivo sobre las variables productivas a corto plazo (Cuevas *et al.*, 2013).

El uso de los componentes tecnológicos en el área de reproducción es usado con menor frecuencia respecto a los de las demás áreas, con promedios de uso del 20 % en Chiapas y 30 % en Tabasco y Sinaloa. Siendo el componente de inseminación artificial el menos realizado con promedios de uso del 20, 10 y 30 % en Tabasco, Chiapas y Sinaloa respectivamente. El mismo comportamiento es reportado por Terán *et al.* (2015) en el estado de Veracruz, quienes recomiendan que el mejoramiento genético es este sistema de producción no es el adecuado para incrementar la producción de leche en el trópico.

El análisis de regresión simple indicó que el 66 % de la producción de leche es explicada por el índice de adopción de tecnología ( $p < 0.05$ ), evidenciando que el incremento en una unidad

el IAT ocasiona un incremento promedio de 1.05 L de leche vaca.d<sup>-1</sup>. Lo anterior coincide con lo informado por Cuevas *et al.* (2013) y Vélez *et al.* (2015), quienes reportaron que la adopción de tecnología se refleja en incrementos en las variables productivas, por ello, se puede concluir que un mayor IAT ocasionará beneficios en la producción de leche.

El IAT explica únicamente el 16% del costo de producir un litro de leche ( $p < 0.05$ ), porcentaje de explicación muy bajo. Sin embargo, este índice explica el 31 % ( $p < 0.05$ ) de su precio de venta, lo cual se refleja en un incremento en 0.061 centavos y por ello un aumento en sus utilidades por venta de leche y becerros ( $p < 0.05$ ). Por lo tanto, existe una tendencia a obtener mejoras económicas a los productores por la aplicación de innovaciones tecnológicas.

La rentabilidad sobre la inversión es explicada en un 38 % por IAT y en promedio esta incrementa en 1.34 % al aumentar en una unidad el IAT ( $p < 0.05$ ), lo cual explica porque Sinaloa tiene una mayor rentabilidad sobre la inversión respecto a Chiapas y Tabasco, ya que los productores de este estado tienen en promedio un mayor IAT. Cuevas *et al.* (2013) señala que unidades de producción que implementan innovaciones tecnológicas, tienen mayores ingresos por un incremento en la producción de leche y becerros, mejorando así su rentabilidad. La aplicación de nuevas tecnologías en las unidades de producción refleja mayores ganancias económicas, siendo las unidades de producción que usan más tecnología son hasta tres veces más rentable (Vélez *et al.*, 2015).

## **2.4. CONCLUSIONES**

En las regiones de estudio, se desarrolla un sistema de producción de bovinos doble propósito con amplia variabilidad en sus características sociales, estructura y tamaño de las unidades de producción. Los principales ingresos de los productores se obtienen por realizar la actividad ganadera, derivados de la venta de leche y becerros. Los costos variables de producción de estas empresas pecuarias, por alimentación del ganado y mano de obra, son los principales egresos, lo cual es una ventaja porque alcanzan más rápido el punto de equilibrio productivo y económico para empezar a generar ganancias.

Las practicas relacionadas con la reproducción y genética del ganado son marginales y por ello, no son la mejor opción para mejorar las variables productivas de sistema de doble propósito estudiado.

El uso y adopción de tecnología tiene beneficios económicos para estas unidades de producción, ya que fomenta la producción y mejora sus indicadores económicos, principalmente la rentabilidad sobre la inversión.

## **CAPITULO III. FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN EL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El sistema bovino de doble propósito es una de las principales actividades del sector pecuario en las regiones tropicales de México, se caracteriza por producir en forma simultanea leche mediante el ordeño y carne a través la venta de becerros al destete y vacas de desecho (Orantes-Zebadúa *et al.*, 2014), utiliza cruzas de razas *Bos indicus* como líneas maternas y *Bos taurus* como paternas, la alimentación de los animales se basa principalmente en el uso de forrajes y mínima complementación alimenticia (Rojo-Rubio *et al.*, 2009). Este sistema cuenta con 10, 050,886 animales de un total de 33, 502,623 del inventario bovino nacional. Los estados de Chiapas, Tabasco y Sinaloa participan con el 19.1 % del inventario del doble propósito con una producción de 634, 179 L de leche y 275,095 t de carne de un total de 11, 607,491 L y 1, 879,318 de la producción de México (SIAP, 2016).

Un aspecto importante en el sistema de doble propósito es el análisis de las empresas pecuarias que lo integran, en términos de eficiencia, a través el uso adecuado de los insumos para la producción. Para estudiar el funcionamiento de estos sistemas y con el objetivo de expresar las relaciones causa-efecto se han desarrollado metodologías paramétricas que se fundamentan en la estimación de funciones de producción en las cuales muestra las distintas cantidades de insumos y las cantidades de producto obtenido, además de asociar a cada insumo con el nivel máximo de producción por periodo. Esto resulta importante ya que permitirá formular estrategias de desarrollo productivo para una región en particular.

Uno de los modelos para la determinación de las funciones de producción comúnmente utilizado en la ganadería es la función Cobb-Douglas, esta ha sido aplicada para estimar la producción porcina (Murua y Albisu, 1993), leche de vacas (Ghebremariam, 2006) y leche y carne (Martínez *et al.*, 2002). Los resultados derivados del análisis de las funciones de producción tales como, etapa de producción, rendimientos a escala y las elasticidades de producción pueden ayudar a los asesores económicos en el sector pecuario y a los

extensionista a asesorar a los productores para hacer un uso racional de sus recursos, además de decidir si le es conveniente aumentar o disminuir la cantidad de insumos utilizada en el proceso de producción para tener mayores beneficios económicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue realizar el análisis de la función de producción de leche y carne en tres regiones del trópico mexicano, y así conocer los insumos más importantes en la producción de leche y carne y si estos se están utilizando de forma óptima.

## **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.2.1. Área de estudio**

Es estudio se realizó en tres estados de la república mexicana: Tabasco ubicado en las coordenadas 17° 51' N, 93° 23' O a 29 msnm con un clima cálido húmedo y abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 26.4 °C y precipitación media mensual de 190.85 mm; Chiapas localizado en las coordenadas 15° 41' 12" N y 93° 12'33" O y altitud 57 msnm con un clima cálido sub húmedo, temperatura media anual de 28 °C, precipitación media mensual de 80 mm y, Sinaloa, ubicado 23° 14' 29" N y 106° 24' 35" O y altitud 10 msnm con un clima tropical semi húmedo, temperatura media anual de 26.0 °C, precipitación media mensual de 63 mm (CNA, 2016). Las unidades de producción se caracterizan por utilizar cruza de razas *Bos indicus* y *Bos Taurus*, combinar el pastoreo extensivo y la complementación con dietas balanceadas al momento de la ordeña, realizar un ordeño al día y tienen una producción promedio diaria de leche de 8.07 litros (Rojo-Rubio et al., 2009)

### **3.2.2. Obtención de datos**

Los datos fueron colectados mediante encuesta directa con los productores, registrando mensualmente, en una base de datos, los insumos utilizados y las variables productivas durante el periodo de junio del 2012 a julio del 2013. La información fue ordenada en una matriz, identificando la cantidad de leche y becerros producidos como variables dependientes y la cantidad de alimento concentrado, forraje conservado, mano de obra, luz, combustibles, número de vacas en producción, número de sementales y número de hectáreas en pastoreo como variables independientes.

### 3.2.3. Función de producción de leche y carne

Se proponen dos funciones de producción tipo Cobb-Douglas, una para producción de leche y otra para carne, a través de la regresión lineal de datos transformados, el cual es un método indirecto para obtener una función Cobb-Douglas y utiliza los logaritmos neperianos de los datos originales, tanto de las variables independientes como para las dependientes (Bravo-Ureta y Rieger, 1990). Por lo tanto se procedió a obtener realizar los logaritmos neperianos de las variables;

Y1= Producción total de leche en el año (litros)

Y2= Número total de becerros producidos en el año

Alimento= Cantidad de alimento concentrado utilizado en la unidad de producción en un año  
kg

Vacas= Número de vacas en producción

Sementales = Número de sementales

MO= Mano de obra (personas)

HaP= Hectáreas en pastoreo

FC= Forraje conservado utilizado en la unidad de producción en un año (kg)

Para seleccionar el modelo que mejor explicara la producción de leche y carne se utilizó el procedimiento STEPWISE de programa SAS (2017 v.9.2). Este procedimiento de regresión por pasos se inicia determinando la matriz de correlación simple, posteriormente inicia el procedimiento de inclusión de variables al modelo, incluyendo como primer variable independiente ( $X_i$ ) la que presenta la correlación más alta con la variable respuesta ( $Y_i$ ). Usando los coeficientes de correlación parcial, se selecciona la siguiente variable a incluir en el modelo, digamos ( $X_j$ ). A cada paso examina la contribución de cada variable al modelo, usando como criterio la prueba de F parcial, por lo tanto en cada etapa todas las variables son examinadas por su contribución única al modelo y aquellas que no satisfacen un criterio previamente establecido son eliminadas.

Después de seleccionar los modelos para cada una de las variables independientes, se estimaron las elasticidades de producción de los insumos, de acuerdo a las propiedades de

una función Cobb-Douglas los valores de los coeficientes de las funciones son las elasticidades (Vargas, 2014). También se calculó el producto marginal ( $PMgX_i$ ) y el valor del producto marginal ( $VPMgX_i$ ) de los insumos derivado de la fórmula de elasticidades, utilizando las medias geométricas de la producción de leche y de los insumos con las siguientes formulas.

$$Ep(b_1) = \frac{dY_i/Y_i}{dX_i/X_i} = \frac{X_i \cdot dY_i}{Y_i \cdot dX_i} = \frac{PMgX_i}{PM_eX_i}$$

$$PMgX_i = Ep(b_1) * PM_eX_i$$

$$VPMgX_i = PMgX_i * PY_i$$

Donde,

$Ep(b_1)$  = La elasticidad de  $Y_i$

$Y_i$  = Media geométrica de producción anual de leche o becerros

$X_i$  = Media geométrica del insumo utilizado

$PM_eX_i$  = Producto promedio del insumo  $X_i$  utilizado

$PMgX_i$  = Producto marginal del insumo  $X_i$

$VPMgX_i$  = Valor del producto marginal  $X_i$

$PY_i$  = Precio unitario de  $Y_i$

### 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el modelo de la función de producción del leche, el coeficiente de determinación  $R^2$  indica que el 93.1% de la variabilidad de la producción de leche es explicada por las variables independientes; LnAlimento, Lnvacas y LnHA (Cuadro 8), mientras la producción de becerros es explicada en un 73 % por las variables independientes LnAlimento y Lnvacas. El porcentaje de la variación no explicada en ambos modelos puede ser atribuida a diferencias entre las unidades de producción como prácticas de manejo realizadas en el hato, o condiciones ambientales.

**Cuadro 8. Modelos de regresión para producción de leche y carne.**

	Parámetro estimado	Error estándar	Pr >F
Leche			
Intercepto	5.74201	0.33737	<.0001
LnAlime	0.36571	0.03369	<.0001
LnVacas	0.37050	0.12133	0.0052
Ln HaP	0.19031	0.08985	0.0439
R <sup>2</sup>	0.931		
Carne			
Intercepto	0.85366	0.33737	0.0579
LnAlime	-0.20523	0.03369	0.0002
LnVacas	1.11829	0.12133	<.0001
R <sup>2</sup>	0.73		

La elasticidad de la producción es el cambio porcentual de la cantidad producida en relación al cambio porcentual de los niveles de los insumos, en este estudio muestra el promedio de cambio de la producción de leche o becerros asociado con un 1 % de cambio de un insumo permaneciendo todo lo demás constante (*ceteris paribus*). Para la producción de leche (Ecuación 1) se observa que un incremento del 1 % en el número de vacas en producción aumenta la producción en un 37 %, *ceteris paribus*, mientras que un aumento del 1 % en la alimentación y número de hectáreas en pastoreo aumentará en un 36.5 % y 19.03 % respectivamente, manteniendo todos los demás factores constantes. Respecto a la función de producción Cobb-Douglas para carne (Ecuación 3) se observa que un cambio del 1% en el número de vacas aumentará en un 111% la producción de becerros *ceteris paribus*, mientras que un cambio en la alimentación disminuye en un 20 % la producción de becerros. En otros sistemas de producción de leche de pequeña, medias y grande escala con climas similares al área de estudio se reporta que la elasticidades del alimento concentrado varían del 15.6 % al 89.9 % (Ghebremariam *et al.*, 2006; Meena *et al.*2012). En general un incremento en la cantidad de alimento concentrado aumentará la producción de leche, la proporción del incremento dependerá no solo de la cantidad de insumo, sino también de la calidad. Aumentar

la cantidad de hectáreas en pastoreo el incremento en la producción de leche puede ser explicado porque se reduce la intensidad de pastoreo si se mantiene el tamaño del hato. Conocer en qué proporción el insumo beneficia o perjudica a las unidades de producción es importante ya que permite al productor hasta que cantidad de insumos le trae beneficios a su unidad de producción.

### 3.3.1. Función de producción Cobb-Douglas para leche

$$\ln \text{leche} = 5.74201 + 0.36571 \ln \text{Alim} + 0.37050 \ln \text{vacas} + 0.19031 \ln \text{HaP}$$

(Ecuación 1)

Y por la transformación, mediante la aplicación de antilogaritmos queda:

$$\text{Leche} = e^{5.74201} \text{Alim}^{0.36571} \text{vacas}^{0.37050} \text{HaP}^{0.19031} \text{ (Ecuación 2)}$$

### 3.3.2. Función de producción Cobb-Douglas para carne

$$\ln \text{becerros} = 0.85366 - 0.20523 \ln \text{alim} + 1.11829 \ln \text{vacas} \text{ (Ecuación 3)}$$

Y por la transformación, mediante la aplicación de antilogaritmos queda:

$$\text{becerros} = e^{0.85366} \text{vacas}^{1.11829} \text{alim}^{-0.20523} \text{ (Ecuación 4)}$$

Los coeficientes de elasticidades estimadas en la función de producción de leche son de 0.365, 0.370 y 0.190 (Ecuación 1) para alimento, vacas y HaP respectivamente, estos valores son menores a 1 en cada uno de los insumos por lo tanto indican rendimientos marginales decrecientes, de acuerdo a la ley de rendimientos marginales decrecientes, incrementar la cantidad de alimento, vacas y HaP, provocará que el rendimiento de la producción de leche aunque es positiva, disminuirá a medida que se incrementa cada insumo siempre y cuando se mantengan los demás factores a nivel constante. Las elasticidades de los insumos también indican la etapa de producción en la que se encuentran. En una función de producción clásica cuando estas son menores a uno se ubican en la etapa II, al productor le es conveniente estar en esta etapa ya que puede alcanzar el óptimo técnico y económico y ser económicamente significativa.

Respecto a los coeficientes de elasticidades para la función de producción de carne (Ecuación 3) presenta valores de -0.205 para alimento y 1.11 para vacas. Valores mayores a uno indica

rendimientos crecientes a escala, por lo tanto aumentar el número de vacas en producción aumentará más que proporcional el nivel de producción. Además que el uso de este insumo por tener un coeficiente de elasticidad mayor a uno se encuentra en la etapa I en una función de producción clásica, donde añadir una vaca más aumentará la productividad promedio de la unidad de producción, por tanto sería poco sensato por parte del productor detener la producción en esta etapa. El alimento muestra el efecto contrario al presentar una elasticidad menor a cero, esto significa rendimientos negativos, es decir aumentar la cantidad de alimento ya no beneficia la producción de becerros, al contrario podría disminuir el promedio de la producción y con este valor se encuentra en la etapa III de una función producción clásica, esta etapa no es conveniente para los productores, ya que pueden reducir la cantidad de alimento y aumentar la producción total de becerreros y ahorrarse el costo del alimento.

La suma de los coeficientes de los insumos en una función Cobb-Douglas tiene la propiedad de explicar los rendimientos a escala, que miden la variación de la producción ante un cambio proporcional en todos los insumos (Varg, 2014). La  $\sum b_1$  de la función de producción de leche y carne es de 0.92 y 0.91 respectivamente, como la suma de las elasticidades estimadas de cada insumo es menor que uno la producción de leche y carne muestra rendimientos decrecientes a escala. Cursack *et al.*, (2010) recomienda cuando se tiene este tipo de rendimiento a escala se debe evaluar el uso de los insumos pues el incremento en el valor de la producción será menos que proporcional en relación con el aumento de los insumos.

**Cuadro 9. Medias geométricas de producción anual de leche, becerros e insumos utilizados en el sistema de doble propósito.**

Función de producción	Media geométrica de producción		Media geométrica de uso de insumos		
	Producción de leche	Producción de becerros	de Alimento	Vacas	HaP
Leche	93678.5	-----	45678.9	38.9	68.1
Carne	-----	14.22	45678.9	38.9	68.1

El producto marginal es la producción adicional que producida mediante el uso de una unidad más de un insumo, suponiendo que las cantidades de los otros se mantengan constantes, mientras que el valor del producto marginal es el ingreso adicional que obtiene la empresa

pecuaria por una unidad de insumo adicional, *ceteris paribus*. En el cuadro 10, se observa que agregar un kilogramo de alimento, la producción de leche aumenta 0.75 L, con un valor en el ingreso de \$4.03, manteniendo todos los demás factores constantes, mientras que aumentar una vaca en producción en el hato aumenta la producción de leche en 892.2 L en el año, con un ingreso de \$4800.2 por año, y adicionar una hectárea de pastoreo aumentará la producción de leche en 261.8 L con un valor en el ingreso \$1408.40. Los tres insumos de acuerdo a sus elasticidades se encontraron en la etapa II de la función de producción, por lo tanto aunque los productos marginales de los insumos son positivos y traen ingresos a las unidades de producción, seguir amentado unidades adicionales de insumos provocará que el producto marginal continúe disminuyendo, hasta llegar a cero y hacerse negativo, tal es el caso de unidades de producción en la zona oriente de estado de Yucatán que tienen rendimientos marginales negativos para el insumo de alimento y tiene como consecuencia una disminución en la producción de leche (Martínez et al., 2002) por lo tanto no necesitan aumentar el insumo alimento para no sobre utilizarlo.

**Cuadro 10. Producto marginal y valor del producto marginal de insumos utilizados en la producción de leche y carne en el sistema de doble propósito**

Función de producción	Precio unitario de productos \$		Alimento		Vacas		HaP	
	Leche	Beceros	PMg	VPMg	PMg	VPMg	PMg	VPMg
Leche	5.38	-----	0.75	4.03	892.2	4800.2	261.8	1408.4
Carne	-----	6020	-6.38exp	-0.38	0.408	2460.93	-----	-----

05

El producto marginal del alimento para la producción de carne, este al ser menor a cero (cuadro 10) indica que la producción total de becerros no aumentará, se ha alcanzado la producción máxima de becerros con una cantidad menor de alimento, este insumo se está utilizando de forma excesiva y trae pérdidas de 0.38 centavos a la unidad de producción por cada unidad de alimento que se adiciona. Un efecto contrario se muestra con el número de vacas en producción, aumentar una unidad más de este insumo tiene un ingreso de \$2460.93 a la unidad de producción y como se encuentra en la etapa I de la función de producción el

producto marginal seguirá incrementando y por tanto los ingresos también. El mismo comportamiento de reporta por Martínez *et al.*, (2002) en unidades de producción en el estado de Mérida, quienes al aumentar una unidad animal aumentan la producción de carne de 980.7 kg, y atribuyen que esto puede ser consecuencia de la carente utilización de programas de reproducción y mejoramiento genético. A los productores en este estudio no le conviene detener la producción con el número de vacas que tienen, podrían aumentarlas hasta que el valor del producto marginal de la vaca sea igual al valor del precio de esta por año, que es cuando se tiene combinación óptima de insumos a utilizar y alcanzarían su óptimo económico.

#### **5.4 CONCLUSIONES**

Los análisis de las funciones de producción muestran que los insumos alimento, vacas y número de hectáreas en pastoreo son importantes para determinar la producción de leche y carne en las unidades de producción de las áreas estudiadas. Esto puede ayudar a los productores de estas regiones a poner más atención en el uso de estos insumos, por ser los que más influyen en las variables productivas. Aunque estos insumos son utilizados de forma adecuada para producción de leche, se debe evaluar la cantidad de alimento utilizada para producción de carne ya que refleja que es usado en forma excesiva. Para los productores sería apropiado no seguir incrementando la cantidad de insumos ya que los productos marginales de estos están decreciendo, además que ambas funciones presentan rendimientos decrecientes a escala e incrementar la combinación de insumos podría traer pérdidas económicas y una sobreutilización de los insumos.

#### IV. LITERATURA CITADA

- Absalón-Medina, V. A., C. F. Nicholson., R. W. Blake., D. G. Fox., F. I. Juárez-Lagunes., E. G. Canudas-Lara., y B. L. R. Maldonado. 2012b. Limitations and potentials of dual purpose cow herds in Central Coastal Veracruz, Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 1131-1142.
- Acero, R., García, A., Ceular, N., Artacho, C., Martos, J., 2004. Aproximación metodológica a la determinación de costes en la empresa ganadera (Methodological approach concerning costs determination in farms). *Archivos de Zootecnia* 53, 91-94.
- Albarrán-Portillo, B., S. Rebollar-Rebollar., A. García-Martínez., R. Rojo-Rubio., F. Avilés-Nova, y C. M. Arriaga-Jordán. 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 47: 519-523.
- Alonso PF, Alonso AP. 2001. Administración pecuaria. En: Manual punto de equilibrio. UNAM. México, D.F. 58 p.
- Andresen S, H. 2001. Mastitis: prevención y Control. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 12, 55–64.
- Anzures M., 1997. Contabilidad General. Segunda edición. Editorial Porrúa. México Distrito Federal
- Aspilcueta, R., Muñoz, M., Tonhati, S., Hurtado-Lugo, N., 2008. Modelación para ajuste de la curva de lactación usando función lineal, no lineal y polinomios segmentados en ganados con alto grado de sangre Brown Swiss. *Livestock Research for Rural Development* 20.
- Balocchi L., O., Pulido F., R. and Fernández V., J. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica* 62, 87–98.
- Bedolla, C. C. y León, M. P. de. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria* (2008).
- Bermúdez, E. N. and Saade, J. A. de S. 2006. Análisis del proceso de ordeño y de la calidad higiénica de la leche utilizada en la fabricación del queso Paipa en el municipio de Pai-pa (Boyacá), Colombia. *Revista de Investigación Universidad La Salle.* 6, 163–170.

- Bravo-Ureta, B.E., Rieger, L., 1990. Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency Journal of Agricultural Economics 41, 215-226.
- Caicedo, R.R., Garita, G. J. L., Paz-Calderon, N. 2011. Salud animal de una cuenca lechera bajo el sistema de traspatio, Puebla, México. AICA (1) 323-326.
- Camacho-Vera, J., F. Cervantes-Escotoa., M. Palacios-Rangela., F. Rosales-Noriegab y J. M. Vargas-Canalesa. 2017. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. Rev. Mex. Ciencias Pec. 8(1):23–9.
- Caridad, J.M., 1998. Econometría: Modelos econométricos y series temporales con los paquetes uTSP y TSP, Barcelona.
- Casanova, A., F. Urdaneta., M. Materán., M. E. Peña. 2004. Tipificación tecnológica del sistema de producción con ganadería bovina de doble propósito (*bos taurus x bos indicus*). Revista Científica 14:3.
- Castro, C. J. M., Rivera, J. C. and Zavaleta, J. A. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovinae en sistemas de doble propósito en Dobladero, Vera-cruz. Revista Mexicana de Agronegocios.
- Colom, A., Sabate, P., Saez, E., 1995. Análisis Económico Financiero de competitividad y eficiencia productiva del sector Cooperativo Cerealista de la provincia de Huesca. Investigación agraria: Economía 11, 139-171.
- Comisión Nacional del Agua. 2016. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>.
- Cortés, A. C. M., A.T, Cotes y T.J.M. Cotes. 2012. Características estructurales del sistema de producción con bovinos doble propósito en el trópico húmedo colombiano. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, núm. Abril-Junio, pp. 229-239.
- Cuevas-Reyes., M. J. Baca, F. E. Cervantes, G. J. A. Espinosa, A. J. Aguilar, y M. A. Loaiza. 2013. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa. Rev. Mex. Ciencias Pec. 4: 31-46.
- Cursack, A.M., María Isabel, C., Oscar, O y Horacio, C. (2010). Función de Producción en Sistemas Lecheros de Alta Producción de la Cuenca Central Santafesina, Argentina. 11° Congreso Panamericano de la Leche. FEPALE. Bello Horizonte, Brasil.

- Debertin. L.D. 1986. *Agricultural Production Economics*. Segunda edición, Estados Unidos.
- Espinosa G. J. A., O. T. A. González., E. A. A. Luna., R. V. Cuevas., L. G. Moctezuma., G. S. F Góngora., B. J. L. Jolalpa y I. A. Vélez. 2010. *Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA.
- Espinosa GJA, Saldaña AR. 2003. Secuencia 1. Aspectos esenciales de administración. En: *Manual de capacitación para el manejo sustentable de la empresa de bovinos de doble propósito del trópico de México*. INIFAP. México, D.F. Libro Técnico. p. 39110.
- Esqueda-Esquivel, V. A., Montero-Lagunes, M. and Juárez-Lagunes, F. I. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la productividad y calidad del pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Fernández, M. L., Ramírez, J. P., Chaves, C. and Arias, M. L. 2008. Disminución en la incidencia de mastitis en ganado vacuno con la aplicación de un sellador de barrera experimental. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas* 32, 107–112.
- G. Meena, G.L., Burark, S. S., Pant, D. C., Hemant Sharma y Yogi, R. K. 2012. Milk production function and resource use efficiency in alwar district of rajasthan. *International journal of scientific and technology research* volume 1-8.
- García-Martínez, A., B. Albarrán-Portillo y F. Avilés-Nova. 2015. Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el sur del Estado de México. *Agrociencia*, 49(2): 125-139.
- Ghebremariam, W. K., Ortmann, G. F y Nsahlai IV. (2006). A production function analysis of commercial dairy farms in the Highlands of Eritrea using ridge regression. *Agrekon*, vol 45-2.
- Gómez, C. H., M. A. Tewolde y T. J. Nahed. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos latinoamericanos de producción animal*: 10(3):175-183.
- Granados Z. L., V. J. Quiroz., A. M Barrón., P. C Cruz y O. M. M. Jiménez. 2011. Costo de producción del litro de leche y carne en un sistema de lechería de doble propósito. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1:424-427.

- Guevara, R., L. A. G. Hernández., C. H. A. Bello y L. B Pérez. 2008. Sustentabilidad financiera: el caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito. *Revista Mexicana de Agronegocios*, núm. enero-junio: 503-515.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., Anderson, R., Tatham, R., 2006. *Multivariate data analysis* (6th Ed.) Upper Saddle River, New Jersey: Pearson.
- Hernández, G. A., Martínez, H. P. A., Zaragoza, E.J., Vaquera, H. H., Osnaya, G. F., Joaquín, T. M., Velasco, Z. M. E., 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Revista fitotecnica mexicana*, 35(3), 259-266.
- Houdijk, J. G. M., Kyriazakis, I., Kidane, A. and Athanasiadou, S. 2012. Manipulating small ruminant parasite epidemiology through the combination of nutritional strategies. *Vet. Parasitol.* 186, 38–50.
- Huerta, Q.R. 2001. De nuevo los rendimientos decrecientes. *Revista de la Facultad de Economía-BUAP*. VI. Núm., 18
- Johnson, R., Wichern, D., 1998. *Applied multivariate statistical analysis*. 799 p. 4th ed. Prentice Hall, New York, USA.
- Juárez-Barrientos, J. M., E. Herman-Lara., A. Soto-Estrada., D. A. Ávalos de la Cruz, J. Vilaboia-Arroniz y P. Díaz-Rivera. 2015. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista científica XXV* (4) 317-323.
- Kirton, A. H., Woods, E. G., & Duganzich, D. M. (1984). Predicting the fatness of lamb carcasses from carcass wall thickness measured by ruler or by a total depth indicator (TDI) probe. *Livestock production science*, 11(2), 185-194.
- Kunene, N. W., Nesamvuni, A. E., & Nsahlai, I. V. (2009). Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep. *Small Ruminant Research*, 84(1), 41-46.
- Lima, L. P., C. M. Veloso., F. F. Silvia., A. J. V. Pires., F. A. Teixeira y P.V.N. Nascimento 2015. Milk production and economic assessment of cassava bagasse in the feed of dairy cows. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(3), 307-313.

- Macedo, R., A. M. Galina y M. Z. José. 2008. Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 455-463.
- Mariscal, P.C.A., Moreno, J.R.A. 2013. Prevalencia de *Haematobia irritans* (Linnaeus 1758) (Díptera: Muscidae) en Bovinos de la Provincia Cercado, Beni. *Rev.Cient.Agro.Amaz.* 1 (1), 31-42.
- Martínez V. P., Flores J. S., Pérez R.M. 2002. Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México.* 40 (2): 187-192.
- Montiel, F., Galina, C. S., Lamothe, C. and Castañeda, O. 2007. Effect of a feed supplementation during the mid-lactating period on body condition, milk yield, metabolic profile and pregnancy rate of grazing dual-purpose cows in the Mexican humid tropic. *Archivos de Medicina Veterinaria.*
- Nájera-Garduño A. L., R. Piedra-Matias., B. Albarrán-Portillo y A. García-Martínez. 2015. Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del estado de México. *Agrociencia* 50: 701-710.
- Nava-Rosillón, M., F. Urdaneta, y A. Casanova. 2009. Comportamiento económico y financiero de sistemas de ganadería de doble propósito (*Taurus - Indicus*). *Revista Científica:* 9(4):356–65.
- Okeudo, N. J., y Moss, B. W. 2008. Production performance and meat quality characteristics of sheep comprising four sex-types over a range of slaughter weights produced following commercial practice. *Meat Science*, 80(2), 522-528.
- Orantes-Zebadúa, M. A., D. Platas-Rosado., V. Córdova-Avalos, M. C. D. Santos-Lara y A. Córdova-Avalos. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios:* 1(1):49–58.
- Ortega-Jimenez, E; Nava-Tablada, M E; Vargas-López, S; López, F; Villa-Herrera, A; López-Ortiz, S; (2009). Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) Como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10() 253-261.

- Oviedo, C., Pastrana, Á., Maza, L., Salgado, R. and Vergara, O. 2011. Supplementation of lactating calves dual purpose in the dry season in the middle sinu valley, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 14, 57–62.
- Palacio, L. G., C. M. Trujillo., A .F. Gallego y N. Ramírez. 2011. Prevalencia de mastitis en siete hatos lecheros del oriente antioqueño. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Enero-Marzo, 11-18.
- Parra, J.L., D.R. Pérez, D. Barajas, G.H. Onofre, J.H. Velázquez, O. Colmenares y J.E. González. 1998. Modelo de asistencia técnica integral pecuaria para pequeños y medianos productores del sistema doble propósito en el piedemonte llanero. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria Pronatta. Colombia.
- Peralta-Lailson, M., Trejo-González, A. Á., Pedraza-Villagómez, P., Berruecos-Villalobos, J. M., y Vasquez, C. G. 2005. Factors affecting milk yield and lactation curve fitting in the creole sheep of Chiapas-Mexico. *Small Ruminant Research*, 58(3), 265-273.
- Pérez, H. P., M. F. Solaris., W. M. García., A. M. Osorio y S. J. Gallegos. 2001. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 9(2): 79-85.
- Pinzón Trujillo, A., Vásquez, M., Camilo, F. and Rodríguez Martínez, G. 2009. Subclinical mastitis effects in some dairy herds in the Upper Chicamocha River (Boyacá Department). *Revista de Medicina Veterinaria*.
- Posadas-Domínguez, R. R., C. M. Arriaga-Jordán y F. E. Martínez-Castañeda. 2013. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 46: 235-240.
- Puebla, A. S., R. S. Rebollar., P. B. Albarrán., M.A. García y J. C. M. Arriaga. 2015. Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. *Investigación y Ciencia*, núm. Mayo-Agosto, pp. 13-19.
- Pulido, RG, Escobar, A, Follert, S, Leiva, M, Orellana, P, Wittwer, F., and Balocchi, O. 2009. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras

a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. Archivos de medicina veterinaria, 41(3), 197-204.

Quiroz, J., L. Granados, M. Barrón., A. Espejel y G. J. A. Espinosa. 2014. Estructura de los hatos bovinos en Tabasco, México. Actas iberoamericanas de conservación animal: 4, 252-253.

Rojo-Rubio, R., J. F Vázquez-Armijo., P. Pérez-Hernández., G. D. Mendoza-Martínez., A. Z. M Salem., B. Albarrán-Portillo., A. González-Reyna., J. Hernández-Martínez., S. Rebollar Rebollar., D. Cardoso-Jiménez., E. J. Dorantes-Coronado and J. G. Gutiérrez-Cedillo. (2009). Dual-purpose cattle production in Mexico. Trop. Anim. Health Prod. 41: 715-721.

Rúgeles P., Clara; 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. Revista MVZ Córdoba 6: 24-30.

Sánchez, T., Lamela, L. and López, O. 2010. Efecto de la suplementación con residuos de destilería del maíz en el comportamiento de novillas en una asociación de gramínea y leucaena. Pastos y Forrajes 33, 0–0.

SAS. 2003. Sas/Stat User's Guide: Statistics, Version 8.9. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Servicio Meteorológico Nacional. 2016. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>.

Sistema de información agroalimentaria y pesquera. 2016. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>.

Statistical Analysis Software. (2017). PROC REG: Model-Selection Methods : SAS/STAT(R) 9.2 User's Guide, Second Edition. [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug\\_reg\\_sect030.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug_reg_sect030.htm) (1 de Marzo de 2017).

Terán V., M. Eugenia., J. A. E. García y A.V. Izquierdo. 2015. Innovación y eficiencia de unidades bovinas de doble propósito en Veracruz. Revista mexicana de agronegocios: (XIX) 36:1306–14.

Torres-Acosta, J.F.J., Jacobs, D.E., Aguilar-Caballero, A.J., Sandoval-Castro, C., Cob-Galera, L., May-Martínez, M., 2012. Improving resilience against natural gastrointestinal nematode infections in browsing kids during the dry season in tropical Mexico. Veterinary Parasitology. 135, 163–173.

- Trujillo, C. M., Gallego, A. F., Ramírez, N. and Palacio, L. G. 2011. Prevalencia de mastitis en siete hatos lecheros del oriente antioqueño. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.
- Vargas Biesuz, Bruno E. 2014. La Función de producción Cobb - Douglas. *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia* 8, 67–74.
- Vázquez, O. P y T. R. Smith. 2000. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *J Dairy Sci.* 83(10):2301-9.
- Velasco-Fuenmayor, J., L. Ortega-Soto., E. Sánchez-Camarillo., F. Urdaneta. 2009. Factores que influyen sobre el nivel tecnológico presente en las fincas ganaderas de doble propósito localizadas en el estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica* 19, 187–195.
- Vélez, I. A., G. J. A. Espinosa., S. J. M. Omaña., O. T. A. González y V. J. Quiroz 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas iberoamericanas de conservación animal*: 3, 88-96.
- Vera, R.R., O. García, R. Botero y C. Ullrich. 1994. Producción de leche y reproducción en sistemas doble propósito: Algunas implicancias para el enfoque experimental. *Pasturas Tropicales*, 18: 25-30.
- Waard, J. H. 2010. ¿Ordeñando micobacterias del ganado? Impacto económico y en salud de Tuberculosis bovina y Paratuberculosis en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*
- Zárate-Martínez, J. P., V. A. Esqueda-Esquivel., J. C. Vinay-Vadillo y S. M. Jácome-Maldonado. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*: 21(2):255-265.