



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES

“IMPORTANCIA DEL MAÍZ (*Zea mays*) EN LA ALIMENTACIÓN DEL  
GANADO BOVINO DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO SECO DEL  
ESTADO DE MÉXICO, DESDE UN ENFOQUE SUSTENTABLE”

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**PRESENTA:**

JOVEL VENCES PEREZ

Temascaltepec, Estado de México, México, Octubre de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES

“IMPORTANCIA DEL MAÍZ (*Zea mays*) EN LA ALIMENTACIÓN DEL  
GANADO BOVINO DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO SECO DEL  
ESTADO DE MÉXICO, DESDE UN ENFOQUE SUSTENTABLE”

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**PRESENTA:**

JOVEL VENCES PEREZ

**COMITÉ TUTORIAL:**

**Dr. Anastacio García Martínez, Tutor Académico**

**Dr. Carlos Galdino Martínez García, Tutor Adjunto**

**Dr. Ernesto Morales Almaráz, Tutor Adjunto**

Temascaltepec, Estado de México, México, Octubre de 2018

# CARTA DE LIBERACIÓN DE TESIS



**Universidad Autónoma del Estado de México**  
Centro Universitario UAEM Temascaltepec

Portillo, B., Arriaga-Jordán, C. M. y García-Martínez, A. (2015). Importancia del maíz en la alimentación de ganado doble propósito en Tlatlaya, estado de México. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria. Del 25 al 27 de Noviembre. Toluca, Estado de México. Año 1. 1 (1): 561-562. ISSN. 24485284; y iii. 2° Congreso Internacional Sustentabilidad: paradigmas y experiencias "ambiente. Sociedad, economía, territorio, educación y cambio climático. Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable-UAEMex. Toluca, estado de México. 11, 12 y 13 de noviembre de 2015. Sostenibilidad económica: limitante en la agricultura y ganadería tropical de Tlatlaya, estado de México. Presentación oral. Autores: Jovel Vences Pérez, Ernesto Morales Almaraz, Carlos Galdino Martínez García y Anastacio García Martínez.  
Sin otro particular por el momento y esperando contar con su valioso apoyo, aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

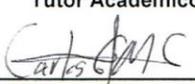
**ATENTAMENTE**

**PATRIA CIENCIA Y TRABAJO**

**"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Anastacio García Martínez**

**Tutor Académico**

  
\_\_\_\_\_  
**Ph.D. Carlos Galdino Martínez García**

**Tutor Adjunto**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. en C. Ernesto Morales Almaráz**

**Tutor adjunto**

c.c.p. Dr. Nazario Pescador Salas. Representante del Área de Producción Animal. PCARN.

c.c.p. Dr. Rolando Rojo Rubio. Representante del Posgrado del Centro Universitario UAEM

Temascaltepec. PCAR.

Archivo.

Carretera Toluca-Tejupilco Km. 67.5, Barrio de Santiago,  
C.P. 51300 Temascaltepec de González, Estado de México  
Tel. 01(716) 2 66 51 38 / 2 66 51 71  
[www.cutemascaltepec.mx](http://www.cutemascaltepec.mx)

# DEDICATORIAS

A mis padres Teresa Pérez Castañeda y José Vences Castañeda, por sus consejos, por su apoyo, por su cariño.

A mis hermanos Josue, Jose Feliciano, Jaime, Jason por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

# PUBLICACIONES

El presente trabajo de disertación está basado en las siguientes publicaciones:

1. Capítulo de libro

Importancia del cultivo de maíz en la ganadería doble propósito en Tlatlaya, Estado de México.  
Eficiencia energética y sustentabilidad

2. Capítulo de libro

Eficiencia energética y sustentabilidad. El caso del cultivo de Maíz doble propósito en el Estado de México.

3. Artículo enviado

Análisis socioeconómico para identificar oportunidades de desarrollo en el ganadería doble propósito en el trópico seco.

# RESÚMENES

(CAPÍTULO DE LIBRO DOS). Desde la Cumbre de Río 1992 se reconoció la importancia del uso “ecoficiente” y sustentable de la energía utilizada en los procesos de producción, e implica el principio de producir más con menos y con el mínimo impacto ambiental. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia del uso de energía en el cultivo del maíz en sistemas de ganado doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Se realizó un muestreo bola de nieve y la información se obtuvo mediante una encuesta estructurada en entrevista directa a 28 ganaderos. Se observó que la eficiencia del sistema analizado, fue de 1.45 MJ por unidad producida. Es decir, se produjeron 0.11 kg de maíz por cada MJ utilizado, por lo que para producir 1 kg de maíz son necesarios 10.91 MJ. Más del 98% de energía utilizada es consumida de manera directa por los insumos para la siembra y manejo del cultivo y 2% de manera indirecta en actividades relacionadas con el cultivo, manejo y gestión. Se concluyó que el proceso de cultivo de maíz, es eficiente en el uso de energía.

**Palabras clave:** Bovinos, trópico seco, Altiplano central

## ABSTRACT

The dual-purpose production system is a major economic activity in rural areas due to the income generated from milk and meat sales. The objective was to conduct a comparative economic analysis of three groups of dual-purpose production units; i. MDP; with greater orientation to milk production; ii. TDP or traditional dual purpose and iii. MDP that only produce meat. The information was obtained during 2015 by technical-economic assessment of 67 farms in the central highlands of Mexico. The analysis of structural indicators was descriptive and partial budget methodology, and variance analysis ( $P < 0,05$ ) for economic and management indicators were used. It was observed that MDP are PU of recent creation, medium size and contract labor; the TDP are old PU with older farmers and large herds and, MDP are old and small PU, with young farmers and family labor. Differences ( $P < 0,05$ ) between groups were observed in the total net margin for milk and cattle sales and in the unit net margin (ha and cow). In both cases, profits were greater in MDP. It was concluded that milk production generates greatest economic profit and this activity is postulated as a development alternative, although number of PU is small and the traditional dual-purpose system is maintained in a stable economy activity, with its own resources. In counterpart, the meat production system presents greater economic instability, less development and its permanence is compromised for the lowest profit margins.

*Keywords: cattle, comparison, economic, opportunities, central highlands, Mexico.*

# AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada durante el tiempo de realización de los estudios de posgrado en el programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

A la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Temascaltepec y especialmente al Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por haberme permitido realizar los estudios de posgrado.

A mis tutores de tesis, Dr. Anastacio García Martínez, Dr. Carlos Galdino Martínez García, y Dr. Ernesto Morales Almaráz, por su gran paciencia, conocimiento, reflexiones, sugerencias y apoyo en la realización de mi proceso de formación en los estudios de posgrado.

# INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>II</b>
<b>PUBLICACIONES .....</b>	<b>III</b>
<b>RESÚMENES .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>IV. HIPÓTESIS .....</b>	<b>10</b>
<b>V. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>VI. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>14</b>
<b>VII. RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
7.1. CAPITULO UNO.....	27
IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA GANADERÍA DOBLE PRPÓSITO EN TLATLAYA ESTADO DE MÉXICO. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD.....	27
7.2. CAPITULO DOS. ....	48
EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD. EL CASO DEL ..... CULTIVO DE MAÍZ EN GANADERIA DOBLE PRPÓSITO EN EL ESTADO DE MÉXICO.....	48
7.3. CAPITULO TRES .....	58
ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN TRÓPICO SECO58	
7.4. CAPÍTULO CUATRO.....	86
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y SU CONTRIBUCIÓN A LA GANADERÍA EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO	86
7.5. CAPITULO CINCO.....	118
SUSTENTABILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO DEL TRÓPICO SECO DEL ESTADO DE MÉXICO.....	118

<b>VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>133</b>
RENDIMIENTOS .....	134
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN TLATLAYA .....	135
MAÍZ Y GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO.....	137
<b>IX. CONCLUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>138</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>140</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 1</b> Equivalente de energía de los insumos .....	17
<b>Cuadro 2</b> Objetivos del método IDEA.....	18
<b>Cuadro 3</b> Matriz de indicadores y objetivos del método IDEA .....	20
<b>Cuadro 4</b> Indicadores de la sustentabilidad Agro-ecológica .....	22
<b>Cuadro 5</b> Indicadores de la sustentabilidad socio-territorial.....	24
<b>Cuadro 6</b> Indicadores de la sustentabilidad económica .....	25

# **I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

El maíz es uno de los principales cultivos del mundo en términos de producción, entre los principales países productores a nivel mundial se encuentran; Estados Unidos, China, Brazil, Unión europea, Argentina, Ucrania, México y la India con una producción en conjunto de 873,814 millones de toneladas que representa el 82% de la producción mundial (USDA, 2018).

La importancia del maíz se debe a la amplia funcionalidad que tiene, como fuente de alimento para humanos y animales. La población consume el maíz de diversas maneras, los granos se pueden consumir directamente de la mazorca, ya sea secos, hervidos, fritos, tostados, molidos, papillas, pasteles y bebidas alcohólicas (Nuss and Tanumihardjo, 2010).

En México, el maíz aporta alrededor del 45% de la ingesta calórica diaria (principalmente como tortilla), otros granos solo aportan el 10% de la ingesta (Awika 2011). Además el maíz también es una fuente de ingresos, identidad cultural, estatus social, y forma parte de la seguridad alimentaria del país (Hellin et al. 2013).

En cuanto al consumo del maíz para el ganado, se realiza a través de subproductos, entre los subproductos más estudiados se encuentra el rastrojo de maíz (Arellano Vicente et al. 2016; Muñoz-Tlahuiz et al. 2013) y el uso de los ensilados (Garcés et al. 2004). En México son utilizados en el periodo de escases de alimento durante la época de estiaje. El maíz aporta alrededor de 48.1 millones de toneladas por año de residuos usados como alimento para el ganado, seguido del sorgo y trigo con 6.5 y 2.7 millones de toneladas de residuos (Hellin et al. 2013).

La producción de maíz en México se asocia con la ganadería con la finalidad de incrementar los beneficios entre ambos sistemas (Bell and Moore 2012). El ganado consume los residuos agrícolas que transforma en leche o carne, estos son una fuente de ingresos y alimento para la unidad de producción, por otra parte el estiércol del ganado es incorporado al suelo para mejorar su calidad, y así obtener mejores rendimientos en siguiente ciclo productivo (Russelle, Entz, and Franzluebbbers 2007).

Los sistemas que combinan la agricultura con ganadería fueron desarrollados hace más de 8 a 10 milenios, sin embargo en los últimos 60 años, en países industrializados se han vuelto más especializados estos sistemas de producción, separando el binomio productivo de agricultura y ganadería (Naylor et al. 2005)

Los procesos que ocurren entre el sistema agrícola-ganadero consisten en una conversión de energía, donde la energía solar, a través de la fotosíntesis, es transformada en alimentos para los seres humanos y forrajes para los animales (Guevara et al. 2013)

La producción agropecuaria necesita aportes de energía fósil en todo el proceso de productivo. El uso de energía directa a través de maquinaria, agua de riego, manejo del cultivo y cosecha. Así como también, energía indirecta a través de insumos como fertilizantes sintéticos, herbicidas, insecticidas, fungicidas (J. Denoia and Montico 2010).

Un elevado uso de insumos externos se verá reflejado en gran medida en el consumo de energía, este a su vez tendrá un impacto ambiental, económico y social (Julio Denoia et al. 2006). Entre algunos impactos ambientales se encuentra la contaminación por agroquímicos y producción de gases efecto invernadero, entre los impactos económicos se encuentran los elevados costos energéticos y baja productividad, y entre los costos sociales se encuentran aquellos que se relaciona con el bienestar de las personas (Zahm et al. 2008)

Se atribuyen varios de los efectos negativos a los sistemas convencionales de agricultura moderna, entre algunos de ellos se encuentran; pérdida de la biodiversidad, aumento de CO<sub>2</sub>, costos elevados, dependencia de insumos externos, ineficiencia energética, daños a la salud, aumento de la pobreza, etc. (Nahed, Palma, and González 2014), es por eso, que surge la necesidad de promover sistemas que integren los conceptos de agricultura sustentable (viabiles, reproducibles, transmisibles, habitables) (Zahm et al. 2008).

Como alternativa para combatir los efectos negativos de la producción convencional se han diseñado sistemas de producción que integran los principios de agricultura sustentable como la agricultura orgánica, agricultura biodinámica, agricultura ecológica, agroecología, permacultura (J. Hernández et al. 2010).

Algunos trabajos resaltan la fortalezas de los sistemas de agricultura y ganadería como una opción para mitigar los efectos negativos de la agricultura moderna, ya que estos sistemas aumentan la sinergia de reciclaje de desechos, el retorno de desechos orgánicos al suelo (Nahed, Palma, and González 2014; Munandar et al. 2015), también pueden gestionar los desechos del ganado a través del compostaje y biodigestores para reducir las emisiones de metano (Munandar et al. 2015).

Este trabajo se realizó en el trópico seco del Estado de México, que se caracteriza por el aprovechamiento extensivo de pastos y pastizales, donde se destina más del 37% de la superficie del Estado (García, Albarrán and Avilés , 2015). El ganado bovino doble propósito predomina en el sur del Estado con un aporte 12,701.90 toneladas en pie y 8,814.84 mil litros de leche (SIAP 2017).

Así mismo, el maíz es el principal cultivo del sur del Estado de México, con una superficie sembrada y cosechada de 41,697.50 hectáreas, con un rendimiento 110,912.00 toneladas y con un valor de 410,955.21 mil pesos (SIAP 2017)

De lo anterior surgió la necesidad de analizar el cultivo de maíz en la alimentación del ganado bovino doble propósito en el trópico seco del Estado de México, desde un enfoque sustentable.

# **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

Las gramíneas cultivadas producen frutos conocidos como cereales. Estos cereales proporcionan alrededor del 60% de las calorías de los países desarrollados y más del 80% a los países en vías de desarrollo (Awika 2011). Cultivos como el trigo, maíz y el arroz representan el 94% de los cereales consumidos como alimento. Estos cereales destacan entre más de una docena de cultivos que se utilizan dentro de la alimentación (Ranum, Peña, and Garcia, 2014).

En cada región del mundo varía el consumo de estos cereales; 1) El trigo es el alimento más consumido en Asia Central, Medio Oriente, América del Sur y norte, Europa. 2) El arroz es el principal cereal de Asia. 3) El maíz es más consumido en el sur y este de África, América Central y México (McKevith, 2005). Las diferentes condiciones ambientales, culturales y económicas son factores que intervienen en la producción de determinado cereal. La temperatura y disponibilidad de agua son los factores ambientales más importantes que determina la producción de cierto cereal en determinada región (Awika, 2011).

Las diversas condiciones agroclimáticas en las que se cultiva el maíz no se compara con ningún otro cultivo. Se produce desde 58 N° a 40 S°, se puede cultivar por debajo del nivel del mar hasta altitudes que pueden ser superiores a los 300 metros, en áreas de 250 mm a más de 5000 mm de precipitación anual, con ciclos de crecimiento entre los 3 y 13 meses (Faruq Golam, 2011).

En la actualidad el maíz se ha estudiado desde diferentes perspectivas desde la utilización como rastrojo para alimentar al ganado bovino (Muñoz *et al.*, 2013; Arellano *et al.*, 2016) el rastrojo como fuente de cobertura del suelo (Blanco and Lal, 2009), prácticas que mejoran la calidad del grano (Mason and D'croz-Mason 2002), valor nutricional del maíz (Nuss and Tanumihardjo, 2010) la diversidad de razas de maíz (Keleman, Hellin, and Bellont, 2009) comportamiento agronómico de diferentes variedades mejoradas y criollas (Aceves *et al.*, 2002) el uso de pesticidas en el maíz (Blanco *et al.* 2014) tecnologías utilizadas por los productores en el maíz (Damián *et al.*, 2007, 2013) por supuesto también desde la eficiencia energética (Bilalis *et al.*, 2013a) y emisiones de CO<sub>2</sub> (Šarauskis *et al.*, 2014).

Desde el punto de vista agronómico puede decirse que el maíz se ha estudiado durante todas sus fases del proceso productivo; 1) la preparación del terreno a través de métodos convencionales y tradicionales (Van der Wal *et al.* 2006), 2) la siembra, a través de diferentes métodos de siembra, densidades de siembra (Ruiz *et al.*, 2015) 3) manejo, a través del control de malezas y plagas (Antonio, 2001; Blanco *et al.*, 2014) y cosecha (Viveros *et al.*, 2010).

En cuanto a los subproductos obtenidos que más se han estudiado, se encuentra el rastrojo (Muñoz *et al.*, 2013) ensilado (Garcés *et al.* 2004) grano (Gwirtz and Garcia, 2014) olote (Jansen and Lübberstedt, 2012) hoja de mazorca (Lardy, 2011), en la mayoría de los casos

se han estudiado por separado, no como parte de una gran variedad de subproductos que los productores obtienen para alimentar al ganado bovino.

El CIMMYT ha jugado un papel importante en el aporte al conocimiento sobre el uso de rastrojos, algunas de sus investigaciones han resaltado las ventajas y funciones que tiene el rastrojo en la cobertura del suelo (Erenstein *et al.* 2008; Valbuena *et al.* 2012; Erenstein and Laxmi, 2008; Erenstein, 2003, 2002). Sus aportes también han contribuido en la caracterización de los diferentes usos que tienen este subproducto en los sistemas de producción de ganado en México (Hellin *et al.* 2013).

Por otra parte el Programa de Investigaciones sobre el Cambio Climático (CGIAR) y el centro de Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) resaltan el papel que juega la ganadería dentro de la producción agrícola, como componente clave para intensificar la producción ante una creciente población humana, y como una forma de optimizar el uso de los recursos naturales, y a la vez, disminuir los gases efecto invernadero generados por la ganadería (M. Herrero, Thornton, Notenbaert, Wood, Msangi, Freeman, Bossio, Dixon, Peters, Van De Steeg, *et al.* 2010; Thornton and Herrero 2010; Thornton *et al.* 2014; Havlik *et al.* 2014).

Así mismo, estas investigaciones han puesto dentro del marco de agricultura y ganadería los objetivos clave de la sustentabilidad global, como la reducción de la pobreza, seguridad alimentaria y nutricional, la protección de los ecosistemas, la mitigación de los gases efecto invernadero (GEI) y adaptación al cambio climático, que hasta la fecha no existe una integración completa dentro del sector agropecuario, ya que no se ha puesto atención suficiente en la generación de datos (Tabari *et al.*, 2008).

Las actividades agropecuarias ejercen cada vez más presión sobre los recursos naturales, debido al crecimiento poblacional que existe, los sistemas de agricultura moderna tienen que recurrir cada vez a un mayor uso de insumos externos, las actividades culturales se sustituyeron en gran medida por el uso de insumos, y el incremento del uso de maquinaria (Pimentel, Pimentel, and Karpenstein, 1999). Esto ocurrió desde hace 200 años atrás cuando se descubrió la energía fósil con ello se desarrolló la producción agrícola intensiva. Sin embargo la sustentabilidad de estos sistemas se cuestiona debido a la dependencia de energía fósil (fertilizantes, pesticidas, riego), ya que desde el año 2000 esta fuente de energía empezó a declinar (Pimentel and Pimentel, 2003a).

Los abundantes suministros de energía, han contribuido al rápido crecimiento de la población, y también, a un incremento de las necesidades de los recursos naturales y energía, para satisfacer cierto estilo de vida (Pimentel and Pimentel, 2003b), es con eso, que la agricultura y ganadería necesitarán seguir un nuevo rumbo adoptando los principios de una agricultura sustentable

El sistema de ganadería se empezó a estudiar recientemente con los trabajos de García et al. (2015), El maíz ha sido considerado como parte complementaria de la ganadería (Puebla *et al.*, 2015), sin embargo no se han hecho trabajos que permita conocer las características que tiene este sistema de producción *per se* ,así como, cuantificar cuales son las aportaciones que hace a la ganadería doble propósito de la zona de estudio, ya que existe una variación en la utilización de los subproductos del maíz.

# **III. JUSTIFICACIÓN**

El cultivo de maíz es considerado como el patrimonio biocultural de los mexicanos, ya que nuestra cultura desarrollo una identidad alrededor de este cultivo. El país está conformado por diferentes regiones agroecológicas, que dieron origen a diferentes razas de maíz, usos, modos de producción que se refleja en una diversidad de sistemas de producción de maíz.

Este trabajo es parte del seguimiento de trabajos anteriores donde solo se habían analizados cuestiones económicas de la ganadería doble propósito (Nájera *et al.*, 2016), dinámicas y tendencias de la ganadería (García, Albarrán and Avilés, 2015).

En la zona de estudio no se ha evidenciado las características del sistema de producción de maíz, así como la eficiencia energética de este cultivo bajo un sistema convencional de producción, que permita también conocer el aporte que hace a la agricultura doble propósito, y de esta manera poder integrar un análisis completo que refleje la sustentabilidad del sistema global de agricultura y ganadería.

Los resultados serán utilizados para la toma de decisiones en diversos aspectos; 1) nuevas investigaciones 2) planes de desarrollo 3) políticas. Los indicadores obtenidos serán una valiosa herramienta que permitirá conocer cuáles son las principales fortalezas y debilidades del sistema de producción, y de esta manera, se podrán establecer las metas y objetivos en colaboración con el productor, y así, gerenciar la unidad de producción de tal manera que pueda alcanzar los objetivos planteados.

# **IV. HIPÓTESIS**

Para este trabajo se presentaron las siguientes hipótesis

1: debido a la diferencia productiva de leche y carne entre las diferentes unidades de producción fue necesario agruparlos en tres grupos donde se planteó la siguiente hipótesis: las características socioeconómicas es diferentes en los tres grupos de unidades de producción que i. grupo **DPL** con 17 UP que presentaron mayor tendencia hacia la producción de leche (210 días en promedio), ii. grupo **DPT** o sistema doble propósito tradicional (leche y carne) que producen leche durante 120 días en promedio y está integrado por 29 UP y, iii. grupo **DPC** (21 UP) que solo producen carne y es su principal fuente de ingreso.

2: para la eficiencia energética se supuso que el sistema de producción del cultivo de maíz era eficiente energéticamente. El sistema de producción del cultivo de maíz es eficiente energéticamente.

3: la de producción de maíz en un sistema de ganado bovino doble propósito es bajo un sistema convencional, con el uso de insumos externos. Y la producción de maíz disminuye la compra de alimentos así como los costos de producción.

4: la producción de maíz es sustentable en las tres dimensiones; ecológica, económica y socialmente

# **V. OBJETIVOS**

1. El objetivo fue realizar un análisis socioeconómico comparativo de tres grupos de unidades de producción (UP) doble propósito; i. DPL con mayor orientación a la producción de leche; ii. DPT o tradicional y, iii. DPC que solo producen carne.
2. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia del uso de energía en el cultivo del maíz en sistemas de ganado doble propósito en Tlatlaya, Estado de México.
3. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el sistema de producción de maíz en el sur del estado de México y el aporte que hace el maíz a la ganadería doble propósito.
4. El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la ganadería doble propósito del trópico seco del Estado de México

# **VI. MATERIAL Y MÉTODO**

**Localización de la zona de estudio.** El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado a 1 350 msnm al suroeste del Estado de México, México entre las coordenadas 18 ° 41´ N y 100 ° 27´ O. Tiene una extensión territorial de 798,92 km<sup>2</sup> que representa 3,55 % del territorio estatal. Predomina el clima Aw (w) (i) g o subtropical cálido, con temperaturas entre 22° y 36° C y precipitación anual promedio de 1. 270 mm (PDMT 2016).

**Recolección y análisis de información.** De un total de 200 ganaderos registrados en la Asociación ganadera local, se obtuvo una muestra aleatoria ( $P < 0,05$ ) unidades de producción (UP) de acuerdo a Hernández *et al.* (2004). La información se obtuvo a través de encuestas estructuradas a 67 ganaderos y seguimientos técnico-económicos mensuales, durante enero a diciembre de 2015, para obtener datos de los principales eventos de manejo y gestión de las UP.

Para el análisis de información, se consideraron tres grupos de UP doble propósito (DP) (Vences-Pérez, 2015). i. grupo **DPL** con 17 UP que presentaron mayor tendencia hacia la producción de leche (210 días en promedio), ii. grupo **DPT** o sistema doble propósito tradicional (leche y carne) que producen leche durante 120 días en promedio y está integrado por 29 UP y, iii. grupo **DPC** (21 UP) que solo producen carne y es su principal fuente de ingreso. Para lograr lo anterior, se utilizaron métodos estadísticos multivariantes. Un Análisis Factorial por Componentes Principales (ACP) con 14 variables sobre estructura, mano de obra, económicas y de manejo para estandarizar y reducir información. Del ACP se obtuvieron cinco factores que explicaron el 82,0 % de la varianza total ( $KMO = 0,703$ ;  $P < 0,000$ ). Posteriormente, las puntuaciones factoriales de las variables originales en cada nuevo factor, obtenidas por el método de regresión, se utilizaron en la clasificación de UP a través de un análisis Clúster Jerárquico, considerando el método de similitud de Ward y distancia euclídea al cuadrado (Haier *et al.*, 2007).

En el presente análisis, se consideraron 28 variables completarías relacionadas con la estructura, con el manejo y con ingresos y costes de producción, para evaluar las posibilidades de desarrollo de las UP desde una perspectiva económica. Se hizo un análisis descriptivo de las variables sociales y de estructura (mano de obra, superficie y rebaño).

Para los indicadores monetarios previamente se realizó un estudio económico a través de la metodología de presupuestos por actividad (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005), que determina el coste de producción por alimentación (forrajes y balanceados comerciales), mano de obra contratada, combustible, costes varios (asistencia técnica, medicinas etc.) y costes fijos (depreciación de instalaciones y equipo) y el retorno por venta de productos obtenidos. El margen bruto ( $MB^{-1}$ ) = (ingresos + subsidios) - (costes de la actividad + coste de la mano de obra + coste de infraestructura) y el margen neto ( $MN^{-1}$ ) = (valor total por venta leche y animales) – (valor de insumos utilizados + mano de obra + infraestructura). Una vez que los indicadores económicos fueron calculados, se realizó un análisis de varianza ( $P < 0,05$ ) para la comparación de medias entre grupos utilizando el procedimiento del Modelo General Lineal del programa SPSS 20. El modelo fue:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$ . Dónde:  $Y_{ij}$  = variable dependiente proveniente del grupo  $i$  de su repetición  $j$  ( $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3 \dots r$ ),  $\mu$  = media general,  $T_i$  = efecto fijo del grupo ( $i = 1, 2$  o  $3$ ) +  $\epsilon_{ij}$  = error experimental.

**Análisis de la eficiencia energética:** La información sobre las entradas de energía y el rendimiento del cultivo de maíz se ingresaron en hojas de cálculo Excel, para la estimación de los valores de energía. Se consideraron las entradas y salidas de energía (Cuadro 1), caracterizadas mediante flujos de materia física e insumos utilizados para la producción (Meul *et al.* 2007). Con base en los equivalentes de energía de las entradas y salidas (Cuadro 1), se calcularon: 1) la eficiencia en el uso de energía, 2) la productividad energética, 3) energía específica y 4) el retorno de energía neta (Samavatean *et al.* 2011; Ozkan, Fert, and Karadeniz 2007).

$$1) \text{ Eficiencia del uso de energía} = \frac{\text{Salida de energía (MJ/ha)}}{\text{Entradas de energía (MJ/ha)}}$$

$$2) \text{ Energía específica} = \frac{\text{Ingreso de energía (MJ/ha)}}{\text{Producción de maíz (kg/ha)}}$$

$$3) \text{ Productividad energética} = \frac{\text{Producción de maíz (kg/ha)}}{\text{Ingreso de energía (MJ/ha)}}$$

Los requerimientos de energía en la agricultura se dividen en dos grupos, directos e indirectos. En este estudio, la energía directa incluye mano de obra humana, diésel y energía indirecta que incluye semillas, fertilizantes químicos, estiércol, productos químicos, maquinaria.

**Cuadro 1 Equivalente de energía de los insumos**

A)	Entradas de energía	Unidad (U)	Equivalente a energía (MJ/U)	Referencia
<b>i) Energía directa</b>				
1.	Mano de obra	h	1.98	(Ozkan, Fert and Karadeniz, 2007)
2.	Diésel	L	39.6	(Šarauskis <i>et al.</i> , 2014)
<b>ii) Energía Indirecta</b>				
1.	Maquinaria	h	62.7	(Samavatean <i>et al.</i> , 2011)
2.	Fertilizantes			
	(a) Nitrógeno (N)	kg	60.6	(Bilalis <i>et al.</i> , 2013)
	(b) Fosforo (P)	kg	15.8	(Šarauskis <i>et al.</i> , 2014)
	(c) Potasio (K)	kg	9.3	(Šarauskis <i>et al.</i> , 2014)
3.	Herbicidas	L	238.0	(Ozkan, Fert and Karadeniz, 2007)
4.	Insecticidas	kg	101.2	(Banaeian and Zangeneh, 2011b)
5.	Semilla	kg	15.3	(Šarauskis <i>et al.</i> , 2014)
<b>B) Salidas de energía</b>				
1.	Producción de Maíz	kg	14.7	(Šarauskis <i>et al.</i> , 2014)

**Análisis de la sustentabilidad.**

**Método IDEA.** El método IDEA (Indicaterus de Durabilite des Explotations Agricoles o Indicadores de la Sustentabilidad de las Explotaciones Agrícolas) está estructurado alrededor de 16 objetivos que se agrupan en tres escalas de la sustentabilidad. Cada una de esas tres escalas está dividida en tres o cuatro componentes (haciendo un total de 10 componentes) cada componente está integrado por indicadores que en total suman 42 indicadores.

**Objetivos del método IDEA.** Los objetivos de la dimensión agroecológica se refieren a los principios agronómicos de la agricultura integrada. Éstos deben promover la eficacia económica con un costo ecológico tan bajo como sea posible. Los principios de la dimensión socio territorial de la sostenibilidad se refieren la ética y al desarrollo humano y caracterizan la inserción de la explotación en su territorio y en la sociedad. Finalmente, los objetivos de la dimensión económica de la sostenibilidad requieren nociones esenciales, ligados a las funciones empresariales de la explotación y constituyen un barómetro económico que ayuda a comprender los resultados económicos más allá del corto plazo y de las incertidumbres coyunturales.

Cada indicador del método IDEA está explícitamente acompañado de sus objetivos específicos. Naturalmente, cada uno de los diecisiete objetivos puede participar en el mejoramiento de varios componentes de la sostenibilidad.

Las justificaciones teóricas de los objetivos adoptados son presentadas rápidamente en las siguientes líneas. Éstas deberían ayudar a aclarar y profundizar los objetivos de cada indicador.

**Cuadro 2 Objetivos del método IDEA**

1 Coherencia	10 Calidad de los productos
2 Autonomía	11 Ética
3 Protección y manejo de la biodiversidad	12 Desarrollo humano
4 Protección de los paisajes	13 Desarrollo local
5 Protección del suelo	14 Calidad de vida
6 Protección y gestión del agua	15 Ciudadanía
7 Protección de la atmosfera	16 Adaptabilidad
8 Manejo y conservación de los recursos no renovable	17 Empleo
9 Bienestar animal	

Dimensión agro-ecológica de la sustentabilidad. El diagnóstico de la sostenibilidad se basa en el cálculo de 18 indicadores. Éstos han sido escogidos de tal forma que se pueda

entender y estimar la autonomía de los sistemas agrícolas en relación a la utilización de energía y de recursos no renovables. Igualmente, éstos evalúan la capacidad del sistema para proteger el agua y el entorno natural o por el contrario, sus contribuciones a las diversas fuentes de contaminación. El análisis del conjunto de estos indicadores debe ofrecer un panorama sobre su capacidad para mantener de forma autónoma su fertilidad y su potencial productivo en el largo plazo, porque esta capacidad está estrechamente relacionada con el manejo del capital natural (agua, suelo, biodiversidad, aire, luz) utilizado por el sistema de producción.

**Cuadro 3 Matriz de indicadores y objetivos del método IDEA**

Componente		Numero de indicador	Coherencia	Autonomía	Biodiversidad	Protección del paisaje	Protección del suelo	Protección y manejo del agua	Atmosfera	Recursos no renovables	Bienestar animal	Calidad de los productos	Ética	Desarrollo humano	Desarrollo local	Calidad de vida	Ciudadanía	Adaptabilidad	Empleo							
		3 Escalas, 10 componentes, 41 Indicador		Escala Agroecológica																						
Diversidad																						A1				
Organización del espacio				A2																						
				A3																						
				A4																						
				A5																						
Prácticas agrícolas				A6																						
				A7																						
				A8																						
				A9																						
				A10																						
				A11																						
				A12																						
				A13																						
Escala socio-territorial				calidad de los productos y la tierra		A14																				
				Empleo y servicios		A15																				
						A16																				
						A17																				
						A18																				
				Ética y desarrollo humano		B1																				
						B2																				
						B3																				
						B4																				
						B5																				
						B6																				
				Escala económica		Viabilidad económica		B7																		
						Independencia		B8																		
								B9																		
						Transmisibilidad		B10																		
								B11																		
						Eficiencia		B12																		
						B13																				
				B14																						
				B15																						
				B16																						
				B17																						
				B18																						
				C1																						
				C2																						
				C3																						
				C4																						
		C5																								
		C6																								

Sin embargo, esencialmente se trata de indicadores agronómicos, orientados a la producción para una economía de mercado, y no de indicadores con fines exclusivamente ambientales. De hecho, si la principal función de la agricultura es la producción de alimentos, ésta se acompaña forzosamente, de una función ecológica dadas las superficies y los ecosistemas que ésta utiliza. La dimensión agroecológica de la sostenibilidad tiene como objetivo la optimización de los factores de producción orientados hacia una nueva rentabilidad, menos vulnerable a las fluctuaciones del mercado y de las ayudas públicas, o ante la escalada de los precios de la energía y de los insumos, y más sólida en el plano agronómico, ecológico y sanitario.

La dimensión agroecológica de la sostenibilidad se divide en tres componentes igual de importantes (valores máximos de 33 y 34 puntos), pero de forma independiente en la contribución individual a la sostenibilidad del sistema de producción. Estos componentes, la diversidad doméstica (4 indicadores), la organización del espacio (7 indicadores), y las prácticas agrícolas (7 indicadores), permiten múltiples combinaciones técnicas coherentes que caracterizan los sistemas agrícolas eficientes en recursos.

**Cuadro 4 Indicadores de la sustentabilidad Agro-ecológica**

3 componentes	No. del indicador	19 Indicadores	Valores máximos	
			Indicador	Componente
Diversidad	A1	Diversidad de cultivos anuales o temporales	14	Máximo total de 33 unidades de sostenibilidad
	A2	Diversidad de cultivos perennes	14	
	A3	Diversidad animal	14	
	A4	Valorización y conservación del patrimonio genético	6	
Organización de espacio	A5	Rotaciones	8	Máximo total de 33 unidades de sostenibilidad
	A6	Tamaño de las parcelas	6	
	A7	Manejo de la materia orgánica	5	
	A8	Zonas de regulación ecológica	12	
	A9	Contribución a los desafíos ambientales del territorio	4	
	A10	Valorización del espacio	5	
	A11	Manejo de las superficies forrajeras	3	
Prácticas agrícolas	A12	Fertilización	8	Máximo total de 34 unidades de sostenibilidad
	A13	Efluentes orgánicos líquidos	3	
	A14	Pesticidas	13	
	A15	Tratamientos veterinarios	3	
	A16	Protección del recurso suelo	5	
	A17	Manejo del agua	4	
	A18	Dependencia energética	10	
		Total	100	

**La dimensión socio-territorial.** En el método IDEA, la dimensión social de la sustentabilidad se evalúa por indicadores que representan un conjunto de objetivos (desarrollo humano, calidad de vida, ética, empleo, desarrollo local, ciudadanía,

coherencia), agrupados en tres grandes componentes: la calidad del producto y del territorio, los empleos y servicios, la ética y el desarrollo humano.

**Cuadro 5 Indicadores de la sustentabilidad socio-territorial**

3 componentes	No. del indicador	16 Indicadores	Valores máximos	
			Indicador	Componente
Calidad de los productos y la tierra	B1	Procesos de calidad	10	Máximo total de 33 unidades de sostenibilidad
	B2	Valorización del patrimonio construido y del paisaje	8	
	B3	Manejo de desechos inorgánicos	5	
	B4	Accesibilidad del espacio	5	
	B5	Participación social	6	
Organización de espacio	B6	Valorización de las cadenas de valor cortas	7	Máximo total de 33 unidades de sostenibilidad
	B7	Autonomía y valorización de los recursos locales	10	
	B8	Servicios, actividades múltiples	5	
	B9	Contribución al empleo	6	
	B10	Trabajo colectivo	5	
	B11	Carácter perenne	3	
Ética y desarrollo humano	B12	Contribución al equilibrio alimentario mundial	10	Máximo total de 34 unidades de sostenibilidad
	B13	Bienestar animal	3	
	B14	Formación	6	
	B15	Intensidad del trabajo	7	
	B16	Calidad de vida	6	
	B17	Aislamiento	3	
	B18	Hospitalidad, higiene y seguridad	4	
		Total	100	

**La dimensión económica.** Contrariamente a las dimensiones de sostenibilidad socio-territorial y agroecológica, que están constituidas cada una con 18 indicadores, la dimensión económica de la sostenibilidad solo tiene 6 indicadores. Esto se explica por el hecho que la sostenibilidad económica de la empresa agropecuaria es más simple de definir y de caracterizar. Por otra parte, es una dimensión estudiada desde hace mucho tiempo por

los economistas agropecuarios que utilizan de forma habitual numerosos índices de gestión económica y financiera.

**Cuadro 6 Indicadores de la sustentabilidad económica**

4 componentes	No. del indicador	6 Indicadores	Valor máximo	
			Indicador	Componente
Viabilidad económica	C1	Viabilidad económica	20	30 unidades
	C2	Tasa de especialización económica	10	
Independencia	C3	Autonomía financiera	15	25 unidades
	C4	Sensibilidad a las ayudas del primer pilar de la política agrícola común	10	
Transferibilidad	C5	Transmisión del capital	20	20 unidades
Eficiencia	C6	Eficiencia de los procesos productivos	25	25 unidades
		Total	100	

# **VII. RESULTADOS**

## 7.1. CAPITULO UNO.

### IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA GANADERÍA DOBLE PRPÓSITO EN TLATLAYA ESTADO DE MÉXICO. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD



The image features a large, abstract graphic composed of several overlapping geometric shapes in a vibrant green color against a white background. The shapes include a large trapezoid on the left, a smaller trapezoid on the right, and a large triangle at the top right. The text is centered within the white space between the shapes.

Estudios sociales  
y económicos  
de la producción pecuaria

Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez  
José Alfredo Cesín Vargas  
Benito Ramírez Valverde

Coordinadores

Estudios sociales  
y económicos  
de la producción pecuaria

Estudios económicos y sociales de la producción pecuaria

© Universidad Autónoma Chapingo  
Carretera México-Texcoco, km 38.5,  
Chapingo, Estado de México.

Primera edición, junio de 2017

ISBN: 978-607-12-0477-6

Departamento de Zootecnia  
Tel: 01 (595)952-1532  
Fax: 01 (595) 952-1607

Se autoriza el uso de la información contenida en este libro para fines de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento, siempre y cuando se haga referencia a la publicación y se den los créditos correspondientes a cada autor consultado.

El contenido de cada capítulo es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es).

Para mayor información con respecto a esta publicación comunicarse al e-mail  
cisocpec@yahoo.com.mx

Impreso en México

Los sistemas ganaderos de bovinos doble propósito en el subtrópico de Michoacán, México	107
Luis Alejandro Rojas Sandoval, Ernestina Gutiérrez Vázquez, Jaime Mondragón Ancelmo, Anastacio García Martínez	
Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el Altiplano Central de México. Un enfoque sostenible de producción	119
Isael Estrada López, Jovel Vences Pérez, Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Benito Albarrán-Portillo, Gilberto Yong Ángel, Anastacio García Martínez*	
Importancia del cultivo de maíz en ganadería doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Eficiencia energética y sustentabilidad	134
Jovel Vences Pérez, Ernesto Morales Almaraz, Carlos Galdino Martínez García, Benito Albarrán-Portillo, Anastacio García Martínez	
Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del Estado de México	149
Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Julieta Gertrudis Estrada Flores, Anastacio García Martínez, Benito Albarrán-Portillo	
Función de Producción de leche en la ganadería de doble propósito del estado de Sinaloa, México	161
Venancio Cuevas Reyes, Valeria López Díaz, Alfredo Loaiza Meza, Tomas Moreno Gallegos, Juan Esteban Reyes Jiménez, Enrique Astengo López, Herlyn Astengo Cazares, Daniel González González, Gustavo A. Cuevas Reyes	
DIVERSIFICACIÓN DE INGRESOS Y PRODUCTOS GANADEROS ARTESANALES	173
Identificación de nichos de mercado para productos artesanales como motor de desarrollo agroindustrial y pecuario: caso queso poro de Tabasco	174
Celia Peralta Aparicio, Anastacio Espejel García, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Arturo Hernández Montes, Ariadna Barrera Rodríguez, Mateo Ortiz Hernández	
Impacto del SIAL productor de lácteos de Poxtla, Estado de México en el desarrollo local, analizando al primer eslabón de la cadena productiva	185
Oswaldo Andrés Pacheco González, Enrique Espinosa Ayala, Alfredo Cesín Vargas, Tirzo Castañeda Martínez	
Factores estratégicos en la conformación del Sistema de innovación del queso añejo de Zacazonapan	196
Anastacio Espejel García, Edith Mora Rivera, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Ariadna Barrera Rodríguez	

## Importancia del cultivo de maíz en ganadería doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Eficiencia energética y sustentabilidad

Jovel Vences Pérez<sup>1</sup>, Ernesto Morales Almaraz<sup>2</sup>, Carlos Galdino Martínez García<sup>3</sup>, Benito Albarrán-Portillo, Anastacio García Martínez<sup>1\*</sup>

### Introducción

El maíz (*Zea mays*) es el cultivo agrícola más difundido y con la mayor producción a nivel mundial. Además, es el insumo que por sus características nutricionales es utilizado en la producción de proteína animal y para consumo humano (SAGARPA, 2015: 37). Su importancia económica y social es relevante por el número de productores que realizan esta actividad y porque genera empleo e ingresos en las zonas rurales (FIRA, 2015: 4; Osorio-García et al., 2015: 580). La producción mundial se orienta con énfasis a la seguridad alimentaria y su producción se relaciona con el crecimiento poblacional (SAGARPA, 2015: 23). En este sentido, se observa un crecimiento promedio anual de 3.5 % (1,008.7 millones de toneladas) y las expectativas para el 2015/16 ubican la producción mundial de maíz con una reducción de 3.6 por ciento con relación a 2014/15, lo que se traduce en 972.6 millones (FIRA, 2015: 4). Mientras que la OCDE-FAO (2015: 19) prevé un crecimiento anual de 1.5 % hasta 2021 por mayor rendimiento por ha. México

---

<sup>1</sup> Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300. Correo electrónico: VENJOVEN17@yahoo.com.mx, balbarranp@gmail.com, angama.agm@gmail.com. \*Autor para correspondencia.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50280. Correo electrónico: emoralesa@uaemex.mx

<sup>3</sup> Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50280. Correo electrónico: cgmartinezg@uaemex.mx

ocupó el 4° lugar en superficie cosechada de maíz con el 5 % del total mundial (SAGARPA, 2015: 36), produciendo 24.95 millones de toneladas durante el ciclo agrícola 2015 (FIRA, 2015: 16). Las estimaciones de SAGARPA indicaron un nivel de consumo de 35.6 millones de toneladas durante este año, lo que representa un incremento de 5.8 por ciento con relación a 2014 (SAGARPA, 2015: 23). El Estado de México, durante 2014, ocupó el cuarto lugar, al aportar el 7.94 % de la producción nacional (SIAP, 2014). El cultivo en el sur del Estado de México se realiza en relieves montañosos, donde es difícil el acceso de tecnología para la actividad. (Van Der Wal et al., 2006:450). En estas condiciones, el cultivo de maíz se asocia a la ganadería doble propósito (leche y carne). Este sistema de manejo está ampliamente distribuido en el país, ya que proporciona sinergias que permite optimizar el uso de los recursos naturales (Hellin et al., 2013). El aprovechamiento racional disminuye la degradación y el uso insumos externos y favorece la sustentabilidad ambiental mediante, el reciclaje de estiércol y secuestro de carbono (Veysset et al., 2014: 1220).

En este esquema, el uso eficiente y sostenible de la energía ha tenido gran relevancia en los agroecosistemas modernos. El consumo de energía en las actividades agropecuarias involucra principalmente el uso de combustibles fósiles y el aumento de su consumo al incremento de la superficie agrícola, de la población, de los estándares de vida y del uso de nuevas tecnologías. El uso irracional de insumos agropecuarios para obtener mayor rendimiento, deteriora y afecta la disponibilidad de recursos naturales e incrementa la concentración de los gases efecto invernadero que ocasionan el cambio climático. Las fuentes de energía utilizadas en la agricultura son la i. natural que es esencial para el crecimiento de las plantas y seres vivos e incluye la energía solar y fuentes de energía almacenadas biológicamente en el suelo y, ii. la energía auxiliar como la mismas tierra o fuentes de agua que son utilizadas para apoyar los procesos naturales. Estas pueden producir más energía de lo que producen naturalmente (energía eólica y pluvial) (Kazemi, 2016: 1).

Desde la Cumbre de Río 1992 se reconoció la importancia del uso "ecoficiente" y sustentable de la energía en los procesos de producción, bajo el principio de producir más con menos y con mínimo impacto ambiental, aunque también debe alcanzar objetivos sociales y económicos. La ecoeficiencia se

considera un instrumento para el análisis de la sostenibilidad e indica una relación empírica entre valor económico e impacto ambiental. Su importancia se debe a dos razones: es el modo más efectivo de reducir el impacto ambiental y, las políticas derivadas son fáciles de adoptar (Ribal, Sanjuan, Clemente, Fenolosa, 2009:126). La sostenibilidad de un sistema está determinada por la capacidad que tiene para reajustar sus estructuras e interacciones socio-ecológicas para enfrentar las perturbaciones y persistir sin cambios significativos en sus atributos y funciones. Lo cual significa que un sistema es sostenible cuando los procesos y actividades humanas se adaptan a las características y dinámicas de los ecosistemas con los que se relacionan y a las características y necesidades socioeconómicas, culturales y políticas de los grupos humanos involucrados en tales procesos (Salas-Zapata y Río-Osorio, 2013:102). En este sentido, el objetivo del trabajo fue analizar la eficiencia energética del cultivo de maíz en un sistema doble propósito en el municipio de Tlatlaya, Estado de México.

### Utilización de la energía y sustentabilidad en el cultivo del maíz

---

#### ZONA DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado en la zona suroeste del Estado de México dentro de la región socioeconómica núm. X que forma parte del distrito judicial núm. IX con sede en Tejupilco. Geográficamente se ubica en las coordenadas 18°22' y 18°41' N y 100°04' y 100°27' O, a una altitud entre 300 y 2400 msnm. Su territorio asciende a 798.92 km<sup>2</sup>, que representan 3.5 % del total estatal (INEGI, 2014).

---

#### ANÁLISIS ENERGÉTICO

La información se obtuvo de una muestra de productores, elegidos mediante la metodología de bola de nieve (Joseph-Castillo, 2009). En la obtención de información se utilizó una encuesta estructurada, aplicada por entrevista directa a ganaderos de 28 UP, durante 2013. Se consideraron las entradas y salidas de energía, caracterizadas mediante flujos de materia física e insumos utilizados para la producción mediante el método de análisis de Meul et al. (2007). Para el cálculo

de la de la eficiencia energética se aplicó la metodología de Funes (2009), que consistió en la documentación de los elementos de entradas y salida (Cuadros 1 y 2). Se incluyeron gastos energéticos de la producción, directos o indirectos (fuerza de trabajo humano y animal, empleo de combustibles, fertilizantes y otros insumos). El enfoque del balance energético usado en este estudio no considera los costos ecológicos provenientes de la energía solar, el calor disipado o la energía degradada en el sistema.

**Cuadro 1.** Equivalente de energía de los insumos

Entradas de energía	Insumo	Unidad	Equivalente a energía (MJ)	Referencia
Mano de obra		h	1.96	Akdemir, 2012
Maquinaria		h	64.8	Salazar, 2012
Gas		L	40	Vilain,2008
Herbicida		L	238	Funes-Monzote, 2009
Fertilizantes	Súper Fosfato de Calcio Simple	kg	6.35	Denoia,2008
	Sulfato de Amonio	kg	55.3	Meul, 2007
	Urea	kg	60.6	Akdemir, 2012
	Cloruro de Potasio	kg	6.7	Akdemir, 2012
	18-46	kg	55.3-6.35	Meul, 2007 Denoia,2008
Insecticidas	Líquido	L	360	Monti,2013
	Granulado	kg	364	Funes-Monzote, 2009
	Semilla	kg	32.99	Monti,2013

**Cuadro 2.** Equivalentes a energía de productos obtenidos del cultivo del maíz

Productos obtenidos	Unidad	Equivalente a energía (MJ)
Grano	kg	13.65
Mazorca molida	kg	13.65
Rastrojo molido con mazorca	kg	11.42
Ensilado	kq	10.29
Grano molino	kg	13.65

Fuente: Ruiz-Vega, 2015; Denoia, 2008; Tieri, 2014.

Para el cálculo del desempeño de la energía en el proceso de producción, se utilizaron las ecuaciones de Khosruzzaman et al. (2010), mismas que se muestran a continuación:

$$\text{Eficiencia del uso de energía} = \frac{\text{Salida de energía (MJ/ha)}}{\text{Entradas de energía (MJ/ha)}} \quad (1)$$

$$\text{Energía específica} = \frac{\text{Ingreso de energía (MJ/ha)}}{\text{Producción de maíz (kg/ha)}} \quad (2)$$

$$\text{Productividad energética} = \frac{\text{Producción de maíz (kg/ha)}}{\text{Ingreso de energía (MJ/ha)}} \quad (3)$$

$$\text{Retorno de energía neta} = \text{Energía de salida} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right) - \text{Ingreso de energía} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right) \quad (4)$$

### Características estructurales de las UP

Las unidades de producción UP doble propósito analizadas han prevalecido durante más de 60 años y son gestionadas por ganaderos de 59 años de edad en promedio. La mano de obra es principalmente familiar, y un bajo porcentaje es mano de obra contratada, principalmente en UP con hatos de mayor tamaño. Un 64 % de los productores cuenta con estudios, principalmente primaria y secundaria, aunque también algunos tienen estudios de nivel superior. El resto de los ganaderos no tiene estudios. Cuentan con una superficie promedio de 58.03 ha. La mayor parte de la superficie es propiedad, y el arrendamiento representa 14 % de la superficie total. Los cultivos agrícolas ocupan el 11.53 %; las áreas de bosque, 10.31 %, y el resto se destina para la producción de forrajes, en la que los agostaderos representan el 39 %. El tamaño del hato promedia 40 bovinos y las vacas representan el 65 %. La presencia de otros animales como ovinos y cabras es poco representativa. En promedio, hay 3.53 especies de animales de interés comercial y autoconsumo dentro de las UP.

### Prácticas realizadas en el cultivo de maíz

La siembra de maíz se realiza durante la temporada de lluvias; en promedio siembran alrededor de 4.79 ha. El 3.44 % de los productores también siembra 0.02 hectáreas en la época de estiaje, por la cercanía que tienen a la principal fuente de agua de la zona (presa Vicente guerrero). El 17.85 % de los productores compran más del 50 % de la semilla de maíz que se siembra. El 39.29 % siembra en promedio 1.88 hectáreas de maíz mejorado; 17.86 %, 0.85 hectáreas de maíz criollo, y 42.86 %, 2.05 ha de maíz criollo y mejorado. La mejor época para la siembra es en primavera por la mayor disponibilidad de agua, aunque también se siembra al inicio del otoño, sobre todo en las zonas con disponibilidad de riego (SAGARPA, 2015: 78). La siembra se realiza tradicionalmente de manera manual, ya que en la región predominan terrenos con pendientes. Aunque en las zonas planas se llega a utilizar maquinaria. En resto de las actividades de manejo del cultivo se realiza manualmente: de 1 a 3 aplicaciones de fertilizantes, 1 a 2 aplicaciones de herbicidas y 1 a 3 aplicaciones de insecticidas, la cosecha normalmente se realiza en los meses de octubre y noviembre. El rendimiento promedio fue de 3.3 t/ha, ligeramente superior al promedio nacional de 2.6 T (SIAP-SAGARPA, 2015: 29).

El costo por hectárea cultivada fue de \$6,045.0 o \$2.17/kg de maíz producido. El 39.2 % son costos por el proceso de siembra y 60.8 % por mantenimiento y cosecha. El MB por ha fue de \$5,393.4 o \$1.13/kg de maíz producido. Más de 37 % de la producción de maíz es utilizada para consumo del hogar y, el porcentaje restante es utilizado para la alimentación de un promedio de 26 vacas como ensilado, mazorca molida, rastrojo molido, grano molido o rastrojo molido con mazorca. Sin embargo, la producción de maíz no es suficiente para satisfacer la demanda en las UP, ya que 3.25 % de los productores compraron en promedio 5 toneladas de rastrojo molido; 7.14 %, 18.5 toneladas de ensilado de maíz; 25 %, 5 toneladas de mazorca molida; 7.14 %, 0.5 toneladas de maíz molido, y 7.14 %, 2 toneladas de maíz en grano. La utilización del maíz en la dieta del ganado disminuye 19.45 % los costos por alimentación. Es decir, una disminución entre \$1.04 y \$2.26 por kg de alimento balanceado. Lo anterior, permite un MN de \$155,399.1 en promedio en la UP, cuando se combina la

agricultura y la ganadería (producción de leche y carne), \$2,046.2/ha de superficie disponible y \$3,326.5/vaca.

### Entrada y salida de energía

El uso de maquinaria, como se puede observar, es muy limitado (Cuadro 3), el mayor gasto energético lo representa el uso de gasolina, con un 84.66 % del gasto total utilizado en esta actividad; la maquinaria y la mano de obra encargada del manejo del tractor es menos representativa.

**Cuadro 3.** Actividades realizadas con maquinaria

Actividades	Cantidad	Gasolina (L)	Tiempo (h)	MJ Maquinaria	MJ Gasolina	MJ Operador
Otro (ha)	2.50	25.00	4.00	259.20	1,000.00	7.84
Surcado (ha)	2.50	25.00	4.00	259.20	1,000.00	7.84
Siembra(ha)	2.75	27.50	4.00	259.20	1,100.00	7.84
Moler grano (t)	6.17	30.85	3.00	194.40	1,234.00	5.88
Moler mazorca (t)	7.17	38.05	13.00	972.00	1,522.00	29.40
Moler rastrojo con mazorca (t)	11.40	57.00	5.00	324.00	2,280.00	9.80
Moler ensilado (t)	27.40	137.50	2.00	129.60	5,500.00	3.92
Total		340.90	35.00	2,397.60	13,636.00	72.52

El mayor gasto de energía es representado por el uso de fertilizantes nitrogenados, como el uso del sulfato de amonio y urea, que ocupan más del 80 % del gasto energético total. El uso de insecticida, herbicida y gasolina se encuentra entre un 2 y 4 % del total (Cuadro 4). La salida de energía por rubro se muestra en el cuadro 5, y fueron el maíz grano y mazorca molida los productos que mayor cantidad presentaron. En este sentido, el sistema se considera eficiente por la cantidad de producto obtenido por MJ utilizado.

### Limitaciones en la sustentabilidad del maíz

Actualmente, se están realizando análisis de la sustentabilidad de los sistemas de producción de ganado bovino doble propósito en el sur del Estado de México, a través del método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles o Indicadores de la Sustentabilidad de las Explotaciones Agrícolas*), por medio de una metodología elaborada en Francia, que ha sido validada en distintas partes del mundo, ya que puede ajustarse a diferentes sistemas de producción (Zahm et al., 2008: 276). El análisis por medio del método IDEA se realiza en tres escalas de la sustentabilidad.

Los trabajos realizados en el suroeste y sur del estado evidencian que el indicador uso de fertilizantes, pesticidas, perteneciente a la escala agroecológica, resultó afectado debido a uso excesivo de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas para las diferentes actividades realizadas en el cultivo del maíz, (Vences et al., 2015; 24; Salas-Reyes et al., 2015; 1189), aunado a esto, la dependencia de insumos compromete los indicadores de la escala económica, viabilidad económica y eficiencia del proceso productivo de los sistemas de producción, ya que es la escala limitada final la que limita la escala global de estos sistemas

**Cuadro 4.** Entradas de energía

Entradas	Cantidad por unidad de a (ha)	Equivalente a MJ	Porcentaje %
<b>Mano de obra</b>			
<i>Tumba</i>	4.18	66.82	0.23
<i>Siembra</i>	3.09	48.56	0.16
<i>Control de malezas</i>	1.88	29.49	0.10
<i>Fertilización</i>	3.34	55.47	0.19
<i>Control de plagas</i>	2.46	38.61	0.13
<i>Arranque de malezas</i>	0.81	12.75	0.04
<i>Cosecha</i>	8.43	132.23	0.45
<i>Operador maquinaria</i>	7.31	15.15	0.05
Gas (L)	71.17	594.85	2.02
Energía Directa		993.93	3.37
Maquinaria (h)	7.31	500.99	1.70
Herbicida (L)	3.97	945.78	3.21
Fertilizantes (kg)	0.00	0.00	0.00
<i>Súper Fosfato de Calcio Simple</i>	164.03	1,042.54	3.54
<i>Sulfato de Amonio</i>	422.38	23,378.69	79.29
<i>Urea</i>	10.07	610.52	2.07
<i>Cloruro de Potasio</i>	5.96	40.00	0.14
<i>18-46</i>	0.77	47.39	0.16
Insecticidas	0.00	0.00	0.00
<i>Líquido (L)</i>	0.95	341.19	1.16
<i>Granulado (kg)</i>	3.43	1,249.55	4.24
Semilla (kg)	10.15	335.07	1.14
Energía indirecta		28,491.73	96.62
<b>Total</b>	<b>731.69</b>	<b>29,485.66</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 5.** Salidas de energía e indicadores de eficiencia

Productos	kg/ha	MJ /ha
Grano	1,250.00	17,062.5
Mazorca molida	1,000.00	13,650
Rastrojo molido con mazorca	420.00	4,796.4
Ensilado	410.00	4,218.9
Grano molino	140.00	1911
Rastrojo	130.00	1,190.8
Total salidas	3,350.00	42,829.60
Total entrada		29,485.66
Eficiencia		1.45
Energía específica (MJ/kg)		8.80
Productividad energética (kg/MJ)		0.11
Retorno de energía neta (MJ/ha)		13,343.94

**Cuadro 4.** Entradas de energía

Entradas	Cantidad por unidad de a (ha)	Equivalente a MJ	Porcentaje %
<b>Mano de obra</b>			
<i>Tumba</i>	4.18	66.82	0.23
<i>Siembra</i>	3.09	48.56	0.16
<i>Control de malezas</i>	1.88	29.49	0.10
<i>Fertilización</i>	3.34	55.47	0.19
<i>Control de plagas</i>	2.46	38.61	0.13
<i>Arranque de malezas</i>	0.81	12.75	0.04
<i>Cosecha</i>	8.43	132.23	0.45
<i>Operador maquinaria</i>	7.31	15.15	0.05
Gas (L)	71.17	594.85	2.02
<b>Energía Directa</b>		993.93	3.37
Maquinaria (h)	7.31	500.99	1.70
Herbicida (L)	3.97	945.78	3.21
Fertilizantes (kg)	0.00	0.00	0.00
<i>Súper Fosfato de Calcio Simple</i>	164.03	1,042.54	3.54
<i>Sulfato de Amonio</i>	422.38	23,378.69	79.29
<i>Urea</i>	10.07	610.52	2.07
<i>Cloruro de Potasio</i>	5.96	40.00	0.14
<i>18-46</i>	0.77	47.39	0.16
Insecticidas	0.00	0.00	0.00
<i>Líquido (L)</i>	0.95	341.19	1.16
<i>Granulado (kg)</i>	3.43	1,249.55	4.24
Semilla (kg)	10.15	335.07	1.14
<b>Energía indirecta</b>		28,491.73	96.62
<b>Total</b>	<b>731.69</b>	<b>29,485.66</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 5.** Salidas de energía e indicadores de eficiencia

Productos	kg/ha	MJ /ha
Grano	1,250.00	17,062.5
Mazorca molida	1,000.00	13,650
Rastrojo molido con mazorca	420.00	4,796.4
Ensilado	410.00	4,218.9
Grano molino	140.00	1911
Rastrojo	130.00	1,190.8
<b>Total salidas</b>	<b>3,350.00</b>	<b>42,829.60</b>
<b>Total entrada</b>		<b>29,485.66</b>
<b>Eficiencia</b>		<b>1.45</b>
Energía específica (MJ/kg)		8.80
Productividad energética (kg/MJ)		0.11
<b>Retorno de energía neta (MJ/ha)</b>		<b>13,343.94</b>

En la actualidad, existen trabajos donde mencionan que, en México, cerca de 3000 toneladas de ingrediente activo por año son usadas para combatir el gusano cogollero del maíz, la plaga más importante del continente americano. La carencia de un programa de manejo integrado (PMI) en el cultivo de maíz en México ha ocasionado un alto uso de pesticidas por unidad de superficie (Blanco et al., 2014; 1). A pesar de que el maíz es el mayor cultivo en México, no se logrado producir bajo un enfoque de manejo integral de plagas (MIP), esta estrategia permite minimizar daños económicos y tiene bajo impacto ambiental por el uso indiscriminado de pesticidas. El MIP permite la utilización de múltiples herramientas y tácticas basadas en la biología de plagas, éstas, a su vez, son económicamente factibles (Blanco et al., 2014; 1).

En cuanto al uso de fertilizante, más del 95 % de los productores del país usan fertilizantes en sus cultivos. Las razones de este uso en determinadas dosis son fundamentalmente por costumbre. Por otra parte los factores que determinan el comportamiento de los productores consumidores de fertilizantes se destacan los siguientes: el ingreso familiar, el tamaño de la UP y el gasto en otros insumos. (Antonio, 2001: 200).

### Eficiencia energética en el cultivo de maíz en Tlatlaya

La eficiencia energética del sistema analizado (1.45 MJ/kg) fue menor a lo reportado en la India (Patel, Bhut, Gupta, 2014; 171) donde se observaron valores de 4.73 MJ/kg de maíz. La utilización de combustible también fue diferente en los dos sistemas, en la India el uso de combustible representó 4,240.8 MJ/ha, mientras que en este sistema fue de 2,846.76 MJ/ha, ya que como se pudo observar en el cuadro 3, el número de productores que utiliza maquinaria es poco representativo, así como las actividades que se realizan utilizando tractor. La eficiencia del sistema analizado resultó menor debido a un menor retorno de energía neta 13,345.96MJ/ha comparado con el trabajo mencionado anteriormente que obtuvo 39,688. 19 MJ/kg.

En el estado de Oaxaca se evaluaron diferentes sistemas de labranza para el maíz; labranza con tracción animal (LTA), labranza mixta (LMX) y labranza mecanizada (LM). El sistema más eficiente fue en LTA con una eficiencia de

34.4MJ/kg; en cambio, el sistema menos eficiente fue el sistema de LM obteniendo 5.2MJ/kg, debido al mayor uso de maquinaria y combustible (Ruiz-Vega et al., 2015). De lo anterior, LTA se puede establecer como una opción viable para disminuir el uso de energía. Por otra parte, en el municipio de Palmira en Colombia, se estableció un sistema de rotación de maíz con frijol terciopelo (*M. pruriens*) y se aplicaron siete tratamientos en la rotación; T1 (sin *M. pruriens* y sin fertilizar); T2 (abono verde de *M. pruriens* sin fertilizar); T3 (acolchado orgánico de *M. pruriens* sin fertilizar); T4 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado); T5 (abono verde de *M. pruriens* más fertilizante de síntesis química); T6 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química); T7 (acolchado orgánico de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química). El resultado obtenido fue una mayor eficiencia de T2 con 114.1MJ/kg, significativamente mayor que el resto de los tratamiento, mientras que T5 obtuvo el valor más bajo con 19.1 MJ/kg (Sanclemente, Patiño, Beltrán, 2012; 41), de esta manera se pueden implementar estrategias para aumentar las salidas de energía con el mínimo uso de insumos.

### Conclusiones

De lo anterior se puede afirmar que el sistema tradicional del cultivo de maíz en el municipio de Tlatlaya es eficiente energéticamente. Sin embargo, el uso de insumos externos limita la sostenibilidad global del sistema de producción.

### Literatura citada

- Akdemir, Sinasi, Akcaoz, Handan, Kizilay, Hatice, 2012. An analysis of energy use and input costs for apple production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.10 (2): 473-479. 2012.
- Antonio Ávila, José, 2001. El mercado de los fertilizantes en México /Situación actual y perspectivas. *Problemas de desarrollo*. Vol. 32. No. 127.

- Blanco, Carlos A., Guadalupe Pellegaud, José, Nava-Camberos, Urbano, Lugo-Barrera, David Vega-Aquino, Paulina, Coello, Jesús, Terán-Vargas, Antonio P. Vargas-Camplis, Jesús, 2014. Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*. 5(4); DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/IPM14006>.
- Denoia, J., Bonel, B., Montico, S., Di Leo, N., 2008. Análisis de la gestión energética en sistemas de producción ganaderos. *Revista FAVE – Ciencias Agrarias UNR*, 7(1-2).43-56.
- FIRA 2015. Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Maíz 2015. p. 37.
- Funes-Monzote, Fernando. R, 2009. Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado. Estación Experimental "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas Ministerio de Educación Superior.
- Hellin, Jon, Erenstein, Olaf, Beuchelt, Tina, Camacho, Carolina, Flores, Dagoberto, 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixedcrop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153 12–21.
- Joseph-Castillo, Joan (2009). Convenience sampling applied to research. *Experiment Resources.com*. Scientific Method: A website about research and experiments. Consultada el 12 de marzo de 2013, <http://www.experiment-resources.com/snowball-sampling.html>
- Kazemi, Hossein, 2016. Energy Balance in Modern Agroecosystems; Why and How? *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 1(5): ARTOAJ.MS.ID.555571.
- Khosruzzaman S., Asgar M.A., Karim N. and Akbar S, 2010. Energy intensity and productivity in relation to agriculture– Bangladesh perspective. *Journal of Agricultural Technology*, Vol. 6(4): 615-630 Available online <http://www.ijat-rmutto.com> ISSN 1686-9141.
- Meul, M., Nevens F., Reheul, D., Hofman, G, 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119; 135–144.

- Meul, Marijke, Nevens, Frank, Reheul, Dirk, Hofman, Georges, 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199: 135.
- Monti, Mario, López Calderón, Alberto, Fernández Macor, Claudio, 2013. Eficiencia energética y sostenibilidad ambiental en el agro santafesino; un estudio de casos a nivel de establecimientos. VI Jornadas de la asociación argentino uruguay de economía y ecología. ISBN 978-987-633-103-6.
- OCDE/FAO (2013), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022, Texcoco, Estado de México.
- Osorio-García, Nemesio, López-Sánchez, Higinio, Ramírez-Valverde, Benito, Gil-Muñoz, Abel, Gutiérrez-Rangel, Nicolás, 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, N° 14 Vol. 7 (2). ISSN 2007 - 0705. pp: 577– 600.
- Patel, P. J., Bhut, A. C., Gupta, Pankaj, 2014. Energy Requirement for Kharif Maize Cultivation in Panchmahal District of Gujarat. *Journal of AgriSearch* 1(3):168-172 ISSN: 2348-8808 (Print), 2348-8867 (Online).
- Ribal, Javier, Sanjuan, Neus, Clemente, Gabriela, Loreto Fenollosa, L., 2009. Medición de la ecoeficiencia en procesos productivos en el sector agrario. Caso de estudio sobre producción de cítricos. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, ISSN: 1578-0732. Vol. 9, 1, pp. 125-148.
- Ruiz-Vega, J., Mena-Mesa, N., Diego-Nava, F., Herrera-Suárez, M, 2015. Productivity and energy efficiency of three tillage systems for maize (*Zea mays* L.) production. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, No. 76, pp. 66-72.
- SAGARPA 2015. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para mediano y largo plazo a nivel nacional. Informe. 1 <http://www.fao.org/DOCREP/006/W0073S/w0073s0d.htm>.
- Salas-Reyes, Isela Guadalupe, Arriaga-Jordán, Carlos Manuel, Rebollar-Rebollar, Samuel, García-Martínez, Anastacio, Albarrán-Portillo, Benito, 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health Production*, (2015) 47:1187–1194.

- Salas-Zapata, Walter Alfredo, Ríos-Osorio, Leonardo Alberto, 2013. Ciencia de la sostenibilidad, sus características metodológicas y alcances en procesos de toma de decisiones. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* – Volumen 4 Número 1 – enero-junio de 2013 – ISSN 2145-6097.
- Salazar Moreno, Raquel, Cruz Meza, Pedro, Rojano Aguilar, Abraham, 2012. Eficiencia en el uso de la energía en invernaderos mexicanos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp. Núm. 4 1 p. 736-742.*
- Sanclemente Reyes, Óscar Eduardo, Patiño Torres, Carlos Omar, Beltrán Acevedo, Liliana Rocío, 2012. Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Universidad Abierta y a Distancia.
- SIAP, 2014. Situación actual y perspectivas del maíz en México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, p. 174.
- Tieri, María Paz, Comerón, Eduardo Alberto, Alejandra Pece, Mariela María, Herrero, Alejandra, Engler, Patricia, Charlón, Verónica, García, Karina, 2014. Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Publicación Miscelánea ISSN 2314-3126.
- Universidad Autónoma Chapingo. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2013-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es)
- Van der Wal, Hans, Duncan Golicher, John, Caudillo-Caudillo, Samuel, Vargas-Domínguez, Manuel, 2006. Densidades de siembra, rendimientos y área requerida para maíz en la agricultura de roza, tumba y quema en la Chinantla, México. *Agrociencia*, 40: 449-460.
- Vences Pérez, Jovel, Nájera Garduño, Adriana De Litz, Albarrán Portillo, Benito, Rebollar-Rebollar, Samuel, García Martínez, Anastacio, 2015. Utilización del método idea para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación*. México, pp. 15-39.
- Veysset, P., Lherm, M., Bébin, D., Roulenc, M, 2014. Mixed crop–livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? *Commercial farms results*,

questions and perspectives. *Animal*, 8:8, pp. 1218–1228 © The Animal Consortium 2014.

Zahm, Frédéric, Viaux, Philippe, Vilain, Lionel, Girardin, Philippe, Mouchet, Christian, 2008. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method – from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms. *Sustainable Development*, 16, 271–281 (2008) Published online in Wiley InterScience. ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/sd.380.

## 7.2. CAPITULO DOS.

### EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD. EL CASO DEL

### CULTIVO DE MAÍZ EN GANADERIA DOBLE PRPÓSITO EN EL ESTADO DE MÉXICO

---



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
DES: CIENCIAS AGROPECUARIAS  
XLIV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y  
Seguridad Alimentaria, A.C.



Agosto 9, 2017.  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ  
PRESENTE**

El Comité Científico XLIV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. , con base en el veredicto de los revisores, tengo a bien notificarle el dictamen de:

#### ACEPTACION DE SU TRABAJO:

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD. EL CASO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN EL ESTADO DE MÉXICO

Para ser expuesto XLIV Reunión Científica que se realizarán del 6 al 8 de Septiembre del 2017 en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Recuerde que para presentar su trabajo es necesario que algunos de los autores se encuentren inscrito a la reunión científica.

Le agradeceremos nos envíe a la brevedad la Ficha de depósito por \$500.00 a nombre de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. , del Banco Banorte con número de cuenta: 00674640762 y clave interbancaria 07218000674640762 8 enviando la ficha escaneada al correo electrónico ampachiapas2017@gmail.com

Convencido de que su participación habrá de dar un realce significativo a este evento científico, no me resta más que enviarle mis más sinceros y cordiales saludos y deseándole una feliz estancia en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, con la seguridad de que será un placer atenderle.

Atentamente

Por el comité científico

Dr. Gilberto Yong Angel



# XLIV

REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA  
PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD  
ALIMENTARIA, A.C.



## **CLIMA Y GANADERÍA: PRODUCTIVIDAD SUSTENTABLE**

### **Compiladores:**

**Alberto Yamasaki Maza**  
**Gilberto Yong Angel**  
**Gpe. Patricia Macias Farrera**  
**Leonardo Yamasaki Maza**  
**Esaú de Jesús Pérez Luna**  
**José Bernardo Sánchez Muñoz**  
**Horacio León Velasco**  
**Jorge Luis Ruiz Rojas**

**6 al 8 de septiembre, 2017. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México**

© Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)

© Asociación Mexicana de Producción Animal y Seguridad Alimentaria (AMPA A. C.)

Edita: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH.

Editores: Alberto Yamasaki Maza

Leonardo Yamasaki Maza

Gilberto Yong Angel

Guadalupe Patricia Macias Farrera

Horacio León Velasco

Esaú de Jesús Pérez Luna

José Bernardo Sánchez Muñoz

Maquetación: Leonardo Yamasaki Maza, Alberto Yamasaki Maza

Imagen portada: xxxxx

ISBN: 9781370695799

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Prohibida la reproducción parcial o total, sin la autorización por escrito de los editores, compiladores y autores.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y DEMANDA DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN <i>Brachiaria humidicola</i> .....	505
CAMELLO: ATRIBUTOS AGRONÓMICOS Y ACUMULACIÓN FORRAJERA EN UN NUEVO HÍBRIDO DE <i>Urochloa</i> CON TOLERANCIA A SEQUÍA .....	511
ESTIMACIÓN DE LA DL <sub>50</sub> Y DL <sub>50</sub> DE SEMILLAS DE <i>Clitoria ternatea</i> VAR. TEHUANA POR RADIACIÓN GAMMA CO <sup>60</sup> .....	516
EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN <i>Cratylia argentea</i> - <i>Brachiaria brizantha</i> SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LECHE DE VACAS F1 (HOLSTEIN X CEBÚ) EN EL TROPICO HÚMEDO .....	521
<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD. EL CASO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN EL ESTADO DE MÉXICO .....</b>	<b>526</b>
EFFECTO DE ETAPA FENOLÓGICA Y ECOTIPO SOBRE FRACCIONES DE LA PROTEÍNA Y DIGESTIBILIDAD <i>in vitro</i> DE HOJAS DE <i>Leucaena</i> .....	532
GANADERÍA REGENERATIVA INTENSIVA EN YUCATÁN: UN ESTUDIO DE CASO .....	538
CINÉTICA DE PRODUCCIÓN DE GAS <i>in vitro</i> EN PASTOS TROPICALES .....	542
PRODUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO DE DIETAS PARA BOVINOS CON ESPECIES ARBÓREAS CON ALTOS CONTENIDOS DE METABOLITOS SECUNDARIOS .....	547
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE <i>Lotus corniculatus</i> L. A DIFERENTES ESTRATEGIAS DE COSECHA .....	552
PRODUCCIÓN DE GAS METANO POR PASTURAS FORRAJERAS TROPICALES EN INCUBACIÓN <i>in vitro</i> .....	558
EFFECTO DE TEMPERATURA, HIDROXIDO DE SODIO Y PROCESO DE EXTRUSIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GAS Y FERMENTACIÓN RUMINAL <i>in vitro</i> DE RASTROJO DE MAIZ.....	564
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CINCO HÍBRIDOS DE SORGO DULCE BAJO CONDICIONES DE TRÓPICO SECO .....	570
EFFECTO DE LA ETAPA DE MADUREZ Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SORGOS FORRAJEROS .....	575
RESPIRACIÓN DEL SUELO EN DOS SISTEMAS GANADEROS EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO .....	581
EFFECTO DEL TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO CON AGUA CALIENTE EN SEMILLAS ARBÓREAS FORRAJERAS EN FASE DE VIVERO .....	587
EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO FORRAJERO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS EN TUNJA /BOYACÁ.....	592
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y COMPOSICIONAL DE ENSILAJE DE SAGU ( <i>Canna edulis Ker</i> ) COMO ALIMENTO ALTERNATIVO PARA BOVINOS.....	597

**EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD. EL CASO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN EL ESTADO DE MÉXICO**

**[ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY. THE CASE OF CORN CULTIVATION IN DUAL PURPOSE LIVESTOCK SYSTEMS IN THE STATE OF MEXICO]**

Vences-Pérez J<sup>1</sup>, Morales-Almaraz E<sup>2</sup>, Martínez-García CG<sup>3</sup>, Albarrán-Portillo B<sup>1</sup> y García-Martínez A<sup>1\*</sup>,  
<sup>1</sup>Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago s/n. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090.

<sup>3</sup>Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090

\*Correspondencia: angama.agn@gmail.com.

**RESUMEN**

Desde la Cumbre de Río 1992 se reconoció la importancia del uso "eficiente" y sustentable de la energía utilizada en los procesos de producción, e implica el principio de producir más con menos y con el mínimo impacto ambiental. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia del uso de energía en el cultivo del maíz en sistemas de ganado doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Se realizó un muestreo bola de nieve y la información se obtuvo mediante una encuesta estructurada en entrevista directa a 28 ganaderos. Se observó que la eficiencia del sistema analizado, fue de 1.45 MJ por unidad producida. Es decir, se produjeron 0.11 kg de maíz por cada MJ utilizado, por lo que para producir 1 kg de maíz son necesarios 10.91 MJ. Más del 98% de energía utilizada es consumida de manera directa por los insumos para la siembra y manejo del cultivo y 2% de manera indirecta en actividades relacionadas con el cultivo, manejo y gestión. Se concluyó que el proceso de cultivo de maíz, es eficiente en el uso de energía.

Palabras clave: Bovinos, trópico seco, Altiplano central

**SUMMARY**

Since the Rio Summit in 1992, the importance of "eco-efficient" and sustainable use of energy used in production processes has been recognized, and implies the principle of producing more with less and with minimum environmental impact. The objective of this work was to evaluate the use efficiency energy in maize cultivation in dual purpose livestock systems in Tlatlaya, State of Mexico. A snowball sampling was carried out and the information was obtained through a structured survey in a direct interview with 28 farmers. It was observed that the efficiency of the analyzed system was 1.45 MJ per unit produced. That is, 0.11 kg of maize was produced for each MJ used, so that to produce 1 kg of corn, 10.91 MJ are needed. More than 98% of the energy used is consumed directly by inputs for planting and crop management and 2% indirectly in activities related to management and harvesting maize. It is concluded that the maize cultivation process is efficient in the energy use.

Keywords: Cattle, dry tropic, Central highlands.

**INTRODUCCIÓN**

El maíz (*Zea mays*) es el cultivo agrícola más difundido y con la mayor producción a nivel mundial. Por sus características nutricionales es utilizado para la producción de proteína animal y para consumo humano. Su importancia económica y social es relevante por el número de productores que realizan esta actividad y porque genera empleo e ingresos para la población en zonas rurales. La producción mundial se orienta con énfasis a la seguridad alimentaria y su producción se relaciona con el crecimiento poblacional. En este sentido, se observa un crecimiento promedio anual de 3.5% (1,008.7 millones de toneladas) y las expectativas durante 2015/16 fue una reducción de 3.6 por ciento en relación a 2014/15, lo que se traduce en 972.6 millones. Durante este periodo, de acuerdo a, México ocupó el 4º lugar en superficie cosechada de maíz (5% del total mundial), produciendo 24.95 millones de toneladas (FIRA, 2015). El estado de México, durante el mismo periodo ocupó el 4º lugar al aportar 7.94% de la producción nacional. El cultivo en el sur del Estado de México se realiza en relieves montañosos, donde es

difícil el acceso de equipo y maquinaria para la actividad. En estas condiciones, el cultivo de maíz se asocia a la ganadería doble propósito). Este sistema de manejo, está ampliamente distribuido en el país, ya que proporcionan sinergias que permite optimizar el uso de los recursos naturales (Hellin *et al.*, 2013). El aprovechamiento racional disminuye la degradación y el uso insumos externos y favorece la sostenibilidad ambiental mediante, el reciclaje de estiércol y secuestro de carbono. Bajo este esquema, el uso eficiente y sostenible de la energía ha tenido gran relevancia. En las actividades agropecuarias involucra el uso elevado de combustibles fósiles sobre todo en grandes superficies. El uso irracional de insumos agropecuarios para obtener mayor rendimiento por unidad de superficie, deteriora y afecta la disponibilidad de recursos naturales e incrementa la emisión de gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático. Desde la Cumbre de Río 1992 se reconoció la importancia del uso “ecoeficiente” y sustentable de la energía en los procesos de producción, bajo el principio de producir más con menos y con mínimo impacto ambiental. La eco-eficiencia se considera un instrumento para el análisis de la sostenibilidad e indica una relación empírica entre valor económico, impacto ambiental y, las políticas derivadas, son fáciles de adoptar (Ribal *et al.*, 2009). Lo anterior significa que un sistema es sostenible cuando los procesos y actividades humanas se adaptan a las características y dinámicas de los ecosistemas con los que se relacionan. En este sentido, el objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia energética del cultivo de maíz sistemas de ganado doble propósito en el municipio de Tlatlaya, Estado de México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio y recolección de información

El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado en la zona suroeste del Estado de México. Geográficamente se ubica en las coordenadas 18°22' y 18°41' N y 100°04' y 100°27' O, a una altitud entre 300 y 2, 400 msnm. Su territorio asciende a 798.92 km<sup>2</sup>, que representan 3.5% total estatal. Predomina el clima Aw (w) (i) g o subtropical, con temperaturas promedio entre 22° y 36° C y precipitación anual de promedio de 270 mm (INEGI, 2015).

### Análisis energético

Se consideraron las entradas y salidas de energía, caracterizadas mediante flujos de materia física e insumos utilizados en el procesos de cultivo de maíz, manejo y gestión. Para el cálculo de la de la eficiencia energética se aplicó la metodología de Meul *et al.* (2007), que consistió en la documentación de los elementos de entrada o insumos (mano de obra, maquinaria, gas, herbicidas, fertilizantes e insecticidas) y salida o productos obtenidos (grano, mazorca molida, rastrojo molido con mazorca, ensilado y grano molino). Se incluyeron gastos energéticos de la producción, directos o indirectos (fuerza de trabajo humano y animal, empleo de combustibles, fertilizantes y otros insumos). El enfoque del balance energético usado en este estudio no considera los costos ecológicos provenientes de la energía solar, el calor disipado o la energía degradada en el sistema.

Para el cálculo del desempeño de la energía en el proceso de producción, se utilizaron las ecuaciones de Khosruzzaman *et al.* (2010), mismas que se muestran a continuación:

$$\text{Eficiencia del uso de energía} = \frac{\text{Salida de energía (MJ por unidad de área)}}{\text{Entradas de energía (MJ por unidad de área)}} \quad (1)$$

$$\text{Energía específica} = \frac{\text{Ingreso de energía (Toneladas por unidad de área)}}{\text{Producción de maíz (M) por unidad de área}} \quad (2)$$

$$\text{Productividad energética} = \frac{\text{Producción de maíz (M) unidad de área}}{\text{Ingreso de energía (Toneladas por unidad de área)}} \quad (3)$$

$$\text{Retorno de Energía Neta} = \text{Energía de salida (MJ/ha)} - \text{Ingreso de energía (MJ/ha)} \quad (4)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Entrada y salida de energía

En el uso de insumos para la siembra y manejo del cultivo, el mayor gasto de energía es representado por el uso de combustible, mano de obra, y la fertilizantes principalmente sulfato de amonio y urea que ocupan más del 80% del gasto energético total. El gasto en insecticidas y herbicidas, también son importantes (2 y 4 % del total). Asimismo, el proceso de cosecha, también representa un gasto de energía considerable. En general, es mayor el gasto de energía indirecta (Cuadro 1). La salida de energía por rubro, se muestra en el Cuadro 2. Se observa que fueron las actividades de molienda del grano de maíz y de la mazorca completa los que mayor gasto de energía requieren. El uso de maquinaria es limitada y las actividades con mayor requerimiento son la molienda de la mazorca, el grano y el rastrojo. En este sentido y de acuerdo a estos indicadores, el cultivo de maíz en los sistemas de ganado bovino doble propósito, se considera eficiente por la cantidad de producto obtenido por MJ utilizado. Algunos trabajos realizados en el sur del Estado de México han destacado que el uso de fertilizantes y pesticidas, son elementos que limitan la sostenibilidad de sistemas ganaderos, principalmente en la escala agroecológica, como un efecto del uso excesivo y sin control en el cultivo de maíz (Vences-Pérez *et al.*, 2015). Por lo anterior, los sistemas de ganado bovino en condiciones de trópico seco, utilizan elevadas cantidades de insumos externos, lo que afecta directamente escala económica de la sostenibilidad, sobre todo en el rubro de viabilidad económica. No obstante que los resultados de este análisis indican un aprovechamiento eficiente de la energía; a nivel global la sostenibilidad se ve afectada (Salas-Reyes *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Entradas de energía

Entradas	Cantidad por ha	Equivalente a MJ	Porcentaje (%)
Mano de obra			
<i>Tumba</i>	4.18	66.82	0.23
<i>Siembra</i>	3.09	48.56	0.16
<i>Control de malezas</i>	1.88	29.49	0.10
<i>Fertilización</i>	3.34	55.47	0.19
<i>Control de plagas</i>	2.46	38.61	0.13
<i>Arranque de malezas</i>	0.81	12.75	0.04
<i>Cosecha</i>	8.43	132.23	0.45
<i>Operador maquinaria</i>	7.31	15.15	0.05
Gasolina (L)	71.17	594.85	2.02
<b>Energía Directa</b>		<b>993.93</b>	<b>3.37</b>
Maquinaria (h)	7.31	500.99	1.70
Herbicida (L)	3.97	945.78	3.21
Fertilizantes (kg)	0.00	0.00	0.00
<i>Súper Fosfato de Calcio Simple</i>	164.03	1,042.54	3.54
<i>Sulfato de Amonio</i>	422.38	23,378.69	79.29
<i>Urea</i>	10.07	610.52	2.07
<i>Cloruro de Potasio</i>	5.96	40.00	0.14
<i>18-46</i>	0.77	47.39	0.16
Insecticidas	0.00	0.00	0.00
<i>Líquido (L)</i>	0.95	341.19	1.16
<i>Granulado (kg)</i>	3.43	1249.55	4.24
Semilla (kg)	10.15	335.07	1.14
<b>Energía indirecta</b>		<b>28,491.73</b>	<b>96.62</b>
<b>Total</b>	<b>731.69</b>	<b>29,485.66</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 2. Salidas de energía e indicadores de eficiencia

Productos	Kg/ha	MJ /ha
Grano	1,250.00	17,062.5
Mazorca molida	1,000.00	13650
Rastrojo molido con mazorca	420.00	4796.4
Ensilado	410.00	4218.9
Grano molino	140.00	1911
Rastrojo	130.00	1,190.8
Total salidas	3,350.00	42,829.60
Total entrada		29,485.66
Eficiencia		1.45
Energía específica (MJ/kg)		8.80
Productividad energética (kg/MJ)		0.11
Retorno de energía neta (MJ/ha)		13,343.94

La eficiencia energética del sistema analizado (1.45 MJ/kg) fue menor al reportado en la India por Patel *et al.* (2014) donde se observaron valores de 4.73 MJ/kg de maíz. Sin embargo, en este sistema el uso de combustible representó 4,240.8 MJ/ha, respecto a los 2,846.76 MJ/ha en el estado de México. Esto hace notar que la eficiencia del sistema analizado resulto inferior, debido a un menor retorno de energía neta 13,345.96MJ/ha comparado con los 39,688. 19 MJ/ha en la India. En el Estado de Oaxaca se evaluaron diferentes sistemas de labranza para el maíz; labranza con tracción animal (LTA), labranza mixta (LMX) y labranza mecanizada (LM). El sistema más eficiente fue en LTA con un valor de 34.4MJ/Kg, en cambio el sistema menos efectivo fue LM obteniendo valores de 5.2MJ/kg debido al mayor uso de maquinaria y combustible (Ruiz-Vega *et al.*, 2015), similar a los valores obtenidos en este estudio. De lo anterior se puede desprender que un sistema resultaría más eficiente en la medida que disminuya el uso de insumos externos, como se demostró en el sistema LTA en Oaxaca Al respecto, Blanco *et al.* (2014) destacaron que la carencia de un Programa de Manejo Integrado (PMI) en el cultivo de maíz ha ocasionado un alto uso de agroquímicos por unidad de superficie. Sin embargo, esta estrategia bien planificada puede minimizar el impacto ambiental y disminuir los costos de producción de la actividad.

### CONCLUSIÓN

El cultivo de maíz en sistemas doble propósito en condiciones de trópico seco, característico del sur del estado de México, bajo un sistema de siembra tradicional, es eficiente en el uso de la energía. Sin embargo, la utilización de insumos externos principalmente combustible y agroquímicos, limita la sostenibilidad del sistema.

### AGRADECIMIENTO

Se agradece la participación de los ganaderos del Municipio de Tlatlaya, estado de México, a la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento del proyecto Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería bovina en México, Argentina y Paraguay, desde un enfoque territorial: situación actual y perspectivas ante retos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos, Clave de Convenio 3729/2014CIC y al Cuerpo Académico en Sistemas de Producción Animal y Recursos naturales (CASPAREN), que apoyaron en el desarrollo del trabajo.

### REFERENCIAS

- Blanco, C. A., Pellegaud, G., Nava-Camberos, J., Lugo-Barrera, U., Vega-Aquino, D., Coello, P., Terán-Vargas, J., Antonio P. y Vargas-Camplis, J. 2014. Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*. 5 (4): E1-E9.
- FIRA 2015. Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Maíz 2015. 37 pp.
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C. y Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixedcrop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*.153: 12–21.
- INEGI. (2015). Información nacional, por entidad federativa y municipios. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>. Consultado: julio de 2017.

La eficiencia energética del sistema analizado (1.45 MJ/kg) fue menor al reportado en la India por Patel *et al.* (2014) donde se observaron valores de 4.73 MJ/kg de maíz. Sin embargo, en este sistema el uso de combustible representó 4,240.8 MJ/ha, respecto a los 2,846.76 MJ/ha en el estado de México. Esto hace notar que la eficiencia del sistema analizado resulto inferior, debido a un menor retorno de energía neta 13,345.96MJ/ha comparado con los 39,688. 19 MJ/ha en la India. En el Estado de Oaxaca se evaluaron diferentes sistemas de labranza para el maíz; labranza con tracción animal (LTA), labranza mixta (LMX) y labranza mecanizada (LM). El sistema más eficiente fue en LTA con un valor de 34.4MJ/Kg, en cambio el sistema menos efectivo fue LM obteniendo valores de 5.2MJ/kg debido al mayor uso de maquinaria y combustible (Ruiz-Vega *et al.*, 2015), similar a los valores obtenidos en este estudio. De lo anterior se puede desprender que un sistema resultaría más eficiente en la medida que disminuya el uso de insumos externos, como se demostró en el sistema LTA en Oaxaca Al respecto, Blanco *et al.* (2014) destacaron que la carencia de un Programa de Manejo Integrado (PMI) en el cultivo de maíz ha ocasionado un alto uso de agroquímicos por unidad de superficie. Sin embargo, esta estrategia bien planificada puede minimizar el impacto ambiental y disminuir los costos de producción de la actividad.

### CONCLUSIÓN

El cultivo de maíz en sistemas doble propósito en condiciones de trópico seco, característico del sur del estado de México, bajo un sistema de siembra tradicional, es eficiente en el uso de la energía. Sin embargo, la utilización de insumos externos principalmente combustible y agroquímicos, limita la sostenibilidad del sistema.

### AGRADECIMIENTO

Se agradece la participación de los ganaderos del Municipio de Tlatlaya, estado de México, a la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento del proyecto Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería bovina en México, Argentina y Paraguay, desde un enfoque territorial: situación actual y perspectivas ante retos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos, Clave de Convenio 3729/2014CIC y al Cuerpo Académico en Sistemas de Producción Animal y Recursos naturales (CASAREN), que apoyaron en el desarrollo del trabajo.

### REFERENCIAS

- Blanco, C. A., Pellegaud, G., Nava-Camberos, J., Lugo-Barrera, U., Vega-Aquino, D., Coello, P., Terán-Vargas, J., Antonio P. y Vargas-Camplis, J. 2014. Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*. 5 (4): E1-E9.
- FIRA 2015. Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Maíz 2015. 37 pp.
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C. y Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixedcrop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*.153: 12–21.
- INEGI. (2015). Información nacional, por entidad federativa y municipios. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>. Consultado: julio de 2017.

### 7.3. CAPITULO TRES

## ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN TRÓPICO SECO

29/8/2018

Gmail - [ITEA] Envío recibido



Anastacio Garcia Martinez <angama.agm@gmail.com>

#### [ITEA] Envío recibido

2 mensajes

Clara M<sup>a</sup> Marin Alcalá <recyt@recyt.fecyt.es>

24 de abril de 2018, 12:51

Para: hola ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ <angama.agm@gmail.com>

hola ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ:

Hemos recibido su manuscrito "ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN TRÓPICO SECO" para ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<https://recyt.fecyt.es/index.php/ITEA/author/submission/64519>

Nombre de usuario: agm\_2017

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Clara M<sup>a</sup> Marin Alcalá  
ITEA-Información Técnica Económica Agraria  
Comite de Redacción de la Revista ITEA  
<http://www.aida-itea.org/>  
<http://recyt.fecyt.es/index.php/ITEA>

[Mensaje enviado a través de RECYT, por favor no responda directamente, si necesita contactar con la persona que le envió este mensaje identifiquese en <http://recyt.fecyt.es/> y hágalo desde la plataforma. Para cualquier duda escriba a [infofecyt@fecyt.es](mailto:infofecyt@fecyt.es)]

[This message was sent from RECYT, please do not respond to this email. If you would like to contact the person who sent this message, please log in to <http://recyt.fecyt.es> and email him from there. If you have any questions don't hesitate to email us at [infofecyt@fecyt.es](mailto:infofecyt@fecyt.es)]

Anastacio Garcia Martinez <angama.agm@gmail.com>

4 de junio de 2018, 10:29

Para: vencesjovel@gmail.com

ACUSE DE ARTICULO

----- Mensaje reenviado -----

De: Clara M<sup>a</sup> Marin Alcalá <recyt@recyt.fecyt.es>

Fecha: 24 de abril de 2018, 12:51

Asunto: [ITEA] Envío recibido

Para: hola ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ <angama.agm@gmail.com>

## **CARTA DE PRESENTACIÓN**

### **ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN TRÓPICO SECO**

#### **Autores**

Jovel Vences Pérez

Carlos Galdino Martínez García

Ernesto Morales Almaraz

Benito Albarrán Portillo

Armando Adolfo Rayas Amor

José Fernando Vázquez Armijo

Anastacio García Martínez

#### **Propuesta de revisores**

Dr. Darwin Heredia Nava (Darwin.heredia@cualtos.udg.mx). Centro Universitario de los Altos de Jalisco. Universidad de Guadalajara, México. Carretera a Yahualica, Km. 7.5 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Teléfono: 01 (378) 78 280 33.

Dr. Gilberto Yong Ángel (gilberto.yong@gmail.com). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas, México. Carr. Emiliano Zapata Km. 8, CP. 29060. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tel. (961) 67-1-60-75

Dr. Roberto Ruiz Santos (rruiz@neiker.eus). Departamento de Producción Animal. Neiker Tecnalia. Centro de Arkaute: Campus Agroalimentario de Arkaute. Apto 46. E-01080. Vitoria-Gasteiz (ARABA). Tel. (+34) 945 121313. Fax (+34) 945 281422. Centro de Derio: Parque Tecnológico de Bizkaia, Parcela 812. C/ Berreaga 1. E-48160. Derio (BIZKAIA). Tel. (+34) 944 034 300. Fax (+34) 944 034 310.

Dra. José Luis Riedel ([riedel.jose@inta.gob.ar](mailto:riedel.jose@inta.gob.ar)). ng. (Dr.) Centro Regional Catamarca-La Rioja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Dirección: República 1084- (4700)

San Fernando del V. De Catamarca – Prov. De Catamarca – Argentina. Teléfonos: +54  
383-4745154 / 4745376. Celular: 011-1568494008.

## **ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO EN TRÓPICO SECO**

J. Vences-Pérez<sup>1</sup>, C. G. Martínez-García<sup>2</sup>, E. Morales-Almaraz<sup>3</sup>, B. Albarrán-Portillo<sup>1</sup>, A. A. Rayas-Amor<sup>4</sup>, J. F. Vázquez-Armijo<sup>1</sup>, A. García-Martínez<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Centro Universitario UAEM Temascaltepec. <sup>2</sup>Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. México. <sup>4</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Lerma. <sup>2</sup>Instituto Literario No. 100. Colonia Centro. Toluca, Estado de México, México. C.P. 50000.

\*Autor para correspondencia: [angama.agm@gmail.com](mailto:angama.agm@gmail.com).

### **RESUMEN**

La ganadería es una actividad económica importante en zonas rurales por el ingreso que genera de la venta de leche y carne. El objetivo fue realizar un análisis socioeconómico comparativo de tres grupos de unidades de producción (UP) doble propósito; i. DPL con mayor orientación a la producción de leche; ii. DPT o tradicional y, iii. DPC que solo producen carne. La información se obtuvo durante 2015 por seguimientos técnico-económicos a 67 ganaderos del altiplano central de México. El análisis de indicadores estructurales fue descriptivo y se utilizó la metodología de presupuestos por actividad y un análisis de varianza ( $P < 0,05$ ), para los económicos y de manejo. Se observó que DPL son UP de reciente creación, de tamaño medio y contratan mano de obra; el DPT son UP antiguas con ganaderos mayores y con rebaños grandes de vacas y, DPC son UP antiguas y pequeñas, con ganaderos jóvenes y mano de obra familiar. Se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre grupos en el margen neto total por venta de leche y animales y en el margen

neto unitario (ha y vaca). En ambos casos, destaca DPL. Se concluyó que la producción de leche genera el mayor beneficio económico y se postula como una alternativa de desarrollo, aunque el número de UP es reducido y el sistema tradicional se mantiene en una actividad economía estable, con recursos propios. En contraparte, la producción de carne presenta mayor inestabilidad económica, menor desarrollo y su permanencia está comprometida.

*Keywords: bovinos, comparación, economía, oportunidades, altiplano central, México.*

### **ABSTRACT**

The dual-purpose production system is a major economic activity in rural areas due to the income generated from milk and meat sales. The objective was to conduct a comparative economic analysis of three groups of dual-purpose production units; i. MDP; with greater orientation to milk production; ii. TDP or traditional dual purpose and iii. MDP that only produce meat. The information was obtained during 2015 by technical-economic assessment of 67 farms in the central highlands of Mexico. The analysis of structural indicators was descriptive and partial budget methodology, and variance analysis ( $P < 0,05$ ) for economic and management indicators were used. It was observed that MDP are PU of recent creation, medium size and contract labor; the TDP are old PU with older farmers and large herds and, MDP are old and small PU, with young farmers and family labor. Differences ( $P < 0,05$ ) between groups were observed in the total net margin for milk and cattle sales and in the unit net margin (ha and cow). In both cases, profits were greater in MDP. It was concluded that milk production generates greatest economic profit and this activity is postulated as a development alternative, although number of PU is small and the traditional dual-purpose system is maintained in a stable economy activity, with its own

resources. In counterpart, the meat production system presents greater economic instability, less development and its permanence is compromised for the lowest profit margins.

*Keywords: cattle, comparison, economic, opportunities, central highlands, Mexico.*

## **INTRODUCCIÓN**

La ganadería es la actividad económica de mayor importancia en zonas rurales (Absalón-Medina *et al.*, 2012b, Rojo-Rubio *et al.*, 2009, Panin, 2000). En México, se desarrolla en diversas condiciones agroecológicas que dan origen a varios sistemas de producción. El sistema especializado en el norte, el semiespecializado y familiar en el altiplano central y el doble propósito en los trópicos seco y húmedo (SIAP-SAGARPA, 2013). Presentan características diferenciadas en el aprovechamiento de la tierra, nivel tecnológico, orientación zootécnica, razas de ganado y comercialización de productos (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002, Espinosa-Ortega *et al.*, 2007, Pech *et al.*, 2002, Rojo-Rubio *et al.*, 2009 y Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

De las 55 446 717.8 ha en trópico seco y húmedo (28,3 % de total nacional), en el 37,0 % pastorea 40,0 % del inventario bovino nacional (23. 316. 942 bovinos) que producen 28,0 % y 39,0 % de la leche y carne que se consume en México (INEGI, 2015). 60,0 % son bovinos doble propósito de razas *Bos indicus* principalmente Brahman, Nelore, Guzerat y Gyr (SIAP-SAGARPA, 2014) o cruzado con razas *Bos taurus* como Holstein y Pardo Suizo para producción de leche y con Charolais y Simmental, para producir carne (Aranda-Ávila *et al.*, 2010, Pech *et al.*, 2002). La actividad se caracteriza también por el aprovechamiento estratégico de los recursos disponibles en la UP (pastizales, arbustos y árboles) para alimentación del ganado (Absalón-Medina *et al.*, 2012a) y utilización de

mano de obra familiar para la realización de las actividades agrícolas y el manejo del ganado (García-Martínez *et al.*, 2015). La producción de leche y carne depende de la estacionalidad en el cultivo y cosecha de forraje (Aguilar-Pérez *et al.*, 2011, Pech *et al.*, 2002). Si bien es cierto que en el sur del Altiplano Central mexicano, la ganadería doble propósito se desarrolla en condiciones topográficas difíciles, por la presencia de cadenas montañosas, temperaturas extremas (25 °C y 30 °C) y escasez de agua de noviembre a julio (SIAP-SAGARPA, 2014). También es cierto que es una actividad importante por la producción y los ingresos que genera por la venta de carne y leche (Absalón-Medina *et al.*, 2012b, Rojo-Rubio *et al.*, 2009). Además, estos indicadores, son criterios de referencia que permiten evaluar su funcionamiento y eficiencia (Pech *et al.*, 2002), identificar los factores que limitan su desarrollo (Tegebu *et al.*, 2012, Vilaboa y Díaz 2009) y para valorar su importancia sobre la economía local (Bellaver y Bellaver, 1999). El objetivo del trabajo fue realizar un análisis socioeconómico comparativo de tres grupos de UP doble propósito con diferentes tendencias de producción en el trópico seco del Altiplano Central de México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

***Localización de la zona de estudio.*** El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado a 1 350 msnm al suroeste del Estado de México, México entre las coordenadas 18 ° 41´ N y 100 ° 27´ O. Tiene una extensión territorial de 798,92 km<sup>2</sup> que representa 3,55 % del territorio estatal. Predomina el clima Aw (w) (i) g o subtropical cálido, con temperaturas entre 22° y 36° C y precipitación anual promedio de 1. 270 mm (PDMT 2016).

**Recolección y análisis de información.** De un total de 200 ganaderos registrados en la Asociación ganadera local, se obtuvo una muestra aleatoria ( $P < 0,05$ ) unidades de producción (UP) de acuerdo a Hernández *et al.* (2004). La información se obtuvo a través de encuestas estructuradas a 67 ganaderos y seguimientos técnico-económicos mensuales, durante enero a diciembre de 2015, para obtener datos de los principales eventos de manejo y gestión de las UP.

Para el análisis de información, se consideraron tres grupos de UP doble propósito (DP) (Vences-Pérez, 2015). i. grupo **DPL** con 17 UP que presentaron mayor tendencia hacia la producción de leche (210 días en promedio), ii. grupo **DPT** o sistema doble propósito tradicional (leche y carne) que producen leche durante 120 días en promedio y está integrado por 29 UP y, iii. grupo **DPC** (21 UP) que solo producen carne y es su principal fuente de ingreso. Para lograr lo anterior, se utilizaron métodos estadísticos multivariantes. Un Análisis Factorial por Componentes Principales (ACP) con 14 variables sobre estructura, mano de obra, económicas y de manejo para estandarizar y reducir información. Del ACP se obtuvieron cinco factores que explicaron el 82,0 % de la varianza total ( $KMO = 0,703$ ;  $P < 0,000$ ). Posteriormente, las puntuaciones factoriales de las variables originales en cada nuevo factor, obtenidas por el método de regresión, se utilizaron en la clasificación de UP a través de un análisis Clúster Jerárquico, considerando el método de similitud de Ward y distancia euclídea al cuadrado (Haier *et al.*, 2007).

En el presente análisis, se consideraron 28 variables completarias relacionadas con la estructura, con el manejo y con ingresos y costes de producción, para evaluar las posibilidades de desarrollo de las UP desde una perspectiva económica. Se hizo un análisis

descriptivo de las variables sociales y de estructura (mano de obra, superficie y rebaño). Para los indicadores monetarios previamente se realizó un estudio económico a través de la metodología de presupuestos por actividad (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005), que determina el coste de producción por alimentación (forrajes y balanceados comerciales), mano de obra contratada, combustible, costes varios (asistencia técnica, medicinas etc.) y costes fijos (depreciación de instalaciones y equipo) y el retorno por venta de productos obtenidos. El margen bruto ( $MB^{-1}$ ) = (ingresos + subsidios) - (costes de la actividad + coste de la mano de obra + coste de infraestructura) y el margen neto ( $MN^{-1}$ ) = (valor total por venta leche y animales) - (valor de insumos utilizados + mano de obra + infraestructura). Una vez que los indicadores económicos fueron calculados, se realizó un análisis de varianza ( $P < 0,05$ ) para la comparación de medias entre grupos utilizando el procedimiento del Modelo General Lineal del programa SPSS 20. El modelo fue:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$ . Dónde:  $Y_{ij}$  = variable dependiente proveniente del grupo  $i$  de su repetición  $j$  ( $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3 \dots r$ ),  $\mu$  = media general,  $T_i$  = efecto fijo del grupo ( $i = 1, 2$  o  $3$ ) +  $\varepsilon_{ij}$  = error experimental.

## RESULTADOS

***Características generales de las unidades de producción doble propósito.*** Las principales características estructurales se muestran en la Tabla 1. El grupo ***DPL*** cuenta con UP con menor tiempo en la actividad, aunque con ganaderos de edades cercanas a los 60,0 años. Presenta un elevado porcentaje de mano de obra contratada y mayor número de unidades de trabajo año (UTA). El grupo cuenta con grandes rebaños de vacas y menor disponibilidad de tierra. Los ganaderos alquilan superficies para la UP que en su conjunto con la tierra propia, se destinada a la producción de forraje y para cultivos agrícolas. El grupo ***DPT***

integró a las UP más antiguas que son gestionadas por ganaderos de mayor edad. Presenta el mayor número de vacas y ocupa el segundo lugar en superficie. Más de 80,0 % de la superficie se destina al a producción de forrajes, aunque también para cultivos agrícolas, principalmente maíz. La mano de obra también es elevada, principalmente de tipo familiar. El grupo *DPC* cuenta con UP antiguas, aunque la edad del ganadero es menor que en *DPT*. Este es el grupo con menor disponibilidad de UTAs, que proviene mayoritariamente de la familia. Sin embargo, son UP con mayor superficie propia, que se destina a la producción de forrajes. Los rebaños de vacas son pequeños en relación a los grupos *DPL* y *DPT*.

INSERTAR AQUÍ TABLA 1

**Principales ventas e ingresos.** El origen de los ingresos en las UP, se muestran en la Tabla 2. El mayor ingreso se genera por la venta de animales, leche y queso, mientras que otras ventas y subsidios representan un bajo porcentaje sobre el ingreso total (IT). En este tenor, no se observaron diferencias entre grupos en el ingreso generado por la venta de animales ( $P > 0,05$ ), obteniéndose un promedio anual superior a US\$1,000.00 y en otras ventas (ingresos generados por venta de otros animales o trabajos a terceros). Sin embargo, en el ingreso de leche y queso, así como en el ingreso total, se notaron importantes diferencias ( $P < 0,05$ ). Estos valores fueron mayores en *DPL*, respecto a *DPT* y *DPC*. Asimismo, se observó mayor ingreso ( $P < 0,05$ ) en *DPT* por los subsidios recibidos.

INSERTAR AQUÍ TABLA 2

**Índices de manejo.** En el origen de los ingresos de la ganadería se observaron diferencias entre grupos ( $p < 0.05$ ). Aunque en el número de animales vendidos no hubo diferencias ( $P > 0,05$ ), el ingreso por venta de carne fue mayor en *DPC* y *DPT*. Sin embargo, en *UPL*

también supero 50,0 % de los ingresos totales, similar al ingreso que se genera por la venta de leche y queso directamente a consumidor o a intermediario ( $P < 0,05$ ). Este tipo de ingresos son de menor importancia en los otros dos grupos. En **DPT**, también se observa que los subsidios y otras ventas, son relevantes y contribuyen al IT ( $P < 0,05$ ). La misma tendencia se observó en la producción de leche total<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Destaca la venta de leche fluida en **UPL**, mientras que en **UPT** la mayor parte se destina a la elaboración de queso ( $P < 0,05$ ). En este indicador destacan considerablemente las UP **DPL**.

INSERTAR AQUÍ TABLA 3

**Costes e importancia sobre el coste total promedio de producción.** No se observaron diferencias en el coste total de producción ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, existen diferencias significativas en porcentaje por alimentación sobre el coste total ( $P < 0,05$ ). Este rubro es mayor en **DPL** y menor en **DPT**. No se observan diferencias en otras relaciones ( $P > 0,05$ ), aunque destaca la importancia de los costes sanitarios y mano de obra (Tabla 4).

INSERTAR AQUÍ TABLA 4

**Indicadores económicos.** En el  $MB^{-1}$  y  $MN^{-1}$  totales, se observaron diferencias importantes ( $P < 0,05$ ) entre **DPL** y **DPC**. Sin embargo entre estos dos grupos y **DPT**, no se evidenciaron diferencias ( $P > 0,05$ ). En el MN por vaca<sup>-1</sup> y ha<sup>-1</sup> de superficie se observaron diferencia importantes ( $P < 0,05$ ). En los grupos que producen leche, el MN por L de leche fue diferente ( $P < 0,05$ ) y el mayor valor, se obtienen en el grupo **DPL** (Tabla 5).

## DISCUSIÓN

El presente estudio, muestra la importancia de la estructura (rebaño, superficie y mano de obra) y la venta leche, queso y becerros en los ingresos de las UP DP. Al respecto García-Martínez *et al.*, (2011), destacaron que el tamaño y dimensión de la UP, así como el tipo de producto generado, expresa la importancia de la diversificación de la actividad, como alternativa de desarrollo económico de la ganadería. Sin embargo Chalate-Molina *et al.*, (2010), resaltaron que estos indicadores muestran la diferencia de la ganadería especializada y la de subsistencia. En tanto que Espinoza-Ortega *et al.*, 2005, indicaron que el resultado es la presencia de UP de subsistencia en pobreza alimentaria, de patrimonio y sin pobreza, cuando dependen del ingreso de la producción de leche.

Bajo este enfoque, la familia representa la principal fuerza de trabajo ( $90,6 \pm 2,3$  %) como lo ha identificado Romo-Bacco *et al.* (2014). El mismo autor, resalta que la eficiencia económica de las UP se relaciona con la experiencia del ganadero y con la antigüedad de la UP como sucede en *DPT*. La antigüedad de la UP, se relaciona con un proceso tradicional, cultural y generacional en el que la UP se hereda de padres a hijos como autoahorro (García-Martínez *et al.*, 2015, Díaz-River *et al.*, 2011). Aunque también puede generar ingresos para el desarrollo familiar (Bellaver y Bellaver, 1999). La edad del ganadero (59,0 años), de acuerdo a García-Martínez *et al.*, 2011 y Vilaboa y Díaz, 2009, se relaciona con bajo nivel de estudios y reducido relevo generacional. Esta situación puede comprometer la continuidad de la UP debido a que los descendientes tienen mejores oportunidades de trabajo en otras actividades económicas (Romo-Bacco *et al.*, 2014). Sin embargo, la

contribución del trabajo familiar, favorece su permanencia y mayor beneficio económico (Posadas-Domínguez *et al.*, 2013).

En **DPC**  $90,6 \pm 1,5$  % de la superficie se destina a la producción de forraje y en **DPL** y **DPT**, el maíz se utiliza en la alimentación del ganado lechero, como estrategia para disminuir costes de producción (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002). En **DPL** estas actividades se favorecen por la presencia de planicies y canales de riego para cultivar maíz y pastos. El manejo del ganado es bajo un sistema extensivo, con aprovechamiento de pastos y pastizales mediante pastoreo (Pech *et al.*, 2002 y Ramírez *et al.*, 2007). Este manejo, contribuye en mayor aporte de nutrientes para el ganado y al uso sustentable de los recursos disponibles (Espinosa *et al.*, 2004 y Bellaver y Bellaver, 1999). En el manejo del ganado, se observaron diferencias en la carga animal por hectárea de superficie forrajera ( $P < 0,05$ );  $1,38 \pm 0,25$ ,  $0,87 \pm 0,12$  y  $0,58 \pm 0,10$  unidades de ganado bovino (UGB) en **DPL**, **DPT** y **DPC**, respectivamente. Observando promedios de  $0,94$  UGB ha SF<sup>-1</sup>, similar a los reportes de García-Martínez *et al.* (2015) en UP DP en trópico seco ( $0,85$  UGB ha SF<sup>-1</sup>).

Del ingreso total de la ganadería (IT)  $71,2 \pm 4,4$  % en promedio, proviene de la venta de carne, becerros o animales de desecho, por lo que se evidencia que es la orientación que mayor ingreso genera en UP DP, como lo ha destacado Rojo-Rubio *et al.* (2009). Aunque **DPL**, presenta mayor especialización en la producción de leche, solo  $47,8 \pm 5,7$  % del IT, se obtiene de la venta leche y queso. No obstante, Salas-Reyes *et al.* (2015) indicaron que el ingreso diario y constante por venta de leche, sostiene a la UP, hasta la venta de animales, como sucede en **DPL** y **DPT**, a diferencia de **DPC** en el que el ingreso por venta de carne es estacional. Asimismo, los resultados resaltan que en el grupo **DPL**, se obtuvo

45,61 % y 62,95 % más de ingresos que **DPT** y **DPC**, respectivamente por el hecho de producir leche durante un periodo de tiempo mayor y especializarse en esta actividad, como lo señalaron García-Martínez *et al.* (2015) en UP DP en condiciones de manejo similares. Las UP también tienen acceso a subsidios gubernamentales (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), aunque en estos casos solo representaron 2,7 % del IT en promedio.

En relación la venta de animales, los precios pagados al productor son inestables y varían por la influencia de intermediarios y mercados informales (Romo-Bacco *et al.*, 2014). Los precios de venta fueron: \$1,49 ± 0,03 USD kg<sup>-1</sup> (210,2 ± 12,4 kg de peso vivo) para becerros, \$2,77 ± 0,04 USD kg<sup>-1</sup> para animales engordados (canal caliente de 220,1 ± 8,5 kg), de \$826,89 ± 154,54 USD por macho o hembra para reposición y \$345,10 ± 14,73 USD por vaca de desecho (\$1,06 USD kg<sup>-1</sup>). Las cifras presentaron una variación menor a 5,0 % en relación a los valores de referencia de SIAP-SAGARPA (2015) y USDA (2015).

El MN de la ganadería en total fue de \$23,54 ± 3,45 USD, \$13,60 ± 3,79 USD y \$4,22 ± 1,13 USD día<sup>-1</sup>, respectivamente para **DPL**, **DPT** y **DPC**. No se observaron diferencias (P > 0,05), aunque Romo-Bacco *et al.* (2014) resaltan que existen brechas económicas debido al tamaño de la UP. En el beneficio por venta de ganado se obtuvo un MN de \$11,8 ± 2,5 USD, \$11,3 ± 3,5 USD y \$4,2 ± 1,1 USD día<sup>-1</sup> (P > 0,05) y de la leche y queso un MN de \$11,8 ± 2,5 USD y \$2,2 ± 0,5 USD día<sup>-1</sup>, respectivamente (P < 0,05). El MN L día<sup>-1</sup> de leche en **DPL** y **DPT** fue de \$0,33 ± 0,01 USD y \$0,26 ± 0,03 USD y costes de \$0,31±0.06 USD L<sup>-1</sup>, similar a trabajos relacionados de Absalon-Medina *et al.* (2012b) y Shamsuddin *et al.* (2006).

Absalón-Medina *et al.* (2012a) y Magaña *et al.* (2006), resaltaron la creciente demanda de leche y carne en México e indicaron la importancia del sistema DP, ya que puede incrementar la producción entre 40,0 % y 60,0 %, aprovechando los recursos (instalaciones, pastos, arbustos y árboles) disponibles en la propia UP. Algunos factores que pueden influir en baja producción de leche son la topografía accidentada, el clima extremo de la zona y la estacionalidad de la producción de forraje (Aguilar-Pérez *et al.*, 2011 y Rojo-Rubio *et al.*, 2009). En el sistema analizado, la producción de leche por vaca fue de 7,6 y 6,9 L por día, debido al tipo de ganado presente. Sin embargo es similar a  $7,6 \pm 0,50$ ,  $10,5 \pm 0,5$  u  $11,0 \pm 0,46$  L por día en trabajos relacionados (Aguilar-Pérez *et al.*, 2011 y Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

Desde esta perspectiva, la producción de leche es una alternativa de desarrollo como lo ha señalado Shamsuddin *et al.* (2006). Esta actividad, puede tener mayor desarrollo con el aprovechamiento de pastos, pastizales y árboles disponibles en la propia UP para la alimentación del ganado. Lo anterior, permite planificar estrategias de alimentación durante el periodo de sequía, ya que durante este lapso de tiempo, disminuye la producción y calidad de forraje y se reduce la producción de leche (Absalón-Medina *et al.*, 2012a y Reynoso-Campos *et al.*, 2004). Asimismo, disminuir costes de producción, que en estos sistemas de producción suponen  $70,8 \pm 3,0$  % del CT y, por lo tanto reducir el consumo de insumos externos, principalmente balanceados comerciales (Shamsuddin *et al.*, 2006), sobre todo en el grupo **DPL** en el que la alimentación supone  $75,8 \pm 5,2$  % del CT.

Económicamente, la producción de leche es una opción atractiva (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007) y representa una fortaleza para el sistema, por la tradición en el consumo de queso en

la zona de estudio (Rebollar *et al.*, 2011). En este caso, **DPL** y **DPT** destinan  $44,7 \pm 12,0$  % y  $93,7 \pm 3,7$  % de la leche producida, respectivamente a la elaboración de queso ( $P < 0,05$ ). Obtienen un promedio de  $2,0 \pm 0,5$  y  $1,1 \pm 1,6$  kg día<sup>-1</sup>. La producción de carne también es importante y complementa la economía de las UP (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2011). Con esta estrategia, incrementan los ingresos y la diversificación de la actividad (Absalón-Medina *et al.*, 2012b). También se genera empleo, disminuye la migración y la pérdida de espacios rurales (Bellaver y Bellaver 1999) y, se evita el abandono de la actividad (García-Martínez *et al.*, 2011).

## **CONCLUSIONES**

Con el trabajo se concluye que la ganadería es una de las principales actividades económicas en la zona de estudio. La actividad es gestionada por ganaderos mayores, las UP se han heredado de generación en generación y la familia es la principal fuente mano de obra. La producción de leche es la actividad que mayor beneficio económico genera, se postula como una alternativa de desarrollo local que se complementa con la venta de animales. Son UP dinámicas y de reciente creación. Sin embargo, son poco representativas en el sistema. El sistema tradicional es el más antiguo y se mantiene en una actividad económica estable, con recursos propios. En contraparte, la producción de carne presentan mayor inestabilidad económica, menor desarrollo y su permanencia está comprometida. En ambos casos, la economía de las UP depende de la venta de animales, aunque el ingreso generado es menor que el obtenido con la venta de leche y queso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo económico del CONACYT para el primer autor, a los ganaderos del municipio de Tlatlaya, Estado de México y a los investigadores del Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México y, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Lerma, que colaboraron en el trabajo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Absalón-Medina VA, Blake RW, Fox DG, Juárez-Lagunes FI, Nicholson CF, Canudas-Lara EG y Rueda-Maldonado BL (2012b). Economic analysis of alternative nutritional management of dual-purpose cow herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1143-1150.
2. Absalón-Medina VA, Nicholson CF, Blake RW, Fox DG, Juárez-Lagunes FI, Canudas-Lara EG y Rueda-Maldonado BL (2012a). Limitations and potentials of dual-purpose cow herds in Central Coastal Veracruz, Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1131-1142.
3. Aguilar-Pérez C, Ku-Vera JC, Magaña-Monforte JG (2011). Energetic efficiency of milk synthesis in dual-purpose cows grazing tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production* 43: 767-772.
4. Aranda-Ávila I, Magaña-Monforte JG. and Segura-Correa JC (2010). Effects of breed type and age at first calving on length of productive life in a cow-calf system in Southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 42:1737-1741.

5. Arriaga-Jordán CM, Albarrán-Portillo B, Espinoza-Ortega A, García-Martínez A, Castelán-Ortega OA (2002). On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of Central Mexico. *Experimental Agriculture* 38: 375-388.
6. Bellaver C and Bellaver IH (1999). Livestock production and quality of societies' life in transition economies. *Livestock Production Science* 59: 125-135.
7. Chalate-Molina H, Gallardo-López F, Pérez-Hernández P, Lang-Ovalle FP, Ortega-Jiménez E, Vilaboa AJ (2010). Características del sistema de producción bovinos doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical* 28 (3): 329-339.
8. Díaz-Rivera P, Oros-Noyola V, Vilaboa-Arroniz J, Martínez-Dávila JP, Torres-Hernández G (2011). Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 191-199.
9. Espinosa GJA, Wiggins S, González OAT, Aguilar BU (2004). Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares, de producción de leche en México. *Técnica Pecuaria México* 42 (1): 55-70.
10. Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T. and Arriaga-Jordán CM (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture* 43: 241-256.
11. Espinoza-Ortega A, Álvarez-Macías A, Del Valle MC. and Chauvete M (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria México* 43(1): 39-56.

12. García-Martínez A, Albarrán-Portillo B y Avilés-Nova F (2015). Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el Sur del Estado de México *Agrociencia* 49:125-139.
13. García-Martínez A, Bernués A and Olaizola AM (2011). Simulation of mountain cattle farming system changes under diverse agricultural policies and off-farm labour scenarios. *Livestock Science* 137: 73-86.
14. Hernández SR, Fernández CC, Baptista LP (2004). *Metodología de la investigación*. 3ª Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 518 pp.
15. INEGI (2015). Censo agrícola, ganadero y forestal Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>. (28 enero 2015).
16. Magaña MJG, Ríos AG y Martínez GJC (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14 (3): 105-114.
17. Panin AA (2000). Comparative Economic Analysis of Smallholder Cattle and Small Ruminant Production Systems in Botswana. *Tropical Animal Health and Production* 32: 189-196.
18. Pech MV, Santos JF y Montes MP (2002). Función de producción de la ganadería doble propósito en la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria México* 40 (2): 187-192.

19. Posadas-Domínguez RR, Arriaga-Jordán CM, Martínez-Castañeda FE (2013). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 46: 235–240.
20. Ramírez AL, Ku Vera JC, Alayon GJA (2007). Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 15 (1): 251-264.
21. Rebollar RS, Hernández-Martínez J, González-Razo FJ, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B y Rojo-Rubio R (2011). Canales y márgenes de comercialización del queso añejo en Zacazonapan, México. *Archivos de Zootecnia* 60 (231): 1-7.
22. Rebollar-Rebollar A, Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar S, Guzmán-Soria E, García-Martínez A, González-Razo FJ (2011). Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el sur del Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 691-698.
23. Reynoso-Campos O, Fox DG, Blake RW, Barry MC, Tedeschi LO, Nicholson CF, Kaiser HM and Oltenacu PA (2004). Predicting nutritional requirements and lactation performance of dual-purpose cows using a dynamic model. *Agricultural Systems* 80:67.83.
24. Romo-Bacco CE, Arturo GV, Carranza TRG, Cámara CJ, Zavala AMP, Flores AE y Espinosa GJA (2014). Brechas de rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(3): 273-290.

25. Rojo-Rubio R, Vázquez-Armijo JF, Pérez-Hernández P, Mendoza-Martínez GD, Salem AZM, Albarrán-Portillo B, González-Reyna A, Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar S, Cardoso-Jiménez D, Dorantes-Coronado E. J, Gutiérrez-Cedillo JG (2009). Dual-purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 41:715-721.
26. Shamsuddin M, Goodger WJ, Hossein MS, Azizunnesa, Bennett T. and Nordlund K (2006). A survey to identify economic opportunities for smallholder dairy farms in Bangladesh. *Tropical Animal Health and Production* 38: 131-140.
27. SIAP-SAGARPA (2015). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-municipal-pecuario/> (10 febrero 2015).
28. SIAP-SAGARPA (2013). Panorama de la lechería en México 2013. Disponible en [http://www.siap.gob.mx/wp-content/.../boletinleche/Bbolet\\_4totrim2013.pdf](http://www.siap.gob.mx/wp-content/.../boletinleche/Bbolet_4totrim2013.pdf). (10 noviembre 2014).
29. Tegebu FN, Mathijs E, Deckers J, Haile M, Nyssen J, Tollens E (2012). Rural livestock asset portfolio in northern Ethiopia: a microeconomic analysis of choice and accumulation. *Tropical Animal Health and Production* 44:133-144.
30. Tinoco-Magaña JC, Aguilar-Pérez CF, Delgado-León R, Magaña-Monforte JG, Ku-Vera J. and Herrera-Camacho J (2012). Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1073-1078.

31. USDA (2015). Meat Price Spreads. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/data-products/meat-price-spreads.aspx>" (10 febrero 2015).
32. Vilaboa AJ y Díaz RP (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas de ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 4: 427-437.
33. Banco de México (2018). Dólar interbancario. Disponible en: [https://www.banamex.com/economia\\_finanzas/es/divisas\\_metales/dolar\\_interbancario](https://www.banamex.com/economia_finanzas/es/divisas_metales/dolar_interbancario). ht. (30 de Enero 2018).
- 34.

## Tablas y Figuras

Tabla 1. Características estructurales de las unidades de producción doble propósito

*Table 1. Structural characteristics of dual-purpose production units*

<b>Variable</b>	<b>DPL</b>	<b>DPT</b>	<b>DPC</b>	<b>Promedio</b>	<b>EEM</b>
Numero de UP	17,00	29,00	21,00	67,00	
% sobre el total de UP	25,40	43,30	31,30	100,00	
Antigüedad de la UP	48,40	63,10	52,70	56,10	4,00
Edad del ganadero*	59,70	59,70	57,20	58,90	1,60
Unidad de trabajo año (UTA)*	1,80	1,60	1,00	1,50	0,10
% mano de obra familiar	82,50	91,70	95,60	90,60	2,30
% mano de obra contratada	17,50	8,30	4,40	9,40	2,30
Superficie de tierra*	39,40	58,00	66,10	55,80	6,80
% Propiedad	83,00	81,90	90,90	85,50	2,74
% Arrendamiento	17,00	18,10	9,10	14,50	2,74
% Superficie forrajera	86,50	88,50	96,90	90,60	1,47
% Cultivos agrícolas	13,50	11,50	3,10	8,80	1,47
Número de vacas	24,50	26,10	15,20	22,30	2,34

UP = unidad de producción; DPL = Unidades de producción doble propósito leche; DPT = Unidades de producción doble propósito tradicional; DPC unidades de producción doble propósito carne; UTA = Unidades de Trabajo Año.

Tabla 2. Ventas e ingresos promedio en las unidades de producción doble propósito (\$USD<sup>□</sup>)

*Table 2. Sales and mean income in the dual-purpose productions units (\$USD)*

<b>Variable</b>	<b>DPL</b>	<b>DPT</b>	<b>DPC</b>	<b>Promedio</b>	<b>EEM</b>	<b>P</b>
Bovinos	8.205,04	6.840,66	5.751,66	6.846,92	1.226,69	0,761 <sup>NS</sup>
Leche y queso	7.585,44 <sup>c</sup>	1.339,34 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2.503,44	463,14	0,000 <sup>*</sup>
Otras ventas	0,00	18,78	18,78	12,52	6,26	0,370 <sup>NS</sup>
Subsidios ganadería	87,62 <sup>a</sup>	438,10 <sup>b</sup>	112,66 <sup>a</sup>	250,34	50,07	0,001 <sup>*</sup>
Ingreso total *	15.878,10 <sup>b</sup>	8.636,88 <sup>a</sup>	5.883,10 <sup>a</sup>	9.613,23	1.408,19	0,022 <sup>*</sup>

Literales <sup>a, b, c</sup> en fila, muestran diferencias significativas entre grupos (P<0.05); EEM= Error estándar de la media; DPL = Unidades de producción doble propósito leche; DPT = Unidades de producción doble propósito tradicional; DPC unidades de producción doble propósito con orientación a la producción de carne. <sup>□</sup>Se consideró el tipo de cambio de US\$1= MX\$15.9779 DE 2015 (Banco de México, 2018).

Tabla 3. Indicadores de rendimiento y manejo en las unidades de producción doble propósito

*Table 3. Indicators of performance and management in the dual-purpose production units*

Variable	DPL	DPT	DPC	Media	EEM	P
% Ingresos de venta de ganado/IT	51,68 <sup>a</sup>	79,20 <sup>ab</sup>	97,77 <sup>b</sup>	71,22	3,20	0,000*
% Ingresos de leche y queso/IT	47,77 <sup>c</sup>	15,51 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	26,05	3,03	0,000*
% Otras ventas y subsidios/IT	0,55 <sup>a</sup>	5,29 <sup>b</sup>	2,23 <sup>ab</sup>	2,73	0,88	0,001*
% Vacas en ordeña/vacas totales	34,00 <sup>c</sup>	10,70 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	14,9	17,10	0,000*
Animales vendidos	17,82	19,16	11,17	16,31	2,19	0,120 <sup>NS</sup>
L leche/vaca/día	5,28 <sup>c</sup>	2,66 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,83	0,35	0,000*
Leche total vendida <sup>-1</sup> (.000 L)	16,32 <sup>c</sup>	2,16 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,91	0,84	0,000*
% Leche cruda/leche vendida	54,49 <sup>b</sup>	5,89 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	16,38	4,37	0,000*
% Leche para queso/leche vendida	45,51 <sup>b</sup>	94,11 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	69,81	6,01	0,000*
Kg de queso <sup>-1</sup>	625,26 <sup>c</sup>	208,73 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	271,08	58,05	0,001*

Literales <sup>a, b, c</sup> diferentes en fila, muestran diferencias significativas entre grupos (P<0.05);

EEM= Error estándar de la media; DPL = Unidades de producción doble propósito leche;

DPT = Unidades de producción doble propósito tradicional; DPC unidades de producción doble propósito carne. IT = ingreso total; L = litro; .000 = miles de litros.

Tabla 4. Costes de producción en las unidades de producción doble propósito (\$USD)

*Table 4. Production costs in the dual-purpose production units (\$USD)*

Variable	<i>DPL</i>	<i>DPT</i>	<i>DPC</i>	Promedio	EEM	<i>P</i>
Coste total (CT)	7.203,70	3.235,72	4.230,84	4.550,03	901,24	0,210 <sup>NS</sup>
% alimentación	75,90 <sup>b</sup>	68,30 <sup>a</sup>	70,40 <sup>a</sup>	70,80	3,00	0,002 <sup>*</sup>
% sanitarios	2,60	10,20	8,60	7,80	1,40	0,108 <sup>NS</sup>
% instalaciones	3,80	8,00	7,80	6,90	1,10	0,311 <sup>NS</sup>
% mano de obra	12,10	7,50	8,90	9,10	2,30	0,752 <sup>NS</sup>
% compra de animales	5,00	3,40	3,40	3,80	1,30	0,872 <sup>NS</sup>
% utillaje	0,60	2,60	0,90	1,60	0,70	0,443 <sup>NS</sup>

Literales <sup>a, b, c</sup> diferentes en fila, muestran diferencias significativas entre grupos ( $P < 0.05$ );

EEM= Error estándar de la media; DPL = Unidades de producción doble propósito leche;

DPT = Unidades de producción doble propósito tradicional; DPC unidades de producción

doble propósito carne. Se consideró el tipo de cambio de US\$1= MX\$15.9779 DE 2015

(Banco de México, 2018).

Tabla 5. Principales indicadores económicos en las unidades de producción doble propósito

*Table 5. The main economic indicators in the dual-purpose production units*

<b>Variable</b>	<b>DPL</b>	<b>DPT</b>	<b>DPC</b>	<b>Promedio</b>	<b>EEM</b>	<b>P</b>
MB <sup>-1</sup>	8.674,48 <sup>b</sup>	5.407,47 <sup>ab</sup>	1.652,28 <sup>a</sup>	5.056,98	1.114,04	0,050*
MN <sup>-1</sup>	8.593,12 <sup>b</sup>	4.963,11 <sup>ab</sup>	1.539,63 <sup>a</sup>	4.812,90	1.114,04	0,050*
MN ha <sup>-1</sup>	425,59 <sup>b</sup>	125,17 <sup>a</sup>	50,07 <sup>a</sup>	181,50	31,29	0,000*
MN vaca <sup>-1</sup>	538,24 <sup>b</sup>	206,54 <sup>a</sup>	93,88 <sup>a</sup>	256,60	50,07	0,001*
MN L leche <sup>-1</sup>	0,33 <sup>c</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,19	0,02	0,000*

Literales <sup>a, b, c</sup> diferentes en fila, muestran diferencias significativas entre grupos (P<0.05);

EEM= Error estándar de la media; DPL = Unidades de producción doble propósito leche;

DPT = Unidades de producción doble propósito tradicional; DPC unidades de producción

doble propósito carne; MB = margen bruto; MN = margen neto; L = litro.

#### 7.4. CAPÍTULO CUATRO.

### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y SU CONTRIBUCIÓN A LA GANADERÍA EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO

Jovel Vences Pérez<sup>1</sup>, Carlos Galdino Martínez García<sup>1</sup>, Ernesto Morales Almaraz<sup>1</sup>, Benito Albarrán Portillo<sup>1</sup>, Darwin Heredia Nava<sup>2</sup> y Anastacio García Martínez<sup>1\*</sup>.  
Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara.

#### Resumen

El cultivo de maíz se distribuye a nivel mundial y es una importante fuente de proteína y energía para la ganadería y el consumo humano. La producción de maíz se asocia a la ganadería para incrementar las sinergias entre ambos sistemas y requiere de prácticas específicas de acuerdo al ambiente en el que se desarrolla. Diversas prácticas realizadas en el cultivo de maíz y su aporte a la ganadería en el sur del estado de México no se han evidenciado. Por ello, el objetivo del trabajo fue describir el sistema de producción del cultivo de maíz y el aporte como alimento para ganado doble propósito. Para la recopilación de la información se utilizó una encuesta estructurada aplicada mediante entrevista directa a 57 productores de maíz y ganado bovino durante el año 2015. Los principales resultados mostraron que los productores cuentan con una superficie de 51.25 hectáreas, la superficie y un promedio de 4.03 hectáreas para la siembra del maíz y tienen hatos de 34.62 Unidades de Ganado bovino. Las actividades más realizadas durante el proceso de producción fueron; la tumba y quema, la fertilización y aplicación de insecticida, pizca y molienda de la cosecha. Los productores obtienen 4.66 toneladas de maíz por hectárea, el principal costo de producción lo representa la compra de fertilizantes y la cosecha. Los productos obtenidos fueron rastrojo, rastrojo molido con mazorca, ensilado, mazorca molida, grano, grano molido y hoja, que generaron un ingreso de 12,155.85 \$/ha<sup>-1</sup>, el costo de producción fue de 6,590.48 \$/ha<sup>-1</sup> y se obtuvo una utilidad de 5,565.37 \$/ha<sup>-1</sup>.

La utilización de los subproductos del maíz en la alimentación del ganado durante el periodo de sequía, reduce el costo de la dieta de \$4.15 a \$3.68/kg. El maíz aporta el 65% del suplemento utilizado en la UP para la alimentación del ganado. Se concluyó que el aporte de alimento del maíz y subproductos como alimento para el ganado en las UP, disminuye la compra de concentrados comerciales y los costos de alimentación (11.31%).

### **Introducción**

Las actividades agrícolas y ganaderas presentan un constante dinamismo (Nájera-Garduño *et al.*, 2016), aunque los sistemas de producción son afectados por factores agroclimáticos, sociológicos, económicos y ecológicos, que definen la orientación y el grado de especialización y, son determinantes para la continuidad de muchas unidades de producción (García-Martínez *et al.*, 2015). La interacción de la agricultura y la ganadería proporciona un doble beneficio; el grano, el forraje y los residuos de los cultivos, son utilizados como alimento para el ganado y, éstos integran nutrientes al suelo en forma de estiércol como fuente de materia orgánica (Damián-Huato *et al.*, 2010; Hellin *et al.*, 2013). Las sinergias entre los cultivos y el ganado ofrecen oportunidades para el manejo sostenible y obtención de alimento (carne o leche) para la población que requiere de estos productos en su alimentación (Herrero *et al.*, 2010). El cultivo del maíz, es un ejemplo de estas sinergias a nivel mundial y, tiene una doble función; es una importante fuente de ingresos y de seguridad alimentaria (Hellin *et al.* 2013). En México es el más representativo por su importancia, económica, social y cultural. Las principales variedades cultivadas son: i. maíz blanco que representa 87.0% de la producción nacional y se destina al consumo humano y. ii. maíz amarillo, que se destina a la industria para fabricación de alimento para la producción pecuaria, aunque solo cubre 24.0% del requerimiento nacional (SAGARPA, 2017). México es uno de los principales países consumidores de maíz en el mundo, después de E.U., China, U.E. y Brasil (FAOSTAT, 2016). Sin embargo, no cuenta con la capacidad para cubrir las necesidades nacionales y es uno de los principales países importadores

de maíz a nivel mundial. El USDA (2018), indica que al concluir la cosecha 2017-2018, México importará 16.5 millones de ton tanto de maíz amarillo como blanco, superior a Japón y la UE, por lo que sería el primer comprador mundial (USDA, 2018). Durante el ciclo 2015 la producción de maíz en México fue de 13.10 millones de toneladas (ton) de maíz forrajero y 24.69 millones de ton de grano (FIRA, 2016). Durante el ciclo productivo de 2017, se obtuvieron 16.27 millones de ton de maíz forrajero y 21.55 millones de ton de grano. Durante el periodo reportado, se observaron cambios mínimos en la producción total (SIAP, 2018). Mientras que la superficie sembrada de maíz durante el periodo 2015-2017 fue de 8,175,677.5 ha en promedio, aunque se notó una ligera reducción de 0.26% para 2017 (FAOSTAT, 2016, SIAP, 2018). Durante 2017, estados como Chiapas, Jalisco, Sinaloa, Veracruz, Puebla y Estado de México, representaron 46.4% de la superficie total sembrada, mientras que Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Sonora y Chiapas sobresalieron con 90.84% de la producción nacional total (SIAP, 2018). La mayor producción se obtiene de superficies con riego ( $5.38 \text{ ton/ha}^{-1}$ ) y menor en tierras de temporal ( $1.96 \text{ ton/ha}^{-1}$ ), no obstante que representan más del 79% de la superficie nacional total sembrada ( SIAP, 2018).

Bajo este enfoque, la producción de maíz se asocia a la ganadería (García-Martínez *et al.*, 2018) en diversos contextos productivos (M. Herrero, Thornton, Notenbaert, Wood, Msangi, Freeman, Bossio, Dixon, Peters, van de Steeg, et al. 2010) y como una importante fuente de alimento para el ganado (Hellin et al. 2013). Sin embargo pocos trabajos se han enfocado directamente sobre la importancia económica que tiene el maíz en la alimentación del ganado y en el ingreso económico agropecuario que supone la presencia del maíz y subproductos en las unidades de producción (UP). Diversos trabajos realizados en zonas de transición o en trópico seco, solo se han enfocado al estudio de la dinámica y tendencias de desarrollo (García-Martínez *et al.*, 2015), en la evaluación de la sustentabilidad (Vences-Pérez *et al.*, 2015) y en análisis económicos parciales de la ganadería (Puebla-Albiter *et al.*, 2015). En este sentido, la explicación y

compresión de las tendencias y limitantes de los sistemas de producción, se logra mediante la caracterización cualitativa y cuantitativamente de ciclos productivos completos (Ruiz y Oregui, 2001; García-Martínez *et al.*, 2018). Asimismo, aún se ha caracterizado el sistema de producción de maíz y cómo influye en las estrategias de alimentación de ganado doble propósito. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar y evaluar la importancia del maíz en la alimentación de ganado doble propósito en condiciones de trópico seco en el municipio de Tlatlaya, estado de México

## **Metodología**

### **Zona de estudio.**

El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado en la zona suroeste del Estado de México, México. Geográficamente se ubica en las coordenadas geográficas 18°22' y 18°41' N y 100°04' y 100°27' O, a una altitud entre 300 y 2,400 msnm. Su territorio asciende a 798.9 km<sup>2</sup>, que representan 3.5% total estatal (INEGI 2016). En la zona de mayor altitud se presenta un clima Cálido, subhúmedo (Aw1 (w) (i) g), con un porcentaje de precipitación en invierno menor a 5%. Las porciones centro y sur del municipio presentan predominantemente un clima Semicálido subhúmedo (A© w2 (w) (i) g). Una precipitación media anual de entre 100 y 1,500 mm y la temperatura media anual entre los 18 y 22 °C. El municipio se caracteriza como una región agrícola y ganadera y, entre 40% y 58% de la superficie total, se destinada a la siembra de maíz y pastos, para la alimentación del ganado. Durante 2015, la producción de ganado bovino en pie fue de 4,495 toneladas, representando el 91% de la producción municipal, seguido de la producción de ganado porcino y caprino (7%, 2%), con un valor de 149,012 pesos (SIAP 2015)

### **Recolección y análisis de la información.**

La información se recopiló mediante una encuesta estructurada aplicada directamente a los productores. La muestra se obtuvo aleatoriamente de acuerdo

$$n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)}$$

a la ecuación descrita por Henández et al. (2014) como se menciona a continuación:

Donde:  $n$  = tamaño de la muestra.  $N$  = Tamaño de la población.  $0.1$  = error estándar, determinado por el investigador. En este sentido, el número de productores en el Municipio de Tlatlaya fue de 160 unidades de producción (UP). Por lo que al aplicar la formula se obtuvo una muestra de 61.5 unidades de producción. Se encuestaron a 61 ganaderos. En este estudio solo se incluyó información del de los productores de ganado bovino que siembran maíz  $n=57$  que corresponde al 93% de la muestra anterior. La estratificación de las unidades de producción (UP) se realizó mediante la prueba de Sturges:  $K = 1 + 3.322 \text{ Log } (n)$ .

## Resultados.

**Características socioeconómicas de las UP.** Las UP tienen más de 57 años de antigüedad. La familia está integrada por 4 miembros. Los productores con estudios de primaria y sin estudios representan el mayor porcentaje (47.37%, 28.07%), un porcentaje más bajo de productores solo estudio la secundaria, bachillerato y licenciatura (12.28 %, 1.75%,10.53%), la principal profesión que destaco fue la de profesor.

La edad más frecuente de los productores se encuentra entre los 46 y 75 años de edad, los productores jóvenes menores los 30 representan solo 1.8% (Figura 1)

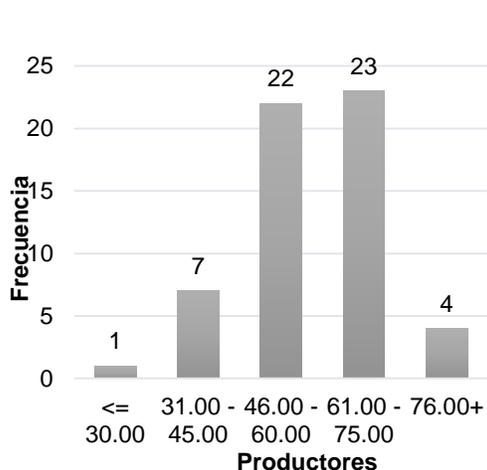


Figura 1. Edades de los productores

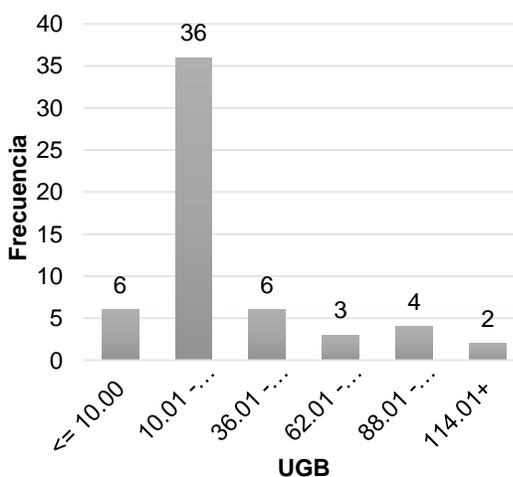
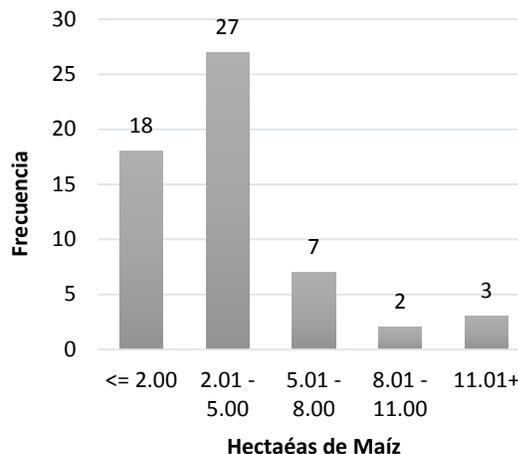
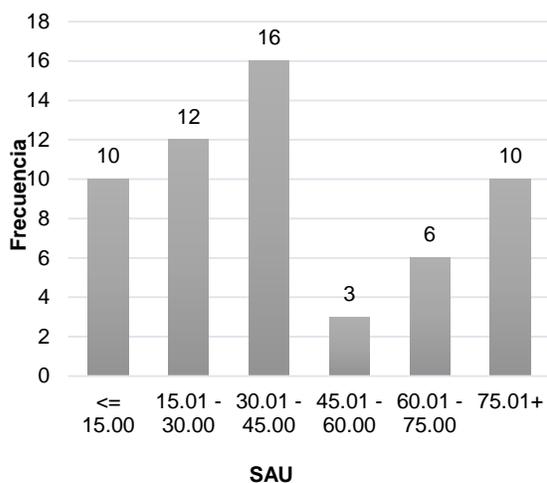


Figura 2. Unidades de ganado bovino (UGB)

**Hato.** El hato de ganado bovino con mayor frecuencia se encuentra entre 10 y 36 UGB. Hay más de 6 productores con hatos superiores a las 80 UGB (Figura 2).

**Superficie y aprovechamientos.** La Superficie Agrícola Útil (SAU) es la superficie promedio total, la SAU se conforma por la superficie para agostadero, superficie agroforestal, superficie agrícolas (SA) y superficie forrajera (SF). Los productores cuentan con 51.25 has en promedio y se divide en más de 4 parcelas. El mayor número de productores cuentan con 15 y 45 has de SAU (Figura 2).



**Figura 3. Frecuencia de Superficie agrícola Útil** **Figura 4. Superficie destinada la siembra de maíz**

La superficie de agostadero fue de 20.83 has y el monte agroforestal de 6.27 has. Ambas superficies son utilizadas para el pastoreo del ganado durante la época de lluvias, también para extraer postes para los cercos de las parcelas, leña y otros productos.

La superficie forrajera fue de 19.79 has, está representada por el pasto llanero (*Andropogon gayanus*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), brachiarias como, pasto insurgente y pasto mulato (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*), pasto Tanzania (*Panicum máximum*), pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

La superficie agrícola fue de 4.36 has, los productores siembran 0.33 has de sorgo y 4.03 has de maíz. El mayor número de productores siembra entre 2 y 5 has de maíz (Figura 3).

**El cultivo de maíz.** La siembra de maíz, se hace durante el temporal de lluvias, las fechas en que se realiza esta actividad inician desde el 15 de junio hasta el 30 de julio. El 59.65% de los productores utiliza el sistema de monocultivo, el resto de productores prefiere la siembra asociada del maíz con el frijol y la calabaza (0.08 y 0.11 has).

Para la siembra de maíz los productores utilizan semillas de maíz criollo (17.54%), mejorado (56.14%) y ambos tipos de semilla (26.32%), siendo la semilla de maíz mejorado la que más se utiliza.

En cuanto a las principales actividades de manejo que realizan los productores durante la siembra del cultivo de maíz. Desde la preparación del terreno, el tipo de siembra, fertilización y control de plagas y cosecha (Cuadro1).

Actividades como la tumba y quema, siembra manual, primera y segunda aplicación de fertilizante, primera aplicación de insecticida, la pizca, y moler la cosecha son las actividades que más practican los productores en las unidades de estudio analizadas.

**Cuadro 1. Actividades realizadas durante el ciclo productivo del cultivo de maíz**

Actividad	Frecuencia	Porcentaje (%)
<b>Preparación del terreno</b>		
Tumba	39	68.42
Rastra	8	14.0
Surcado	10	17.5
Otra actividad	6	10.5
<b>Tipo de siembra</b>		
Manual	49	86.0
Mecánica	8	14.0
<b>Fertilización y control de plagas</b>		
Primera aplicación de fertilizante	55	96.5
Segunda aplicación de fertilizante	54	94.7
Tercera aplicación de fertilizante	3	5.3
Primera aplicación de insecticida	47	82.5
Segunda aplicación de insecticida	10	17.5
Corte de malezas	23	40.4
Aplicación de estiércol	7	12.3
<b>Cosecha</b>		
Pizca	47	82.5
Acarreo de la cosecha	14	24.6
Moler la cosecha	46	80.7
Deshojar		
<i>Manual</i>	14	24.6
<i>Mecánica</i>	2	3.5
<i>Otro tratamiento</i>	41	71.9
<b>Otro</b>		
<i>Cortar caña</i>	3	5.3
<i>Ensilar</i>	6	10.5

**Costos de producción del maíz.** Los costos de producción del cultivo de maíz están conformados por dos rubros, el costo de las actividades realizadas durante el ciclo de producción y el costo de los insumos utilizados para las diferentes actividades realizadas en el cultivo de maíz.

El costo de los insumos utilizados en el cultivo de maíz comprende el 61% de los costos totales, y representa el mayor porcentaje de los costos, en cambio, las actividades solo representan el 39% de los costos. La mano de obra familiar (MOF) es descontada del costo final, ya que este representa un costo de oportunidad en las UP estudiadas, el aporte de la mano de obra familiar disminuye 37% del costo total de las actividades realizadas.

**Cuadro 2. Costo de producción de las actividades realizadas en el maíz**

Costo/Hectárea		Promedio
Preparación del terreno	\$	725.54
Siembra	\$	577.34
Control de malezas	\$	349.75
Fertilización	\$	585.61
Control de plagas	\$	253.42
Actividades culturales	\$	184.82
Cosecha	\$	1,840.85
Total Actividades	\$	4,517.34
Aporte de la Mano de Obra familiar	\$	1,967.78
<b>Total- MOF</b>	<b>\$</b>	<b>2,549.56</b>

MOF= Mano de Obra familiar

El costo de los insumos está integrado por una amplia variedad y marcas de productos que utilizan los productores. En el caso de la semilla se pueden

encontrar diferentes variedades comerciales de semillas de maíz que utilizan este grupo de productores entre ellas se pueden encontrar variedades como tornado, pioneer, pioneer amarillo, maíz cuatero y pantera, entre otros.

Entre los herbicidas más utilizados por los productores se encuentran los siguientes: los preemergentes como el Gesapax, los que atacan a hoja ancha y angosta, como el gramoxone, tordon, antorcha y sistémicos como faena y coloso.

En el caso de los fertilizantes, los productores utilizan los nitrogenados como la urea, sulfato de amonio. En el caso de fertilizantes que aportan fosforo, el más representativo fue el súper fosfato de calcio simple, como fuente de potasio se utiliza el cloruro de potasio. Los insecticidas más utilizados por los productores se encuentra el foley, paration, malatión, karate y lorsban.

**Cuadro 3. Costo de producción de los insumos utilizados en el cultivo de maíz**

Costo/Hectárea		Promedio
Semilla	\$	474.26
Herbicidas	\$	508.52
Fertilizante	\$	2,929.29
Insecticida	\$	128.84
<b>Total Insumos</b>	<b>\$</b>	<b>4,040.92</b>

**Ingresos y rendimientos obtenidos del cultivo de maíz.** El rendimiento de la producción de maíz se conforma por los diferentes subproductos obtenidos de la cosecha del maíz, los subproductos obtenidos fueron; grano, grano molido, hoja, mazorca molida, mazorca molida con rastrojo, ensilado. El subproducto más obtenido de la cosecha fue la mazorca molida. De total de productores, 59% cosechan la mazorca y la muelen. Este subproducto es el que más se utiliza dentro de las dietas del ganado bovino, mezclado con los concentrados o bien para ofrecerlo solo durante la época de estiaje.

El grano de maíz también fue uno de los subproductos que obtuvo el 47.40% de los productores, este subproducto representa el 17% de la producción total cosechada, no se incluyó dentro del alimento ofrecido como suplemento para el ganado bovino, se consideró como parte del autoconsumo del hogar y como alimento para gallinas, cerdos y otros animales. La producción del grano genera un ahorro de más de 13,000\$ (Cuadro 4).

Los subproductos como el ensilado y grano molido fueron cosechados por el 14% de productores, seguido del rastrojo molido con mazorca y rastrojo con el 8.80% de los productores que cosechan estos subproductos y, solo 7% cosecho la hoja de mazorca.

El mayor número de productores obtuvo una producción menor a las 3 toneladas por hectárea y 28.10% que obtuvo entre 3 y 6 toneladas por hectárea (Figura 6).

El rendimiento general del maíz fue de 4.6 toneladas/ha con un valor equivalente a 12,155.85\$, con un costo por hectárea de 6,590.48\$. Esto genera a los productores una utilidad por hectárea de 5,565.37\$.

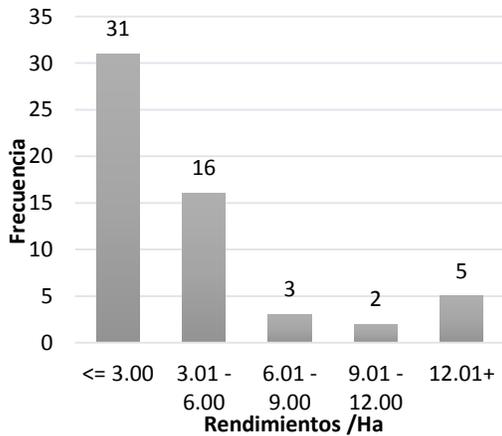


Figura 5. Rendimiento del cultivo de maíz/ha

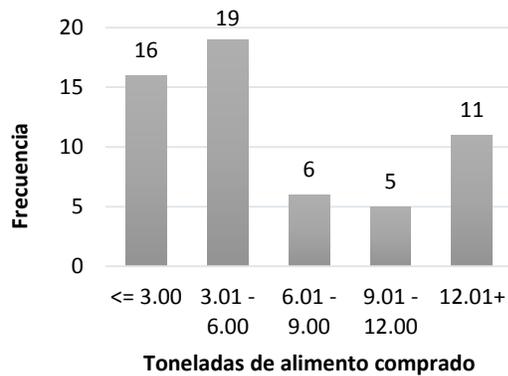


Figura 6. Toneladas de alimento compradas

**Compra anual de alimentos comerciales.** El alimento comprado incluye una gran variedad de productos, desde forrajes, concentrados comerciales, fuentes de proteína y minerales. El alimento comprado es utilizado principalmente en la época de estiaje cuando hay escases de alimentos, este se combina con algunos de los

subproductos obtenidos de la cosecha de maíz mencionados anteriormente. De total de productores, 33.30% compra de 3 a 6 toneladas de alimentos comerciales, seguido del 28.10% que compra menos de 3 toneladas de alimentos y 19.30% que compra más de 12 toneladas. El costo del alimento comprado anualmente es superior a los \$66,000.00 y este valor aumentaría hasta \$104,835.16 si el maíz fuera comprado y no producido por el productor, en cambio solo supone un gasto de \$92,900.19 cuando se siembra el cultivo de maíz y es por esa razón que el costo de la dieta puede disminuir de \$4.15 a \$3.68.

En promedio se llega a ofrecer anualmente alrededor de 278 Kg de suplemento por unidad de ganado bovino, el promedio general de UGB fue 34.62. Además de que el 17% de la producción es utilizado para el autoconsumo del hogar, esto genera un ahorro de más de \$13,000.

**Cuadro 4. Aporte del cultivo de maíz a la ganadería y a la unidad de producción**

<b>indicadores</b>	<b>Promedio</b>
Costo total de la siembra de maíz (\$)	26,343.54
Alimento comprado (kg)	8,817.06
Costo del alimento comprado (\$)	66,556.65
Aporte del cultivo de maíz a la UP (kg)	19,795.79
Valor del aporte del cultivo maíz a la UP (\$)	38,278.51
Maíz utilizado para el autoconsumo del hogar (kg)	3,381.75
Valor del maíz utilizado para el autoconsumo del hogar (\$)	13,527.02
Alimento comprado y maíz producido (kg)	25,231.10
Costo de producción más costo de compra de alimento (\$)	92,900.19
Valor de la producción más costo de compra del alimento (\$)	104,835.16
Costo de la dieta con la siembra de maíz (\$)	3.68
Costo de la dieta sin la siembra de maíz (\$)	4.15

## **Discusión**

### **Características del sistema de producción de maíz en el sur del estado de México**

Este estudio muestra que el cultivo de maíz en la zona sur del Estado de México se practica bajo un sistema convencional. Es decir predomina el uso de insumos externos para las diferentes actividades realizadas como el método de labranza, siembra, control de la maleza, fertilización y control de plagas (Cox and Cherney 2018). A pesar de ser un sistema convencional, los productores de la región de estudio desconocen el paquete tecnológico recomendado por la INFAP para la región (INFAP 2017). Aplicar este paquete tecnológico permitiría tener una referencia para el uso óptimo de los insumos y las practicas más adecuadas.

La transmisión de conocimientos y tecnología que se utiliza en el cultivo de maíz puede ser influenciada por intercambio de experiencias entre productores, de aquellas tecnologías, prácticas y productos que dieron buenos resultados en cierto

momento (Damián *et al.*, 2013). Las condiciones geográficas también puede influir en la similitud de las practicas realizadas (Vásquez *et al.*, 2017).

De la misma manera, las diferencias entre los rendimientos obtenidos, pueden estar relacionados con los diferentes paquetes tecnológicos utilizados en cada localidad de estudio, como señalan el trabajo realizado por Damián *et al.* (2013) así como también, pueden relacionarse con las diferentes condiciones del suelo y clima (Tinoco-Rueda *et al.*, 2011).

Es importante enfatizar que los subproductos obtenidos del maíz (grano, grano molido, rastrojo, rastrojo con mazorca, hoja, ensilado y mazorca molida) es diversificado por los productores. La cosecha de la mazorca sin brácteas alcanza 148.70 gr y 251.70 gr con brácteas y puede sumar 546.70 gr con el peso de la planta, lo cual influye en el incremento del rendimiento de los subproductos y la variación de los rendimientos obtenidos (Sánchez *et al.*, 2013). La cosecha de diferentes subproductos para el ganado es una característica que diferencia a los sistemas de agroganaderos con un sistema especializado solo en siembra maíz (Damián *et al.*, 2013) y de esta manera se generan los patrones de utilización del maíz en los diferentes sistemas de producción (Viveros *et al.*, 2010). Otra característica del sistema de agricultura estudiado fue la disponibilidad de superficie forrajera y para agostadero, ya que representa una oportunidad para diversificar los cultivos, las actividades y productos obtenidos e incrementar la pluractividad y diversidad de ingresos de la UP (Osorio *et al.*, 2015)

### **Aporte del cultivo de maíz a la ganadería**

El maíz disminuye el costo del suplemento para el ganado bovino de \$4.15 a \$3.68. En la región sur del estado de México, el maíz es una importante fuente de alimento para el ganado, es por eso que el sistema de producción agrícola y ganadero, incrementa las sinergias en ambos sistemas (M. Herrero, Thornton, Notenbaert, Wood, Msangi, Freeman, Bossio, Dixon, Peters, van de Steeg, et al. 2010)

En la zona de estudio los productores tienen un déficit en la producción de maíz, debido a eso compran otros subproductos del maíz o concentrados comerciales, a diferencia de otros estados del país donde el cultivo de maíz genera ingresos extras, sobre todo cuando la producción permite cubrir las necesidades de maíz de la UP (Hellin et al. 2013).

En este sentido es importante identificar las tecnologías utilizadas, subproductos obtenidos y la superficies que se destinan al cultivo u otros aprovechamiento, permitirá incrementar la producción de maíz y así cubrir el déficit que se presenta en algunas UP. Además, es importante considerar la implementación de estrategias que permitan una mayor autonomía de la UP (Cox and Cherney 2018)

Por otra parte la incorporación de los residuos del maíz suele hacerse cuando los productores no cuentan con ganado para que consuma el rastrojo de maíz (Vásquez Cruz et al. 2017). Sin embargo en este estudio ningún productor deja los residuos para incorporarlos como materia orgánica, ya que son pastoreados y consumidos por el ganado bovino, cuando no son cosechados. La mayoría de los productores, utiliza insumos externos. En este aspecto, hace falta capacitación a los productores que les permita trabajar bajo un enfoque que requiera de un menor uso de estos insumos, optimizar su aprovechamiento y un manejo integral para lograr una producción sustentable (Cox and Cherney 2018)

### **Conclusiones**

Los productores de maíz de la zona de estudio practican un sistema de producción convencional. El cultivo de maíz aporta subproductos que son utilizados en la alimentación del ganado bovino y del hogar. Asimismo, el aprovechamiento del maíz y subproductos, cultivados en la propia UP, disminuye los costos de alimentación del ganado bovino y del hogar.

## Bibliografía

- Abbona, Esteban A., Santiago J. Sarandón, Mariana E. Marasas, and Marta Astier. 2007. "Ecological Sustainability Evaluation of Traditional Management in Different Vineyard Systems in Berisso, Argentina." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3–4). Elsevier: 335–45. doi:10.1016/j.agee.2006.08.001.
- Aceves Ruíz, Ernesto, Antonio Turrent Fernández, José I Cortés Flores, and Victor Volke Haller. 2002. "Comportamiento Agronómico Del Híbrido H-137 Y Materiales Criollos de Maíz En El Valle de Puebla." *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 339–47. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61025402.pdf>.
- Antonio Ávila, José. 2001. "El Mercado de Los Fertilizantes En México/Situación Actual Y Perspectivas." *Problemas Del Desarrollo* 32 (127). Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México: 189–207. doi:10.2307/43839036.
- Arellano Vicente, Isaí, René Pinto Ruíz, Francisco Guevara Hernández, Luis Reyes Muro, David Hernández Sánchez, Alejandro Ley De Coss, and Isaí Arellano Vicente. 2016. "Caracterización Del Uso Directo Del Rastrojo de Maíz (Zea Mays L.) Por Bovinos\* Characterization of the Direct Use of Stover Maize (Zea Mays L.) for Bovine." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Rev. Mex. Cienc. Agríc* 77 (5). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 1117–29. <http://www.redalyc.org/html/2631/263146723012/>.
- Awika, Joseph M. 2011. "Major Cereal Grains Production and Use around the World." In *ACS Symposium Series*, 1089:1–13. doi:10.1021/bk-2011-1089.ch001.
- Banaeian, Narges, and Morteza Zangeneh. 2011. "Study on Energy Efficiency in Corn Production of Iran." *Energy* 36 (8). Elsevier Ltd: 5394–5402. doi:10.1016/j.energy.2011.06.052.
- Bell, Lindsay W., and Andrew D. Moore. 2012. "Integrated Crop-Livestock Systems in Australian Agriculture: Trends, Drivers and Implications." *Agricultural*

- Systems. doi:10.1016/j.agsy.2012.04.003.
- Bern, Switzerland. 2006. *Sustainable Agriculture Proceedings and Outputs of the First Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA), A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa From Common Principles to Common Practice Sustainable Agriculture: From Common Principles to Common Practice*. <http://www.iisd.org/measure/connecting/infasa/>.
- Bilalis, Dimitrios, Panoraia Eirini Kamariari, Anestis Karkanis, Aspasia Efthimiadou, Antonis Zorpas, and Ioanna KAKabouki. 2013a. "Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under Mediterranean Conditions." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94.
- . 2013b. "Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under Mediterranean Conditions." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94. doi:10.15835/NBHA4119081.
- Blanco-Canqui, Humberto, and R. Lal. 2009. "Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability." *Soil Science Society of America Journal* 73 (2). Soil Science Society: 418. doi:10.2136/sssaj2008.0141.
- Blanco, Carlos A., José Guadalupe Pellegaud, Urbano Nava Camberos, David Lugo Barrera, Paulina Vega Aquino, Jesús Coello, Antonio P. Terán Vargas, and Jesús Vargas Camplis. 2014. "Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs." *Journal of Integrated Pest Management* 5 (4). Oxford University Press: 1–9. doi:10.1603/IPM14006.
- Calker, K J Van, P B M Berentsen, G W J Giesen, and R B M Huirne. 2001. "Method for Measuring Sustainability in Dairy Farming." *Third International Conference on Ecosystems and Sustainable Development ECOSUD 2001* 10: 69–78. [www.witpress.com](http://www.witpress.com).

- Chaudhari, Pravin D. 2013. "A Review on Nose-to-Brain Drug Delivery." *Agrociencia* 2 (1). Colegio de Postgraduados: 516–25.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000200002).
- CICOPLAFEST. 2004. "Comisión Intersecretarial Para El Control Del Proceso Y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes Y Sustancias Toxicas." 1991, 4–48.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/listDependencia.php?idEst=386&poder=ejecutivo&liberado=no>.
- Cox, William, and Jerome Cherney. 2018. "Agronomic Comparisons of Conventional and Organic Maize during the Transition to an Organic Cropping System." *Agronomy* 8 (7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 113.  
 doi:10.3390/agronomy8070113.
- Dal Ferro, Nicola, Giuseppe Zanin, and Maurizio Borin. 2017. "Crop Yield and Energy Use in Organic and Conventional Farming: A Case Study in North-East Italy." *European Journal of Agronomy* 86 (May). Elsevier: 37–47.  
 doi:10.1016/j.eja.2017.03.002.
- Damián-Huato, M A, B Ramírez-Valverde, A Aragón-García, M Huerta-Lara, J Sangerman-Jarquín, and O Romero-Arenas. 2010. "Manejo Del Maíz En El Estado de Tlaxcala, México: Entre Lo Convencional Y Lo Agroecológico." *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 6 (2): 67–76.  
<http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-n2-1-manejo-del-maiz-en-el-estado-de-tlaxcala.pdf>.
- Damián-Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez-Valverde, Agustín Aragón-García, and Jesús Francisco López-Olguín. 2011. "Diversificación Económica, Siembra de Maíz Y Rendimientos de Los Productores Del Estado de Tlaxcala, México." *Economía, Sociedad Y Territorio* 11 (36). El Colegio Mexiquense A.C.: 513–37.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212011000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000200009).

- Damián Huato, Miguel A, Artemio Cruz Leon, Benito Ramirez Valverde, Omar Romero Arenas, Sergio Moreno Limón, and Luis Reyes Muro. 2013. "Maíz, Alimentación Y Productividad: Modelo Tecnológico Para Productores de Temporal de México." *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo* 10 (2): 157–76. <http://www.colpos.mx/asyd/volumen10/numero2/asd-12-023.pdf>.
- Damián Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez Valverde, Filemón Parra Inzunza, Juan Alberto Paredes Sánchez, Abel Gil Muñoz, Jesús Francisco Lopéz Olgún, and Artemio Cruz León. 2007. "Tecnología Agrícola Y Territorio: El Caso de Los Productores de Maíz de Tlaxcala, México." *Investigaciones Geográficas* 63: 188–4611. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n63/n63a4.pdf>.
- Denoia, J., and S. Montico. 2010. *Balance de Energía En Cultivos Hortícolas a Campo En Rosario, Argentina. Ciencia, Docencia Y Tecnología*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335007>.
- Denoia, Julio, María S Vilche, Sergio Montico, Beatriz Tonel, and Néstor Di Leo. 2006. "Análisis Descroptivo de La Evolución de Los Tecnológicos Difundidos En El Distrito Zavalla ( Santa Fe ) Desde Una Perspectiva Energética." *Ciencia, Docencia Y Tecnología* 33 (33). Secretaría de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y de Formación de Recursos Humanos, y la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Entre Ríos: 209–26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503309>.
- Erenstein, Olaf. 2002. "Crop Residue Mulching in Tropical and Semi-Tropical Countries: An Evaluation of Residue Availability and Other Technological Implications." *Soil and Tillage Research* 67 (2). Elsevier: 115–33. doi:10.1016/S0167-1987(02)00062-4.
- . 2003. "Smallholder Conservation Farming in the Tropics and Sub-Tropics: A Guide to the Development and Dissemination of Mulching with Crop Residues and Cover Crops." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100 (1). Elsevier: 17–37. doi:10.1016/S0167-8809(03)00150-6.
- Erenstein, Olaf, Umar Farooq, R.K. Malik, and Muhammad Sharif. 2008. "On-Farm

- Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice–wheat Systems.” *Field Crops Research* 105 (3). Elsevier: 240–52. doi:10.1016/J.FCR.2007.10.010.
- Erenstein, Olaf, and Vijay Laxmi. 2008. “Zero Tillage Impacts in India's Rice–wheat Systems: A Review.” *Soil and Tillage Research* 100 (1–2). Elsevier: 1–14. doi:10.1016/J.STILL.2008.05.001.
- Espinoza-Ortega, A., E. Espinosa-Ayala, J. Bastida-López, T. Castañeda-Martínez, and C. M. Arriaga-Jordán. 2007. “Small-Scale Dairy Farming in the Highlands of Central Mexico: Technical, Economic and Social Aspects and Their Impact on Poverty.” *Experimental Agriculture* 43 (2). Cambridge University Press: 241–56. doi:10.1017/S0014479706004613.
- Fadul-Pacheco, Liliana, Michel A. Wattiaux, Angélica Espinoza-Ortega, Ernesto Sánchez-Vera, and Carlos M. Arriaga-Jordán. 2013. “Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico during the Rainy Season.” *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37 (8). Taylor & Francis: 882–901. doi:10.1080/21683565.2013.775990.
- Fallis, A.G. 2013. “PC-020-2005 Pliego de Condiciones Para El Uso de La Marca Oficial México Calidad Suprema En Tomate.” *SAGARPA - BANCOMEXT - SE*. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- FAOSTAT. 2016. “Food and Agriculture Organization of the United Nations.” <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Faruq Golam. 2011. “Grain Yield and Associated Traits of Maize (*Zea Mays* L.) Genotypes in Malaysian Tropical Environment.” *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* 6 (28). Academic Journals: 6147–54. doi:10.5897/AJAR11.1331.
- FIRA. 2016. “Panorama Agroalimentario | Maíz 2016.” *Panorama Agroalimentario*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf).
- Garcés, Adelaida, Lorena Berrio, Santiago Ruiz, Guillermo Serna, and Andrés

- Builes. 2004. "Ensilaje Como Fuente de Alimentación Para El Ganado." *Revista Lasallista de Investigación* 1 (1): 66–71. doi:10.1007/s00244-013-9975-4.
- García Martínez, Anastacio, Benito Albarrán Portillo, and Francisca Avilés Nova. 2015. "Dinámicas Y Tendencias de La Ganadería Doble Propósito En El Sur Del Estado de México." *Agrociencia*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/55529402.pdf>.
- Ghadban, Elias, Salma Talhouk, Mabelle Chedid, and Shady K. Hamadeh. 2013. "Adapting a European Sustainability Model to a Local Context in Semi-Arid Areas of Lebanon." In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 251–58. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_17.
- Gibson, Robert B. 2006. "Sustainability Assessment: Basic Components of a Practical Approach." *Impact Assessment and Project Appraisal* 24 (3). Taylor & Francis Group : 170–82. doi:10.3152/147154606781765147.
- Guevara, F, L A Rodríguez, V Saraoz, M La O, H Gómez, R Pinto, María Fonseca, B Ruiz, and J Nahed. 2013. "Balance Energético Del Sistema Local de Producción de Bovinos de Engorde En Tecpatán, Chiapas, México." *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47 (4).  
<http://www.redalyc.org/pdf/1930/193029815006.pdf>.
- Gwartz, Jeffrey A., and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. "Processing Maize Flour and Corn Meal Food Products." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1). Wiley/Blackwell (10.1111): 66–75. doi:10.1111/nyas.12299.
- Häni, Fritz, Francesco Braga, Andreas Stämpfli, Thomas Keller, Matthew Fischer, and Hans Porsche. 2003. "RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level." *International Food and Agribusiness Management Review* 6 (4). <https://www.semanticscholar.org/paper/RISE-%2C-a-Tool-for-Holistic-Sustainability-at-the-Häni-Braga/3a0ef93001aef24015e067fae2edf651a9ef4f42>.

- Harvey, Mark. 2014. "The Food-Energy-Climate Change Trilemma: Toward a Socio-Economic Analysis." Edited by David Tyfield and John Urry. *Theory, Culture & Society* 31 (5). SAGE PublicationsSage UK: London, England: 155–82. doi:10.1177/0263276414537317.
- Havlik, P., Hugo Valin, Mario Herrero, Michael Obersteiner, Erwin Schmid, Mariana C Rufino, Aline Mosnier, et al. 2014. "Climate Change Mitigation through Livestock System Transitions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (10): 3709–14. doi:10.1073/pnas.1308044111.
- Hellin, Jon, Olaf Erenstein, Tina Beuchelt, Carolina Camacho, and Dagoberto Flores. 2013. "Maize Stover Use and Sustainable Crop Production in Mixed Crop-Livestock Systems in Mexico." *Field Crops Research* 153: 12–21. doi:10.1016/j.fcr.2013.05.014.
- Henández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, and María del Pilar Baptista Lucio. 2014. *Metodología de La Investigación*. Edited by MC Graw Hill. Sexta. USA.
- Hernández, JLG, IO Castillo, ES Sosa, and CV Vázquez. 2010. "FILOSOFÍA, DESARROLLO Y ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA: EL CASO DE MÉXICO." *Faz.ujed.mx*, 9.  
[http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO/17.5.1 ARTICULOS/91 Garcia et al Agrofaz 2010.pdf](http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION%20AL%20CONOCIMIENTO/17.5.1%20ARTICULOS/91%20Garcia%20et%20al%20Agrofaz%202010.pdf).
- Hernández, Miguel Angel Sánchez, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sánchez Hernández, María Concepción Jiménez Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. "Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). INIFAP: 271–88.  
<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3188/2613>.

- Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. Van De Steeg, et al. 2010. "Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems." *Science*. doi:10.1126/science.1183725.
- Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. van de Steeg, et al. 2010. "Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems." *Science* 327 (5967): 822–25. doi:10.1126/science.1183725.
- Herrero, Mario, and Philip K Thornton. 2013. "Livestock and Global Change: Emerging Issues for Sustainable Food Systems." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (52): 20878–81. doi:10.1073/pnas.1321844111.
- INEGI. 2017. "Encuesta Nacional Agropecuaria 2017."  
<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encagro/ena/2017/>.
- INEGI, (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2016. "Censo Agrícola, Ganadero Y Forestal 2007."  
[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados\\_agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx).
- INIFAP. 2017. "Agenda Tecnológica Estado de México 2017."  
[https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?%2F%2F=AT](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?%2F%2F=AT).
- Jansen, Constantin, and Thomas Lübberstedt. 2012. "Turning Maize Cobs into a Valuable Feedstock." *Bioenergy Research*. Springer-Verlag. doi:10.1007/s12155-011-9158-y.
- Keleman, A., J. Hellin, and M. R. Bellont. 2009. "Maize Diversity, Rural Development Policy, and Farmers' Practices: Lessons from Chiapas, Mexico." *The Geographical Journal*. WileyThe Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers). doi:10.2307/40205267.
- Lardy, Greg. 2011. "Utilizing Corn Residue in Beef Cattle Diets." Vol. 1548.  
<https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/utilizing-corn-residue-in-beef->

cattle-diets/as1548.pdf.

- López-Ridaura, S, O Masera, and M Astier. 2002. "Evaluating the Sustainability of Complex Socio-Environmental Systems. The MESMIS Framework." In *Ecological Indicators*, 2:135–48. Elsevier. doi:10.1016/S1470-160X(02)00043-2.
- Lorzadeh, SH., A. Mahdavidamghani, M. R Enayatgholizadeh, and M. Yousefi. 2012. "Research of Energy Use Efficiency for Maize Production Systems in Izeh, Iran." *Acta Agriculturae Slovenica* 99 (2). Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani: 137–42. doi:10.2478/v10014-012-0013-4.
- M'Hamdi, Naceur, Rafik Aloulou, Mouna Hedhly, and Mohamed Ben Hamouda. 2009. "Évaluation de La Durabilité Des Exploitations Laitières Tunisiennes Par La Méthode IDEA." *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 13 (2): 221–28. <http://www.pressesagro.be/base/text/v13n2/221.pdf>.
- Mason, Stephen C., and Nora E. D'croz-Mason. 2002. "Agronomic Practices Influence Maize Grain Quality." *Journal of Crop Production* 5 (1–2). Taylor & Francis Group : 75–91. doi:10.1300/J144v05n01\_04.
- McKevith, Brigid. 2005. "Nutritional Aspects of Oilseeds." *Nutrition Bulletin*. doi:10.1111/j.1467-3010.2005.00472.x.
- Meul, Marijke, Frank Nevens, Dirk Reheul, and Georges Hofman. 2007. "Energy Use Efficiency of Specialised Dairy, Arable and Pig Farms in Flanders." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (1–2). Elsevier: 135–44. doi:10.1016/j.agee.2006.07.002.
- Munandar, Munandar, F Gustiar, Yakup Yakup, R Hayati, and A I Munawar. 2015. "Crop-Cattle Integrated Farming System: An Alternative of Climatic Change Mitigation." *Media Peternakan* 38 (2): 95–103. doi:10.5398/medpet.2015.38.2.95.
- Muñoz-Tlahuiz, Faviola, Juan De Dios Guerrero-Rodríguez, Pedro Antonio López, Abel Gil-Muñoz, Higinio López-Sánchez, Enrique Ortiz-Torres, J. Arahón Hernández-Guzmán, Oswaldo Taboada-Gaytán, Samuel Vargas-López, and

- Mario Valadez-Ramírez. 2013. "Producción de Rastrojo Y Grano de Variedades Locales de Maíz En Condiciones de Temporal En Los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (4): 515–30. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n4/v4n4a9.pdf>.
- Nahed, José, José Palma, and Eliel González. 2014. "La Adaptación Como Atributo Esencial En El Fomento de Sistemas Agropecuarios Resilientes." *Avances En Investigación Pecuaria* 18 (3). Universidad de Colima: 7–34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353002>.
- Nájera-Garduño, Adriana de L., Rocio Piedra-Matias, Benito Albarrán-Portillo, and Anastacio García-Martínez. 2016. "Cambios En La Ganadería Doble Propósito En El Trópico Seco Del Estado de México." *Agrociencia* 50 (6). Colegio de Postgraduados: 701–10. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30247467004>.
- Naylor, Rosamond, Henning Steinfeld, Walter Falcon, James Galloway, Vaclav Smil, Eric Bradford, Jackie Alder, and Harold Mooney. 2005. "Losing the Links between Livestock and Land." *Science*. doi:10.1126/science.1117856.
- Nuss, Emily T., and Sherry A. Tanumihardjo. 2010. "Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Wiley/Blackwell (10.1111). doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x.
- Osorio García, Nemesio, Higinio López Sánchez, Benito Ramírez Valverde, Abel Gil Muñoz, and Nicolás Gutiérrez Rangel. 2015. "Producción de Maíz Y Pluriactividad de Los Campesinos En El Valle de Puebla, México." *Nova Scientia* 7 (14). Universidad De La Salle Bajío: 577–600. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052015000200577](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000200577).
- Ozkan, Burhan, Cemal Fert, and C. Feyza Karadeniz. 2007. "Energy and Cost Analysis for Greenhouse and Open-Field Grape Production." *Energy* 32 (8). Pergamon: 1500–1504. doi:10.1016/j.energy.2006.09.010.
- Parent, Diane, Valérie Bélanger, Anne Vanasse, Guy Allard, and Doris Pellerin.

2013. "Method for the Evaluation of Farm Sustainability in Quebec, Canada: The Social Aspect." In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 239–50. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_16.
- Patel, P. G., Rangapara Dineshkumar, and A. C. Bhut. 2017. "Energy Requirement for Kharif Maize Cultivation in Panchmahal District of Gujarat." *International Journal of Agricultural Engineering* 10 (1): 146–51. <http://www.isholar.in/index.php/ljae/article/view/156733>.
- PDMT. 2016. "Plan de Desarrollo Municipal de Tlatlaya."
- Pimentel, David, and Marcia Pimentel. 2003a. "World Population, Food, Natural Resources, and Survival." *World Futures* 59 (3–4): 145–67. doi:10.1080/02604020310124.
- . 2003b. "Sustainability of Meat-Based and Plant-Based Diets and the Environment." In *American Journal of Clinical Nutrition*, 78:660S–663S. Oxford University Press. doi:10.1093/ajcn/78.3.660S.
- Pimentel, David, Marcia Pimentel, and Marianne Karpenstein-machan. 1999. "ENERGY USE IN AGRICULTURE : AN OVERVIEW." *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, January. International Commission of Agricultural Engineering, 1–32. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1044/1037>.
- Puebla Albitar, Sergio, Samuel Rebollar Rebollar, Benito Albarrán Portillo, Anastacio García Martínez, and Carlos Manuel Arriaga Jordán. 2015. "Análisis Técnico Económico de Sistemas de Bovinos Doble Propósito En Tejupilco, Estado de México, En La Época de Secas." *Investigación Y Ciencia* 23 (65). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Dirección General de Asuntos Académicos, Departamento de Apoyo a la Investigación y Educación Continua: 13–19. <http://www.redalyc.org/html/674/67443217002/>.
- Purroy Vásquez, Rubén, Felipe Gallardo López, Pablo Díaz Rivera, Eusebio Ortega Jiménez, Silvia López Ortiz, and Glafiro Torres Hernández. 2016.

- “Flujo Energético-Económico Como Herramienta Para Tipificar Agroecosistemas En El Centro Del Estado de Veracruz, México.” *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios* 3 (7). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: 91–101. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100009).
- Rahman, Sanzidur, and Md. Sayedur Rahman. 2013. “Energy Productivity and Efficiency of Maize Accounting for the Choice of Growing Season and Environmental Factors: An Empirical Analysis from Bangladesh.” *Energy* 49 (1): 329–36. doi:10.1016/j.energy.2012.10.042.
- Ranum, Peter, Juan Pablo Peña-Rosas, and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. “Global Maize Production, Utilization, and Consumption.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1): 105–12. doi:10.1111/nyas.12396.
- Ruiz Vega, Jaime, Niurka Mena Mesa, Fidel Diego Nava, and Miguel Herrera Suárez. 2015. “Productivity and Energy Efficiency of Three Tillage Systems for Maize (*Zea Mayz* L.) Production.” *Revista Facultad de Ingenieria* 2015 (76): 66–72. doi:10.17533/udea.redin.n76a08.
- Russelle, Michael P, Martin H Entz, and Alan J Franzluebbbers. 2007. “Reconsidering Integrated Crop-Livestock Systems in North America.” In *Agronomy Journal*, 99:325–34. doi:10.2134/agronj2006.0139.
- Salas-Reyes, Isela Guadalupe, Carlos Manuel Arriaga-Jordán, Samuel Rebollar-Rebollar, Anastacio García-Martínez, and Benito Albarrán-Portillo. 2015. “Assessment of the Sustainability of Dual-Purpose Farms by the IDEA Method in the Subtropical Area of Central Mexico.” *Tropical Animal Health and Production* 47 (6): 1187–94. doi:10.1007/s11250-015-0846-z.
- Samavatean, Naeimeh, Shahin Rafiee, Hossein Mobli, and Ali Mohammadi. 2011. “An Analysis of Energy Use and Relation between Energy Inputs and Yield, Costs and Income of Garlic Production in Iran.” *Renewable Energy* 36 (6). Pergamon: 1808–13. doi:10.1016/j.renene.2010.11.020.
- Sami, Móslem, Mohammad Javad Shiekhiekhdavooidi, and Morteza Almassi.

2014. "Analysis of Energy and Greenhouse Gas Balance as Indexes for Environmental Assessment of Wheat and Maize Farming: A Case Study." *Acta Agriculturae Slovenica* 103 (2): 191–201. doi:10.14720/aas.2014.103.2.4.
- Sánchez Hernández, Miguel Angel, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sanchez Hernández, María Concepción Jiménez Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. "Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 271–88.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300002).
- Šarauskis, Egidijus, Sidona Buragiene, Laura Masilionyte, Kestutis Romaneckas, Dovile Avižienyte, and Antanas Sakalauskas. 2014. "Energy Balance, Costs and CO<sub>2</sub> Analysis of Tillage Technologies in Maize Cultivation." *Energy* 69: 227–35. doi:10.1016/j.energy.2014.02.090.
- Sharma, Peeyush, Vikas Abrol, and R. K. Sharma. 2011. "Impact of Tillage and Mulch Management on Economics, Energy Requirement and Crop Performance in Maize-Wheat Rotation in Rainfed Subhumid Inceptisols, India." *European Journal of Agronomy* 34 (1). Elsevier: 46–51.  
doi:10.1016/j.eja.2010.10.003.
- Shekoofa, Avat, Yahya Emam, Navid Shekoufa, Mansour Ebrahimi, and Esmaeil Ebrahimie. 2014. "Determining the Most Important Physiological and Agronomic Traits Contributing to Maize Grain Yield through Machine Learning Algorithms: A New Avenue in Intelligent Agriculture." Edited by Maria Anisimova. *PLoS ONE* 9 (5). Public Library of Science: e97288.  
doi:10.1371/journal.pone.0097288.
- SIAP. 2015. "Cierre de La Producción Pecuaria Por Municipio."  
[http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx\\_gobmx/apecmpio.jsp?id=3](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/apecmpio.jsp?id=3).

- . 2017. “Producción Ganadera | Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera | Gobierno | Gob.mx.” <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>.
- . 2018. “Avance de Siembras Y Cosecha. Resumen Nacional Por Estado.” [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do).
- Singh, Rajesh Kumar, H. R. Murty, S. K. Gupta, and A. K. Dikshit. 2012. “An Overview of Sustainability Assessment Methodologies.” *Ecological Indicators*. Elsevier. doi:10.1016/j.ecolind.2011.01.007.
- Tabari, Masoud, Hamed Yosef-Zadeh, Kambiz Espahbodi, and Gholam Ali Jalali. 2008. “The Effect of Seed Source on the Leaf Morphology of *Acer Velutinum* (Boiss.) Seedlings.” *Taiwan Journal of Forest Science* 23 (1): 13–19. doi:10.1073/pnas.1308149110.
- Thornton, Philip K, Polly J Ericksen, Mario Herrero, and Andrew J Challinor. 2014. “Climate Variability and Vulnerability to Climate Change: A Review.” *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.12581.
- Thornton, Philip K, and Mario Herrero. 2010. “Potential for Reduced Methane and Carbon Dioxide Emissions from Livestock and Pasture Management in the Tropics.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (46): 19667–72. doi:10.1073/pnas.0912890107.
- Tinoco Rueda, J. A., J. D. Gómez Díaz, and A. I. Monterroso Rivas. 2011. “Efectos Del Cambio Climático En La Distribución Potencial Del Maíz En El Estado de Jalisco, México.” *Terra Latinoamericana* 29 (2). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.: 161–168. <http://www.redalyc.org/html/573/57321257006/>.
- USDA, United States Department of Agriculture. 2018. “Corn Production by Country in 1000 MT - Country Rankings.” 2018. <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn>.
- Valbuena, Diego, Olaf Erenstein, Sabine Homann-Kee Tui, Tahirou Abdoulaye,

- Lieven Claessens, Alan J. Duncan, Bruno Gérard, et al. 2012. "Conservation Agriculture in Mixed Crop–livestock Systems: Scoping Crop Residue Trade-Offs in Sub-Saharan Africa and South Asia." *Field Crops Research* 132 (June). Elsevier: 175–84. doi:10.1016/J.FCR.2012.02.022.
- Vásquez Cruz, Marco Antonio, Ernesto Castañeda Hidalgo, Salvador Lozano Trejo, María Isabel Pérez León, Gisela Margarita Santiago Martínez, and Celerino Robles Perez. 2017. "CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA 1 [CHARACTERIZATION OF CORN CROP SYSTEMS IN THE REGIONS OF OAXACA STATE □]." *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 4 (1): 2007–9559.  
[http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE\\_vol\\_4\\_1\\_2017/3\\_RMAE\\_2017-07-Maíz.pdf](http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE_vol_4_1_2017/3_RMAE_2017-07-Maíz.pdf).
- Vences Pérez, Jovel, Adriana de Litz Nájera Garduño, Benito Albarrán Portillo, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Samuel Rebollar Rebollar, and Anastacio García Martínez. 2015. "Utilización Del Método IDEA Para Evaluar La Sustentabilidad En Unidades de Producción de Ganado Bovino." In *Sustentabilidad Productiva Sectorial Algunas Evidencias de Aplicación*, 15–39. Universidad Autónoma del Estado de México.  
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65577>.
- Vilain, Lionel., Kévin Boisset, Philippe Girardin, Anne Guillaumin, Christian Mouchet, Philippe Viaux, and Frédéric Zahm. 2008. *La Méthode IDEA : Indicateurs de Durabilité Des Exploitations Agricoles. Guide D'utilisation*. Educagri éd. <https://editions.educagri.fr/telechargement/4874-la-methode-idea-indicateurs-de-durabilite-des-exploitations-agricoles-edition-2008.html>.
- Viveros Flores, C. Emma, Abel Gil Muñoz, Pedro Antonio López, Benito Ramírez Valverde, Juan de Dios Guerrero Rodríguez, and Artemio Cruz León. 2010. "Patrones de Utilización Del Maíz En Unidades de Producción Familiar En El Valle de Puebla, México." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12 (3):

471–84. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93915170008.pdf>.

Wal, Hans Van der, John Duncan Golicher, Samuel Caudillo Caudillo, and Manuel Vargas Domínguez. 2006. “Desidades de Siembra, Rendimientos Y Area Requerida Para Maíz En La Agricultura de Roza, Tumba Y Quema En La Chinantla, México.” *Agrociencia* 40 (4): 449–60.

<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/jul-ago/art-4.pdf>.

Zahm, Frédéric, Philippe Viaux, Ljonel Vilain, Philippe Girardin, and Christian Mouchet. 2008. “Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method - From the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms.” *Sustainable Development* 16 (4): 271–81. doi:10.1002/sd.380.

SIAP. (2018). Avances de la producción nacional de maíz. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).

Consultado: 16 de octubre de 2018.

USDA. (2018). Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Disponible en: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>.

Consultado el 18 de octubre de 2018.

## 7.5. CAPITULO CINCO.

# SUSTENTABILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA GANADERÍA DOBLE PROPÓSITO DEL TRÓPICO SECO DEL ESTADO DE MÉXICO

Jovel Vences Pérez<sup>1</sup>, Ernesto Morales Almaráz<sup>2</sup>, Carlos Galdino Martínez García<sup>3</sup> y Anastacio García Martínez<sup>1\*</sup>.

Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300. Correo electrónico: angama.agm@gmail.com.

\*Autor para correspondencia.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50280.

Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50280.

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la ganadería doble propósito del trópico seco del Estado de México. La sustentabilidad es un complejo, que integra varios objetivos derivados de los cambios ocasionados por el hombre en el planeta. Para obtener la información se utilizó una encuesta estructurada aplicada a 28 productores de ganado doble propósito, que siembran maíz. Para el análisis de la sustentabilidad se utilizó el método IDEA, el cual está integrado por 42 indicadores distribuidos en 10 componentes que pertenecen a las tres escalas de la sustentabilidad: agro-ecológica, socio-territorial, económica. La escala que limita la sustentabilidad del sistema de producción de maíz es la escala económica. El cultivo de maíz contribuye a la sustentabilidad global del sistema de producción.

**Palabras clave;** Indicadores, Ganadería, Maíz, Escalas, sustentabilidad

## **Introducción**

El concepto de sustentabilidad integra aspectos sociales, económicos y ambientales respecto a las preocupaciones que tiene el ser humano sobre el soporte de la vida por el planeta (Gibson 2006). Ya que el aumento de la población humana ha incrementado la presión sobre los recursos naturales para que el ser humano pueda satisfacer sus necesidades y pueda seguir manteniendo su estilo de vida (Herrero and Thornton, 2013).

Las necesidades del ser humano han generado el trinomio alimento-energía-clima, estos tres conceptos se relacionan entre sí, el crecimiento en la demanda de alimentos genera una mayor dependencia de fuentes de energía fósil, que contribuyen al cambio climático a través del aumento de gases efecto invernadero generados por el hombre para obtener más alimentos y energía (Harvey 2014).

Es por eso que el concepto de sustentabilidad integra varios conceptos que preocupan al hombre, convirtiéndolo así, en un concepto complejo, que tiene varios objetivos a la vez (Abbona et al. 2007). Esto ha permitido que diferentes metodologías puedan ser utilizadas para medir la sustentabilidad, a través de indicadores (Singh et al. 2012).

Entre los diferentes métodos que se utilizan para medir la sustentabilidad se encuentran; MESMIS que fue elaborado en México (López, Masera, and Astier 2002), DELTA creado en Canada (Parent et al. 2013) SAFE en el mediterráneo (Parent et al. 2013) el árbol de la sustentabilidad agrícola utilizado en Francia (Bern 2006) RISE se ha utilizado en varias partes del mundo (Häni et al. 2003), método para medir la sustentabilidad en ganado lechero (Van Calker et al. 2001) y el método IDEA (Vilain et al. 2008).

En este trabajo se utilizó el método IDEA, este método ha sido ajustado a diferentes partes del mundo en Francia (Zahm et al. 2008), en México en sistemas de producción de bovinos lecheros a pequeña escala (Salas et al. 2015; Vences et al. 2015), en el Líbano en unidades de producción orgánica y convencional (Ghadban et al. 2013), en

diferentes sistemas de producción, como sistemas agrícolas o ganadero, ya que se puede ajustar condiciones del lugar donde se utilice.

Este trabajo se realizó en el trópico seco del Estado de México, que se caracteriza por el aprovechamiento extensivo de pastos y pastizales, donde se destina más del 37% de la superficie del Estado (García , Albarrán , and Avilés 2015). El ganado bovino doble propósito predomina en el sur del Estado con un aporte 12,701.90 toneladas en pie y 8,814.84 mil litros de leche (SIAP 2017).

Así mismo, el maíz es el principal cultivo de esta región, con una superficie sembrada y cosechada de 41,697.50 hectáreas, con un rendimiento 110,912.00 toneladas y con un valor de 410,955.21 mil pesos (SIAP 2017). El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustentabilidad del cultivo de maíz en un sistema de producción doble propósito, en el trópico seco del Estado de México.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio**

El trabajo se realizó en el municipio de Tlatlaya, localizado a 1 350 msnm al suroeste del Estado de México, México entre las coordenadas 18 ° 41' N y 100 ° 27' O. Tiene una extensión territorial de 798,92 km<sup>2</sup> que representa 3,55 % del territorio estatal. Predomina el clima Aw (w) (i) g o subtropical cálido, con temperaturas entre 22° y 36° C y precipitación anual promedio de 1. 270 mm (PDMT, 2016). El municipio de Tlatlaya se caracteriza por ser una región agrícola y ganadera, la superficie destinada para la siembra de maíz y pastos representa más del 40% y 58% de la superficie total, en el 2015 representó el 91% de la producción municipal, seguido de la producción de ganado porcino y caprino (7%, 2%), con un valor de 149,012 pesos (SIAP 2018).

### **Selección de la muestra**

De un total de 200 ganaderos registrados en la Asociación ganadera local, se obtuvo una muestra aleatoria ( $P < 0,05$ ) unidades de producción (UP) de acuerdo a (Henández et al., 2014). La información se obtuvo a través de encuestas

estructuradas aplicadas mediante entrevistas directas a 28 ganaderos y seguimientos técnico-económicos mensuales, durante enero a diciembre de 2015, para obtener datos de los principales eventos de manejo y gestión de las UP.

Para el análisis de la información se utilizó el método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles, en español: “Indicadores de la Sustentabilidad de las Explotaciones Agrícolas”) (Vilain et al. 2008). El método IDEA está integrado por 16 objetivos que pretenden alcanzar la sustentabilidad de los sistemas de producción, los objetivos se miden mediante tres escalas: socio-territorial, económica y agroecológica. Cada escala puede alcanzar un valor máximo de 100 puntos, la escala que obtiene el menor puntaje es la escala que limita la sustentabilidad global del sistema. Cada escala está integrada con tres a cuatro componentes que hacen un total de diez componentes. Cada componente está integrado por indicadores, en total son 42 indicadores. Algunos indicadores fueron modificados y ajustados a las normas mexicanas, ya que el método IDEA fue elaborado en Francia, en condiciones diferentes a México. Los indicadores modificados fueron; (B1) Procesos de calidad, este indicador se ajustó a la norma mexicana sobre la calidad de la leche (Fallis 2013) ;(A14) Pesticidas, se tomó en cuenta las especificaciones del CICOPAFEST (2004), los indicadores (C4 y C6) que corresponden a Sensibilidad a Ayudas y Eficiencia en el Proceso se determinaron de acuerdo al análisis de presupuestos parciales (Espinoza et al. 2007). Los indicadores Valorización y conservación del patrimonio genético (A4), Contribución a los desafíos ambientales (A9), Servicios y actitudes múltiples (B8), y Valorización del patrimonio y paisaje (B2), estos indicadores no se analizaron ya que no se cuenta con información suficiente para analizarlos

## **Resultados**

### **Características socioeconómicas de las unidades de producción**

Las unidades de producción cuentan con titulares con una edad de 58.03 años, con una superficie

agrícola de 38.31 has, con 38.81 UGB y con una 1.18 Unidades de trabajo al año.

### **Manejo y producción del cultivo de maíz**

La siembra de maíz se realiza durante la temporada de lluvia, del 15 al 30 de junio. En promedio siembran 4.62 has de maíz, para la siembra se utilizan variedades de maíz mejorado (39.29%), maíz criollo (17.86%) y ambos (42.86%).

### **Costos e Ingresos del cultivo de maíz y ganadería**

Los costos de producción están integrados por los costos del mantenimiento y el costo de insumos utilizados: el mantenimiento comprende las actividades realizadas durante la preparación del terreno, siembra, aplicación de herbicidas, fertilizantes, insecticidas y cosecha y costo de insumos está integrado por la compra de insumos externos desde herbicidas, fertilizantes, plaguicidas, insecticidas.

El costo del mantenimiento del maíz represento \$3,551.51/ha, siendo este el mayor de los costos de producción, la compra de insumos tuvo un costo de \$2,253.24/ha, con un costo total por hectárea de \$5,804.72.

El rendimiento está integrado por los diferentes subproductos obtenidos en la región (mazorca molida, rastrojo molido, rastrojo molido con mazorca, grano, grano molido, ensilado y hoja de mazorca). Los rendimientos fueron 3.36 toneladas/ha.

Los ingresos están integrados por el valor de la producción y subsidios. El valor de la producción fue de \$11,087.47/ ha, los subsidios que recibieron fueron de \$3,030/ha.

La utilidad fue obtenida de la resta de ingresos menos los costos de producción, sin considerar a los subsidios. La utilidad obtenida del maíz fue de \$5282.46/ha y una utilidad total de \$24,405.36 sin considerar subsidios

En cuanto a la ganadería, los costos anuales de producción fueron de \$51,689.97. Los ingresos de la ganadería corresponden a ingresos de la venta de ganado bovino, leche y quesos, ovinos, venta de aves y subsidios pecuarios. La venta de estas especies genera un ingreso anual de \$109,598.59 y \$21,000.00 de la venta de leche y queso, los subsidios pecuarios anualmente aportan \$7,048.97. Esto le genera una utilidad de \$79,303.79, sin considerar subsidios.

### **Análisis de la sustentabilidad del sistema de producción**

Aquellos indicadores con un puntaje menor al 50% por abajo del que le corresponde se consideraron como un riesgo para la sustentabilidad global del sistema.

#### ***Escala agroecológica***

Los indicadores que obtuvieron un puntaje más bajo fueron: A) Manejo de la materia orgánica: este indicador obtuvo una baja puntuación debido a que solo el 3.44% de los productores utilizan el estiércol del ganado, este recurso se queda sobre los corrales o lugares de descanso del ganado, además de que no se le dan un tratamiento a este recurso, como el compostaje o vermicompostaje.

A12) Fertilización: todos los productores utilizan alrededor de 98 kg de nitrógeno, también el 92.85 y 10.71kg de fósforo y potasio, ya que niveles por arriba de las cantidades mencionadas son penalizados dentro del método IDEA.

A14) Pesticidas: el uso de pesticidas para el control de plagas y hierbas durante el manejo del maíz es penalizado cuando se realizan por más de 9 aplicaciones, el mayor puntaje se puede lograr con el menor uso de pesticidas y el control biológico.

A15) Tratamientos veterinarios: El número de tratamientos veterinarios en promedio durante todo el año en las UP fue de 6.36 aplicaciones, el mayor puntaje se ve favorecido cuando se hace un número reducido de aplicaciones o por debajo de 0.5 aplicaciones.

**Cuadro 1. Indicadores de la escala agroecológica**

Indicadores	UP	Máximo
Diversidad de cultivos Anuales y Temporales	7.79	14.00
Diversidad de Cultivos Perennes	8.86	14.00
Diversidad animal	12.93	14.00
Rotación de los cultivos	7.57	8.00
Dimensión de las parcelas	3.54	6.00
Manejo de la materia orgánica	0.50	5.00
Zonas de regulación ecológica	6.50	12.00
Carga animal	4.14	5.00
Manejo de la superficie forrajera	2.14	3.00
Fertilización	0.04	8.00
Efluentes líquidos orgánicos	3.00	3.00
Pesticidas	1.18	13.00
Tratamientos veterinarios	0.21	3.00
Protección del suelo	2.36	3.00
Manejo del agua	3.86	4.00
Dependencia energética	9.71	10.00

UP= Unidades de Producción

#### ***Escala socio-territorial***

Los indicadores que obtuvieron el puntaje más bajo de la escala socio-territorial fueron:

B3) Calidad de la leche producida: para este indicador solo se consideraron las características nutricionales de la leche, no se hicieron análisis sanitarios de la leche. La leche producida fue clasificada como clase A, es decir dentro de los rangos normales de contenido de proteína y grasa, debido a que supera los 32gramos por litro.

B3) Manejo de los desechos inorgánicos: para este indicador se consideró la reutilización de materiales, como plásticos utilizados para los ensilados, invernaderos, hortalizas, pilas, neumáticos. El puntaje de este indicador fue afectado debido a que no hay una reutilización de estos materiales.

B4) Accesibilidad del espacio: las condiciones de las vías de acceso de este municipio se encuentran deficientes, lo que dificulta la compra y el transporte de insumos y mercancías.

**Cuadro 2. Escala socio-territorial**

	UP	Máximo
Calidad de la leche producida	3.00	10.00
Manejo de los desechos inorgánicos	2.00	5.00
Accesibilidad al espacio	1.00	5.00
Participación social	5.00	6.00
Redes cortas de comercialización o venta directa	6.00	7.00
Autonomía y aprovechamiento de los recursos locales	8.86	10.00
Contribución al empleo	4.32	6.00
Trabajo colectivo	2.00	5.00
Factibilidad de la sostenibilidad agropecuaria	2.04	3.00
Contribución al equilibrio alimentario mundial	10.00	10.00
Bienestar animal	3.00	3.00
Formación	1.36	6.00
Intensidad del trabajo	5.00	7.00
Calidad de vida	5.00	6.00
Aislamiento	2.82	3.00
Hospitalidad e higiene	4.00	4.00

UP= Unidades de producción

B10) Trabajo colectivo: el valor bajo de este indicador se debe a la falta de bancos de empleados u organizaciones que permitan mejorar las oportunidades de empleo del productor.

B14) Formación: el 35.31 de los productores no cuenta con estudios, el 64.65% cuenta con algún grado de estudios, además de que en este indicador la formación y capacitación constante de los productores genera un mayor puntaje.

### **Escala económica**

C2) Tasa de especialización: este indicador obtuvo un puntaje debido a que más del 78.03% de los productores obtiene ingresos de la venta de ganado bovino y el 20.35% proviene de la leche. Este indicador se ve favorecido cuando la UP integra diversas actividades que le generan ingresos, y en su defecto que el mayor porcentaje de ventas solo le corresponda el 25%.

C5) Transmisibilidad: el puntaje bajo de este indicador se debió a que las UP tienen un alto

valor, esto dificulta que la Up adquiera un nuevo dueño, y el alto grado de capitales dificulta su transmisibilidad.

**Cuadro 3. Escala económica**

Indicadores	UP	Máximo
Viabilidad económica	10.14	20.00
Tasa de especialización económica	1.29	10.00
Autonomía financiera	15.00	15.00
Sensibilidad a las ayudas	9.07	10.00
Transmisibilidad económica	0.00	20.00
Eficiencia del proceso productivo	13.25	25.00

UP=Unidades de producción

La escala que limita la sustentabilidad final de la Up en el sur del Estado de México fue la escala económica (Figura 1)

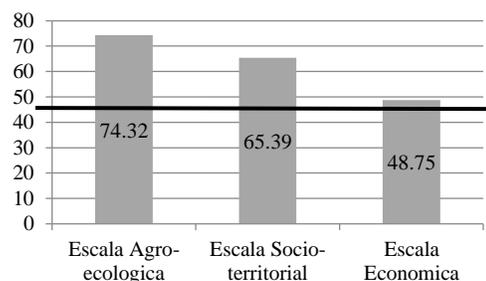


Figura 1. Puntuación final de las tres escalas

## **Discusión**

### **Análisis de la sustentabilidad**

La sustentabilidad global se encuentra limitada por la escala económica al igual que los resultados obtenidos en otras regiones del estado de México (Salas *et al.*, 2015).

En la escala agroecológica (M'Hamdi et al. 2009) en Tunes encontró bajos valores (6.03 puntos) en el indicador Diversidad de cultivos anuales y temporales. Para el caso de los sistemas de producción en la zona de estudio la puntuación se encuentra alrededor de los 8 puntos existe una diferencia de 1.56 puntos, lo que indica que en

estos sistemas existe una mayor diversidad de especies, en promedio es posible encontrar alrededor de 7 especies de cultivos agrícolas.

Respecto a la escala socio-territorial, Hamadi *et al.* (2009), reportó una baja puntuación debido principalmente al componente “empleo y servicio”, resultado de la falta de conocimiento y cumplimiento de las recomendaciones técnicas en las decisiones, en cambio los sistemas de producción analizados, el principal componente que obtuvo una baja puntuación fue el componente “calidad de los productos” debido a la ausencia del análisis completo de la calidad de la leche, así como también al manejo de los desechos inorgánicos y las deficiencias en las vías de comunicación, principalmente vías de acceso a las UP. (Fadul *et al.* 2013), reportó una puntuación de 53 puntos para el caso de sistemas de producción de leche en la zona norte del estado de México.

Finalmente en la escala económica, en el caso de los trabajos considerados como referencia, para el caso de Tunes, la escala fue afectada principalmente por los cambios constantes del precio de los productos en el mercado (Hamadi *et al.*, 2009), se encuentran sujetos a altos riesgos de enfermedades y plagas en los cultivos. A pesar de que el maíz es el mayor cultivo en México no se logrado producir bajo un enfoque de manejo integral de plagas (MIP), esta estrategia evita minimizar daños económicos y tiene bajos impactos ambientales, a través del uso indiscriminado de pesticidas. Además se esté enfoque permite la utilización de múltiples herramientas y tácticas basadas en la biología de plagas, estas a su vez son económicamente factibles (Blanco *et al.* 2014).

La viabilidad económica es afectada en gran medida por el grado de especialización de las UP, la diversificación y la integración de la ganadería y la agricultura se asocia positivamente con el incremento de oportunidades para percibir ingresos y permiten la reproducción socioeconómica de la UP, en cambio el reducido número de ventas y compradores afecta, debido a un contexto macroeconómico inestable, más aún en condiciones crediticias restrictivas que no permiten el financiamiento, comprometiendo así el equilibrio entre necesidades y recursos, obligando a buscar actividades complementarias no agropecuarias (García, Albarrán, and Avilés 2015), así también, aumentan el riesgo de la

desintegración de las UP y afectan negativamente la transmisibilidad de estas actividades.

A diferencia de los sistemas de producción analizados en este trabajo, en Tunes la transmisibilidad de la UP es relativamente mayor, lo que puede garantizar que sea heredada de generación en generación ya que el puntaje obtenido fue de 11 puntos. En relación el trabajo de Fadul *et al.* (2013), en esta escala la sustentabilidad de unidades de producción de leche, fue 43 puntos siendo la escala con el menor valor, similar al observado en este trabajo. Cabe destacar que una prolongada interrupción de la siembra de maíz por miembros de la familia puede dificultar la transmisión del conocimiento tradicional de la siembra de maíz y la actividades de la UP debilitando con ello su apropiado manejo (Damián *et al.* 2011)

En el indicador Autonomía Financiera se comporta similar en las dos regiones de México, encontrado mayores diferencias en el indicador Sensibilidad de ayudas ya que en el sur del estado las ayudas recibidas suponen solo 5% del ingreso total, mientras que en el norte de estado representan 9% del IT.

#### **El maíz y el ganado bovino doble propósito**

El maíz es una importante fuente de alimento para el ganado doble propósito en el trópico seco del estado de México. Debido a que los costos de alimentación continúan en aumento la siembra de maíz puede ser una alternativa para disminuirlos, de esta manera se puede disminuir la compra de concentrados comerciales (Lardy 2011) .

Los rendimientos obtenidos en el grupo de productores de maíz fue superior a las 4 toneladas, semejantes a los obtenidos en Puebla donde se obtuvieron rendimientos con un intervalo de 1.35 a 3.25 toneladas (Muñoz *et al.* 2013) en cambio en el Estado de Oaxaca los rendimientos variaron dependiendo del producto cosechado, del grano se obtienen rendimientos de 1.43 a 1.84 toneladas, y del rastrojo rendimientos de 4.13 a 5.95 toneladas (Ruiz *et al.* 2015).

Es importante resaltar que los productores obtienen una diversidad de subproductos del maíz, desde rastrojo, rastrojo molido con mazorca, mazorca molida, grano, grano molido, ensilado y hojas de mazorca. Esta heterogeneidad de subproductos puede influir en los diferentes rendimientos obtenidos entre los productores (Lardy 2011), ya que al cosechar la mazorca solamente puede ser diferente a cosechar el

rastrero con la mazorca, debido al contenido de materia seca y la proporción que representan (Hernández *et al.* 2013).

Como alternativa para combatir los efectos negativos de la producción convencional se han diseñado sistemas de producción que integran los principios de agricultura sustentable como la agricultura orgánica, agricultura biodinámica, agricultura ecológica, agroecología, permacultura (Hernández *et al.* 2010)

### Conclusión

El maíz es un importante recurso que contribuye a la puntuación final del sistema global entre ganado bovino y maíz. Mejorando la puntuación entre los indicadores diversidad de especies y viabilidad económica. Los indicadores que limitan la sustentabilidad de las UP fueron el manejo de la materia orgánica, utilización de pesticidas, frágiles procesos en la calidad de productos, escaso manejo de desechos inorgánicos, vías de acceso deficientes, reducido trabajo colectivo. También la escasa especialización de forma que la viabilidad económica y transmisibilidad de la UP están comprometidas.

### Referencias

- Abbona, Esteban A., Santiago J. Sarandón, Mariana E. Marasas, and Marta Astier. 2007. "Ecological Sustainability Evaluation of Traditional Management in Different Vineyard Systems in Berisso, Argentina." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3–4). Elsevier: 335–45. doi:10.1016/j.agee.2006.08.001.
- Aceves Ruíz, Ernesto, Antonio Turrent Fernández, José I Cortés Flores, and Victor Volke Haller. 2002. "Comportamiento Agronómico Del Híbrido H-137 Y Materiales Criollos de Maíz En El Valle de Puebla." *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 339–47. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61025402.pdf>.
- Antonio Ávila, José. 2001. "El Mercado de Los Fertilizantes En México/Situación Actual Y Perspectivas." *Problemas Del Desarrollo* 32 (127). Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México: 189–207. doi:10.2307/43839036.
- Arellano Vicente, Isaí, René Pinto Ruíz, Francisco Guevara Hernández, Luis Reyes Muro, David Hernández Sánchez, Alejandro Ley De Coss, and Isaí Arellano Vicente. 2016. "Caracterización Del Uso Directo Del Rastrojo de Maíz (Zea Mays L.) Por Bovinos\* Characterization of the Direct Use of Stover Maize (Zea Mays L.) for Bovine." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Rev. Mex. Cienc. Agríc* 77 (5). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 1117–29. <http://www.redalyc.org/html/2631/263146723012/>.
- Awika, Joseph M. 2011. "Major Cereal Grains Production and Use around the World." In *ACS Symposium Series*, 1089:1–13. doi:10.1021/bk-2011-1089.ch001.
- Banaeian, Narges, and Morteza Zangeneh. 2011. "Study on Energy Efficiency in Corn Production of Iran." *Energy* 36 (8). Elsevier Ltd: 5394–5402. doi:10.1016/j.energy.2011.06.052.
- Bell, Lindsay W., and Andrew D. Moore. 2012. "Integrated Crop-Livestock Systems in Australian Agriculture: Trends, Drivers and Implications." *Agricultural Systems*. doi:10.1016/j.agsy.2012.04.003.
- Bern, Switzerland. 2006. *Sustainable Agriculture Proceedings and Outputs of the First Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA), A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa From Common Principles to Common Practice Sustainable Agriculture: From Common Principles to Common Practice*. <http://www.iisd.org/measure/connecting/infasa/>.
- Bilalis, Dimitrios, Panoraia Eirini Kamariari, Anestis Karkanis, Aspasia Eftimiadou, Antonis Zorpas, and Ioanna Kakabouki. 2013a. "Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under

- Mediterranean Conditions.” *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94.
- . 2013b. “Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under Mediterranean Conditions.” *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94.  
doi:10.15835/NBHA4119081.
- Blanco-Canqui, Humberto, and R. Lal. 2009. “Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability.” *Soil Science Society of America Journal* 73 (2). Soil Science Society: 418.  
doi:10.2136/sssaj2008.0141.
- Blanco, Carlos A., José Guadalupe Pellegaud, Urbano Nava Camberos, David Lugo Barrera, Paulina Vega Aquino, Jesús Coello, Antonio P. Terán Vargas, and Jesús Vargas Camplis. 2014. “Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs.” *Journal of Integrated Pest Management* 5 (4). Oxford University Press: 1–9.  
doi:10.1603/IPM14006.
- Calker, K J Van, P B M Berentsen, G W J Giesen, and R B M Huirne. 2001. “Method for Measuring Sustainability in Dairy Farming.” *Third International Conference on Ecosystems and Sustainable Development ECOSUD 2001* 10: 69–78.  
www.witpress.com,.
- Chaudhari, Pravin D. 2013. “A Review on Nose-to-Brain Drug Delivery.” *Agrociencia* 2 (1). Colegio de Postgraduados: 516–25.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000200002).
- CICOPLAFEST. 2004. “Comisión Intersecretarial Para El Control Del Proceso Y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes Y Sustancias Toxicas.” 1991, 4–48.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/listDependencia.php?idEst=386&poder=ejecutivo&liberado=no>.
- Cox, William, and Jerome Cherney. 2018. “Agronomic Comparisons of Conventional and Organic Maize during the Transition to an Organic Cropping System.” *Agronomy* 8 (7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 113.  
doi:10.3390/agronomy8070113.
- Dal Ferro, Nicola, Giuseppe Zanin, and Maurizio Borin. 2017. “Crop Yield and Energy Use in Organic and Conventional Farming: A Case Study in North-East Italy.” *European Journal of Agronomy* 86 (May). Elsevier: 37–47. doi:10.1016/j.eja.2017.03.002.
- Damián-Huato, M A, B Ramírez-Valverde, A Aragón-García, M Huerta-Lara, J Sangerman-Jarquín, and O Romero-Arenas. 2010. “Manejo Del Maíz En El Estado de Tlaxcala, México: Entre Lo Convencional Y Lo Agroecológico.” *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 6 (2): 67–76.  
<http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-n2-1-manejo-del-maiz-en-el-estado-de-tlaxcala.pdf>.
- Damián-Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez-Valverde, Agustín Aragón-García, and Jesús Francisco López-Olguín. 2011. “Diversificación Económica, Siembra de Maíz Y Rendimientos de Los Productores Del Estado de Tlaxcala, México.” *Economía, Sociedad Y Territorio* 11 (36). El Colegio Mexiquense A.C.: 513–37.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212011000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000200009).
- Damián Huato, Miguel A, Artemio Cruz León, Benito Ramirez Valverde, Omar Romero Arenas, Sergio Moreno Limón, and Luis Reyes Muro. 2013. “Maíz, Alimentación Y Productividad: Modelo Tecnológico Para Productores de Temporal de México.” *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo* 10 (2): 157–76.  
<http://www.colpos.mx/asyd/volumen10/numero2/asd-12-023.pdf>.
- Damián Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez Valverde, Filemón Parra Inzunza, Juan Alberto Paredes Sánchez, Abel Gil Muñoz, Jesús Francisco López Olguín, and Artemio Cruz León. 2007. “Tecnología Agrícola Y

- Territorio: El Caso de Los Productores de Maíz de Tlaxcala, México.” *Investigaciones Geográficas* 63: 188–4611.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n63/n63a4.pdf>.
- Denoia, J., and S. Montico. 2010. *Balance de Energía En Cultivos Hortícolas a Campo En Rosario, Argentina. Ciencia, Docencia Y Tecnología*.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335007>.
- Denoia, Julio, María S Vilche, Sergio Montico, Beatriz Tonel, and Néstor Di Leo. 2006. “Análisis Descriptivo de La Evolución de Los Tecnológicos Difundidos En El Distrito Zavalla ( Santa Fe ) Desde Una Perspectiva Energética.” *Ciencia, Docencia Y Tecnología* 33 (33). Secretaría de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y de Formación de Recursos Humanos, y la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Entre Ríos: 209–26.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503309>.
- Erenstein, Olaf. 2002. “Crop Residue Mulching in Tropical and Semi-Tropical Countries: An Evaluation of Residue Availability and Other Technological Implications.” *Soil and Tillage Research* 67 (2). Elsevier: 115–33.  
 doi:10.1016/S0167-1987(02)00062-4.
- . 2003. “Smallholder Conservation Farming in the Tropics and Sub-Tropics: A Guide to the Development and Dissemination of Mulching with Crop Residues and Cover Crops.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100 (1). Elsevier: 17–37. doi:10.1016/S0167-8809(03)00150-6.
- Erenstein, Olaf, Umar Farooq, R.K. Malik, and Muhammad Sharif. 2008. “On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia’s Rice–wheat Systems.” *Field Crops Research* 105 (3). Elsevier: 240–52.  
 doi:10.1016/J.FCR.2007.10.010.
- Erenstein, Olaf, and Vijay Laxmi. 2008. “Zero Tillage Impacts in India’s Rice–wheat Systems: A Review.” *Soil and Tillage Research* 100 (1–2). Elsevier: 1–14.  
 doi:10.1016/J.STILL.2008.05.001.
- Espinoza-Ortega, A., E. Espinosa-Ayala, J. Bastida-López, T. Castañeda-Martínez, and C. M. Arriaga-Jordán. 2007. “Small-Scale Dairy Farming in the Highlands of Central Mexico: Technical, Economic and Social Aspects and Their Impact on Poverty.” *Experimental Agriculture* 43 (2). Cambridge University Press: 241–56.  
 doi:10.1017/S0014479706004613.
- Fadul-Pacheco, Liliana, Michel A. Wattiaux, Angélica Espinoza-Ortega, Ernesto Sánchez-Vera, and Carlos M. Arriaga-Jordán. 2013. “Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico during the Rainy Season.” *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37 (8). Taylor & Francis: 882–901.  
 doi:10.1080/21683565.2013.775990.
- Fallis, A.G. 2013. “PC-020-2005 Pliego de Condiciones Para El Uso de La Marca Oficial México Calidad Suprema En Tomate.” *SAGARPA - BANCOMEXT - SE*.  
 doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- FAOSTAT. 2016. “Food and Agriculture Organization of the United Nations.”  
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Faruq Golam. 2011. “Grain Yield and Associated Traits of Maize (*Zea Mays* L.) Genotypes in Malaysian Tropical Environment.” *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* 6 (28). Academic Journals: 6147–54. doi:10.5897/AJAR11.1331.
- FIRA. 2016. “Panorama Agroalimentario | Maíz 2016.” *Panorama Agroalimentario*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment\\_data/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf).
- Garcés, Adelaida, Lorena Berrio, Santiago Ruiz, Guillermo Serna, and Andrés Builes. 2004. “Ensilaje Como Fuente de Alimentación Para El Ganado.” *Revista Lasallista de Investigación* 1 (1): 66–71.  
 doi:10.1007/s00244-013-9975-4.
- García Martínez, Anastacio, Benito Albarrán Portillo, and Francisca Avilés Nova. 2015. “Dinámicas Y Tendencias de La Ganadería

- Doble Propósito En El Sur Del Estado de México.” *Agrociencia*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/55529402.pdf>.
- Ghadban, Elias, Salma Talhouk, Mabelle Chedid, and Shady K. Hamadeh. 2013. “Adapting a European Sustainability Model to a Local Context in Semi-Arid Areas of Lebanon.” In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 251–58. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_17.
- Gibson, Robert B. 2006. “Sustainability Assessment: Basic Components of a Practical Approach.” *Impact Assessment and Project Appraisal* 24 (3). Taylor & Francis Group : 170–82. doi:10.3152/147154606781765147.
- Guevara, F, L A Rodríguez, V Saraoz, M La O, H Gómez, R Pinto, María Fonseca, B Ruiz, and J Nahed. 2013. “Balance Energético Del Sistema Local de Producción de Bovinos de Engorde En Tecpatán, Chiapas, México.” *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47 (4). <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193029815006.pdf>.
- Gwartz, Jeffrey A., and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. “Processing Maize Flour and Corn Meal Food Products.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1). Wiley/Blackwell (10.1111): 66–75. doi:10.1111/nyas.12299.
- Häni, Fritz, Francesco Braga, Andreas Stämpfli, Thomas Keller, Matthew Fischer, and Hans Porsche. 2003. “RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level.” *International Food and Agribusiness Management Review* 6 (4). <https://www.semanticscholar.org/paper/RISE-a-Tool-for-Holistic-Sustainability-at-the-Häni-Braga/3a0ef93001aef24015e067fae2edf651a9ef4f42>.
- Harvey, Mark. 2014. “The Food-Energy-Climate Change Trilemma: Toward a Socio-Economic Analysis.” Edited by David Tyfield and John Urry. *Theory, Culture & Society* 31 (5). SAGE PublicationsSage UK: London, England: 155–82. doi:10.1177/0263276414537317.
- Havlik, P., Hugo Valin, Mario Herrero, Michael Obersteiner, Erwin Schmid, Mariana C Rufino, Aline Mosnier, et al. 2014. “Climate Change Mitigation through Livestock System Transitions.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (10): 3709–14. doi:10.1073/pnas.1308044111.
- Hellin, Jon, Olaf Erenstein, Tina Beuchelt, Carolina Camacho, and Dagoberto Flores. 2013. “Maize Stover Use and Sustainable Crop Production in Mixed Crop-Livestock Systems in Mexico.” *Field Crops Research* 153: 12–21. doi:10.1016/j.fcr.2013.05.014.
- Henández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, and María del Pilar Baptista Lucio. 2014. *Metodología de La Investigación*. Edited by MC Graw Hill. Sexta. USA.
- Hernández, JLG, IO Castillo, ES Sosa, and CV Vázquez. 2010. “FILOSOFÍA, DESARROLLO Y ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA: EL CASO DE MÉXICO.” *Faz.ujed.mx*, 9. <http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEV ALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO/17.5.1 ARTICULOS/91 Garcia et al Agrofaz 2010.pdf>.
- Hernández, Miguel Angel Sánchez, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sánchez Hernández, María Concepción Jiménez Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. “Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra.” *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). INIFAP: 271–88. <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3188/2613>.
- Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. Van De Steeg, et al. 2010. “Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems.” *Science*.

- doi:10.1126/science.1183725.
- Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. van de Steeg, et al. 2010. "Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems." *Science* 327 (5967): 822–25.  
doi:10.1126/science.1183725.
- Herrero, Mario, and Philip K Thornton. 2013. "Livestock and Global Change: Emerging Issues for Sustainable Food Systems." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (52): 20878–81.  
doi:10.1073/pnas.1321844111.
- INEGI. 2017. "Encuesta Nacional Agropecuaria 2017."  
<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encagro/ena/2017/>.
- INEGI, (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2016. "Censo Agrícola, Ganadero Y Forestal 2007."  
[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados\\_agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx).
- INIFAP. 2017. "Agenda Tecnológica Estado de México 2017."  
[https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?%2F%2F=AT](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?%2F%2F=AT).
- Jansen, Constantin, and Thomas Lübberstedt. 2012. "Turning Maize Cobs into a Valuable Feedstock." *Bioenergy Research*. Springer-Verlag. doi:10.1007/s12155-011-9158-y.
- Keleman, A., J. Hellin, and M. R. Bellont. 2009. "Maize Diversity, Rural Development Policy, and Farmers' Practices: Lessons from Chiapas, Mexico." *The Geographical Journal*. WileyThe Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers). doi:10.2307/40205267.
- Lardy, Greg. 2011. "Utilizing Corn Residue in Beef Cattle Diets." Vol. 1548.  
<https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/utilizing-corn-residue-in-beef-cattle-diets/as1548.pdf>.
- López-Ridaura, S, O Masera, and M Astier. 2002. "Evaluating the Sustainability of Complex Socio-Environmental Systems. The MESMIS Framework." In *Ecological Indicators*, 2:135–48. Elsevier.  
doi:10.1016/S1470-160X(02)00043-2.
- Lorzadeh, SH., A. Mahdavidamghani, M. R Enayatgholizadeh, and M. Yousefi. 2012. "Research of Energy Use Efficiency for Maize Production Systems in Izeh, Iran." *Acta Agriculturae Slovenica* 99 (2). Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani: 137–42. doi:10.2478/v10014-012-0013-4.
- M'Hamdi, Naceur, Rafik Aloulou, Mouna Hedhly, and Mohamed Ben Hamouda. 2009. "Évaluation de La Durabilité Des Exploitations Laitières Tunisiennes Par La Méthode IDEA." *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 13 (2): 221–28.  
<http://www.pressesagro.be/base/text/v13n2/221.pdf>.
- Mason, Stephen C., and Nora E. D'croz-Mason. 2002. "Agronomic Practices Influence Maize Grain Quality." *Journal of Crop Production* 5 (1–2). Taylor & Francis Group : 75–91.  
doi:10.1300/J144v05n01\_04.
- McKevith, Brigid. 2005. "Nutritional Aspects of Oilseeds." *Nutrition Bulletin*.  
doi:10.1111/j.1467-3010.2005.00472.x.
- Meul, Marijke, Frank Nevens, Dirk Reheul, and Georges Hofman. 2007. "Energy Use Efficiency of Specialised Dairy, Arable and Pig Farms in Flanders." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (1–2). Elsevier: 135–44.  
doi:10.1016/j.agee.2006.07.002.
- Munandar, Munandar, F Gustiar, Yakup Yakup, R Hayati, and A I Munawar. 2015. "Crop-Cattle Integrated Farming System: An Alternative of Climatic Change Mitigation." *Media Peternakan* 38 (2): 95–103.  
doi:10.5398/medpet.2015.38.2.95.
- Muñoz-Tlahuiz, Faviola, Juan De Dios Guerrero-Rodríguez, Pedro Antonio López, Abel Gil-Muñoz, Higinio López-Sánchez, Enrique

- Ortiz-Torres, J. Arahón Hernández-Guzmán, Oswaldo Taboada-Gaytán, Samuel Vargas-López, and Mario Valadez-Ramírez. 2013. "Producción de Rastrojo Y Grano de Variedades Locales de Maíz En Condiciones de Temporal En Los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (4): 515–30.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n4/v4n4a9.pdf>.
- Nahed, José, José Palma, and Eliel González. 2014. "La Adaptación Como Atributo Esencial En El Fomento de Sistemas Agropecuarios Resilientes." *Avances En Investigación Pecuaria* 18 (3). Universidad de Colima: 7–34.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353002>.
- Nájera-Garduño, Adriana de L., Rocio Piedra-Matias, Benito Albarrán-Portillo, and Anastacio García-Martínez. 2016. "Cambios En La Ganadería Doble Propósito En El Trópico Seco Del Estado de México." *Agrociencia* 50 (6). Colegio de Postgraduados: 701–10.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30247467004>.
- Naylor, Rosamond, Henning Steinfeld, Walter Falcon, James Galloway, Vaclav Smil, Eric Bradford, Jackie Alder, and Harold Mooney. 2005. "Losing the Links between Livestock and Land." *Science*. doi:10.1126/science.1117856.
- Nuss, Emily T., and Sherry A. Tanumihardjo. 2010. "Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Wiley/Blackwell (10.1111). doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x.
- Osorio García, Nemesio, Higinio López Sánchez, Benito Ramírez Valverde, Abel Gil Muñoz, and Nicolás Gutiérrez Rangel. 2015. "Producción de Maíz Y Pluriactividad de Los Campesinos En El Valle de Puebla, México." *Nova Scientia* 7 (14). Universidad De La Salle Bajío: 577–600.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052015000200577](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000200577).
- Ozkan, Burhan, Cemal Fert, and C. Feyza Karadeniz. 2007. "Energy and Cost Analysis for Greenhouse and Open-Field Grape Production." *Energy* 32 (8). Pergamon: 1500–1504.  
doi:10.1016/j.energy.2006.09.010.
- Parent, Diane, Valérie Bélanger, Anne Vanasse, Guy Allard, and Doris Pellerin. 2013. "Method for the Evaluation of Farm Sustainability in Quebec, Canada: The Social Aspect." In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 239–50. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_16.
- Patel, P. G., Rangapara Dineshkumar, and A. C. Bhut. 2017. "Energy Requirement for Kharif Maize Cultivation in Panchmahal District of Gujarat." *International Journal of Agricultural Engineering* 10 (1): 146–51.  
<http://www.isholar.in/index.php/Ijae/article/view/156733>.
- PDMT. 2016. "Plan de Desarrollo Municipal de Tlatlaya."
- Pimentel, David, and Marcia Pimentel. 2003a. "World Population, Food, Natural Resources, and Survival." *World Futures* 59 (3–4): 145–67.  
doi:10.1080/02604020310124.
- . 2003b. "Sustainability of Meat-Based and Plant-Based Diets and the Environment." In *American Journal of Clinical Nutrition*, 78:660S–663S. Oxford University Press. doi:10.1093/ajcn/78.3.660S.
- Pimentel, David, Marcia Pimentel, and Marianne Karpenstein-machan. 1999. "ENERGY USE IN AGRICULTURE : AN OVERVIEW." *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, January. International Commission of Agricultural Engineering, 1–32.  
<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1044/1037>.
- Puebla Albiter, Sergio, Samuel Rebollar Rebollar, Benito Albarrán Portillo, Anastacio García

- Martínez, and Carlos Manuel Arriaga Jordán. 2015. "Análisis Técnico Económico de Sistemas de Bovinos Doble Propósito En Tejupilco, Estado de México, En La Época de Secas." *Investigación Y Ciencia* 23 (65). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Dirección General de Asuntos Académicos, Departamento de Apoyo a la Investigación y Educación Continua: 13–19. <http://www.redalyc.org/html/674/67443217002/>.
- Purroy Vásquez, Rubén, Felipe Gallardo López, Pablo Díaz Rivera, Eusebio Ortega Jiménez, Silvia López Ortiz, and Glafiro Torres Hernández. 2016. "Flujo Energético-Económico Como Herramienta Para Tipificar Agroecosistemas En El Centro Del Estado de Veracruz, México." *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios* 3 (7). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: 91–101. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100009).
- Rahman, Sanzidur, and Md. Sayedur Rahman. 2013. "Energy Productivity and Efficiency of Maize Accounting for the Choice of Growing Season and Environmental Factors: An Empirical Analysis from Bangladesh." *Energy* 49 (1): 329–36. doi:10.1016/j.energy.2012.10.042.
- Ranum, Peter, Juan Pablo Peña-Rosas, and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. "Global Maize Production, Utilization, and Consumption." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1): 105–12. doi:10.1111/nyas.12396.
- Ruiz Vega, Jaime, Niurka Mena Mesa, Fidel Diego Nava, and Miguel Herrera Suárez. 2015. "Productivity and Energy Efficiency of Three Tillage Systems for Maize (*Zea Mayz L.*) Production." *Revista Facultad de Ingenieria* 2015 (76): 66–72. doi:10.17533/udea.redin.n76a08.
- Russelle, Michael P, Martin H Entz, and Alan J Franzluebbbers. 2007. "Reconsidering Integrated Crop-Livestock Systems in North America." In *Agronomy Journal*, 99:325–34. doi:10.2134/agronj2006.0139.
- Salas-Reyes, Isela Guadalupe, Carlos Manuel Arriaga-Jordán, Samuel Rebollar-Rebollar, Anastacio García-Martínez, and Benito Albarrán-Portillo. 2015. "Assessment of the Sustainability of Dual-Purpose Farms by the IDEA Method in the Subtropical Area of Central Mexico." *Tropical Animal Health and Production* 47 (6): 1187–94. doi:10.1007/s11250-015-0846-z.
- Samavatean, Naeimeh, Shahin Rafiee, Hossein Mobli, and Ali Mohammadi. 2011. "An Analysis of Energy Use and Relation between Energy Inputs and Yield, Costs and Income of Garlic Production in Iran." *Renewable Energy* 36 (6). Pergamon: 1808–13. doi:10.1016/j.renene.2010.11.020.
- Sami, Móslem, Mohammad Javad Shiekhiehdavooidei, and Morteza Almassi. 2014. "Analysis of Energy and Greenhouse Gas Balance as Indexes for Environmental Assessment of Wheat and Maize Farming: A Case Study." *Acta Agriculturae Slovenica* 103 (2): 191–201. doi:10.14720/aas.2014.103.2.4.
- Sánchez Hernández, Miguel Angel, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sanchez Hernández, María Concepción Jiménez Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. "Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 271–88. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300002).
- Šarauskis, Egidijus, Sidona Buragiene, Laura Masilionyte, Kestutis Romaneckas, Dovile Avižienyte, and Antanas Sakalauskas. 2014. "Energy Balance, Costs and CO2 Analysis of Tillage Technologies in Maize Cultivation." *Energy* 69: 227–35. doi:10.1016/j.energy.2014.02.090.
- Sharma, Peeyush, Vikas Abrol, and R. K. Sharma. 2011. "Impact of Tillage and Mulch Management on Economics, Energy

- Requirement and Crop Performance in Maize-Wheat Rotation in Rainfed Subhumid Inceptisols, India.” *European Journal of Agronomy* 34 (1). Elsevier: 46–51. doi:10.1016/j.eja.2010.10.003.
- Shekoofa, Avat, Yahya Emam, Navid Shekoufa, Mansour Ebrahimi, and Esmaeil Ebrahimi. 2014. “Determining the Most Important Physiological and Agronomic Traits Contributing to Maize Grain Yield through Machine Learning Algorithms: A New Avenue in Intelligent Agriculture.” Edited by Maria Anisimova. *PLoS ONE* 9 (5). Public Library of Science: e97288. doi:10.1371/journal.pone.0097288.
- SIAP. 2015. “Cierre de La Producción Pecuaria Por Municipio.” [http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siap\\_x\\_gobmx/apecmpio.jsp?id=3](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siap_x_gobmx/apecmpio.jsp?id=3).
- . 2017. “Producción Ganadera | Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera | Gobierno | Gob.mx.” <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>.
- . 2018. “Avance de Siembras Y Cosecha. Resumen Nacional Por Estado.” [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do).
- Singh, Rajesh Kumar, H. R. Murty, S. K. Gupta, and A. K. Dikshit. 2012. “An Overview of Sustainability Assessment Methodologies.” *Ecological Indicators*. Elsevier. doi:10.1016/j.ecolind.2011.01.007.
- Tabari, Masoud, Hamed Yosef-Zadeh, Kambiz Espahbodi, and Gholam Ali Jalali. 2008. “The Effect of Seed Source on the Leaf Morphology of *Acer Velutinum* (Boiss.) Seedlings.” *Taiwan Journal of Forest Science* 23 (1): 13–19. doi:10.1073/pnas.1308149110.
- Thornton, Philip K, Polly J Ericksen, Mario Herrero, and Andrew J Challinor. 2014. “Climate Variability and Vulnerability to Climate Change: A Review.” *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.12581.
- Thornton, Philip K, and Mario Herrero. 2010. “Potential for Reduced Methane and Carbon Dioxide Emissions from Livestock and Pasture Management in the Tropics.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (46): 19667–72. doi:10.1073/pnas.0912890107.
- Tinoco Rueda, J. A., J. D. Gómez Díaz, and A. I. Monterroso Rivas. 2011. “Efectos Del Cambio Climático En La Distribución Potencial Del Maíz En El Estado de Jalisco, México.” *Terra Latinoamericana* 29 (2). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.: 161–168. <http://www.redalyc.org/html/573/57321257006/>.
- USDA, United States Department of Agriculture. 2018. “Corn Production by Country in 1000 MT - Country Rankings.” 2018. <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn>.
- Valbuena, Diego, Olaf Erenstein, Sabine Homann-Kee Tui, Tahirou Abdoulaye, Lieven Claessens, Alan J. Duncan, Bruno Gérard, et al. 2012. “Conservation Agriculture in Mixed Crop–livestock Systems: Scoping Crop Residue Trade-Offs in Sub-Saharan Africa and South Asia.” *Field Crops Research* 132 (June). Elsevier: 175–84. doi:10.1016/J.FCR.2012.02.022.
- Vásquez Cruz, Marco Antonio, Ernesto Castañeda Hidalgo, Salvador Lozano Trejo, María Isabel Pérez León, Gisela Margarita Santiago Martínez, and Celerino Robles Perez. 2017. “CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA 1 [CHARACTERIZATION OF CORN CROP SYSTEMS IN THE REGIONS OF OAXACA STATE □.]” *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 4 (1): 2007–9559. [http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgrado/vo/RevistaPosgrado/docs/RMAE\\_vol\\_4\\_1\\_2017/3\\_RMAE\\_2017-07-Maíz.pdf](http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgrado/vo/RevistaPosgrado/docs/RMAE_vol_4_1_2017/3_RMAE_2017-07-Maíz.pdf).
- Vences Pérez, Jovel, Adriana de Litz Nájera Garduño, Benito Albarrán Portillo, Carlos Manuel Arriaga Jórdan, Samuel Rebollar Rebollar, and Anastacio García Martínez. 2015. “Utilización Del Método IDEA Para Evaluar La Sustentabilidad En Unidades de Producción de Ganado Bovino.” In

- Sustentabilidad Productiva Sectorial Algunas Evidencias de Aplicación*, 15–39. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65577>.
- Vilain, Lionel., Kévin Boisset, Philippe Girardin, Anne Guillaumin, Christian Mouchet, Philippe Viaux, and Frédéric Zahm. 2008. *La Méthode IDEA : Indicateurs de Durabilité Des Exploitations Agricoles. Guide D'utilisation*. Educagri éd. <https://editions.educagri.fr/telechargement/4874-la-methode-idea-indicateurs-de-durabilite-des-exploitations-agricoles-edition-2008.html>.
- Viveros Flores, C. Emma, Abel Gil Muñoz, Pedro Antonio López, Benito Ramírez Valverde, Juan de Dios Guerrero Rodríguez, and Artemio Cruz León. 2010. “Patrones de Utilización Del Maíz En Unidades de Producción Familiar En El Valle de Puebla, México.” *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12 (3): 471–84. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93915170008.pdf>.
- Wal, Hans Van der, John Duncan Golicher, Samuel Caudillo Caudillo, and Manuel Vargas Domínguez. 2006. “Desidades de Siembra, Rendimientos Y Area Requerida Para Maíz En La Agricultura de Roza, Tumba Y Quema En La Chinantla, México.” *Agrociencia* 40 (4): 449–60. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/jul-ago/art-4.pdf>.
- Zahm, Frédéric, Philippe Viaux, Ljonel Vilain, Philippe Girardin, and Christian Mouchet. 2008. “Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method - From the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms.” *Sustainable Development* 16 (4): 271–81. doi:10.1002/sd.380.

# **VIII. DISCUSIÓN GENERAL**

## **Rendimientos**

El maíz es una importante fuente de alimento para el ganado doble propósito en el trópico seco del estado de México. Debido a que los costos de alimentación continúan en aumento la siembra de maíz puede ser una alternativa para disminuirlos, de esta manera se puede disminuir la compra de concentrados comerciales (Lardy 2011) .

Los rendimientos obtenidos en el grupo de 57 productores de maíz fue superior a las 4 toneladas, semejantes a los obtenidos en Puebla donde se obtuvieron rendimientos con un intervalo de 1.35 a 3.25 toneladas (Muñoz-Tlahuiz et al. 2013) en cambio en el Estado de Oaxaca los rendimientos variaron dependiendo del producto cosechado, del grano se obtienen rendimientos de 1.43 a 1.84 toneladas, y del rastrojo rendimientos de 4.13 a 5.95 toneladas (Ruiz Vega et al. 2015).

Es importante resaltar que los productores obtienen una diversidad de subproductos del maíz, desde rastrojo, rastrojo molido con mazorca, mazorca molida, grano, grano molido, ensilado y hojas de mazorca. Esta heterogeneidad de subproductos puede influir en los diferentes rendimientos obtenidos entre los productores (Lardy 2011), ya que al cosechar la mazorca solamente puede ser diferente a cosechar el rastrojo con la mazorca, debido al contenido de materia seca y la proporción que representan (M. A. S. Hernández et al. 2013).

De la misma manera los diferentes paquetes tecnológicos (fecha de siembra, tipo de suelo, fertilizantes, localización, semillas híbridas o criollas) utilizados por los productores (Shekoofa et al. 2014) pudieron influir en el rendimiento obtenido en el grupo de productores.

En cuanto al uso de pesticidas el trabajo de Antonio (2001) evidencia que en México más del 95% de los productores realizan la aplicación de fertilizante al cultivo de maíz. El uso de fertilizante depende de factores como; el ingreso familiar, el tamaño de la UP y el gasto en otros insumos.

## **Eficiencia energética en el cultivo de maíz en Tlatlaya**

La eficiencia energética en el sistema de producción de maíz analizado fue de 3.8 (Cuadro 4), similar a la reportado en otras partes del mundo (2.5 y 2.9, 4.0) Irán, India (Lorzadeh et al. 2012; Banaeian and Zangeneh 2011; Patel, Dineshkumar, and Bhut 2017). Las principales entradas de energía en este trabajo las representan el uso de fertilizantes (92.9%), herbicida y diésel (5.9, 5.6%) (Cuadro 2 y 3), al igual al reportado en otros trabajos por diferentes autores (Banaeian and Zangeneh 2011; Bilalis et al. 2013a; Lorzadeh et al. 2012).

El uso de tecnología como el sistema de labranza y cobertura del suelo, afecta al uso de energía, el sistema de labranza mínima con cobertura (polietileno y paja) fue reportado en la India con un mejor resultado en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (la infiltración y el índice de conservación del agua) menor requerimiento energético, económico y mejor crecimiento del maíz. La entrada de energía reportado en el mismo trabajo con labranza convencional fue 2.5 veces más que el método de labranza mínima (Sharma, Abrol, and Sharma 2011).

La profundidad del sistema de labranza y la utilización de maquinaria o fuerza animal para realizar esta actividad también pueden favorecer en la reducción de las entradas de energía, (Šarauskis et al., 2014; Ruiz et al., 2015). En el sur de México se reportó una mayor eficiencia energética cuando se utiliza un sistema de labranza con tracción animal, comparado con el que uso únicamente maquinaria y la combinación de ambos (Ruiz et al., 2015).

Cuando se usa un sistema de labranza convencional (23-30cm de profundidad) puede utilizar alrededor de 67 litros de diésel, el cual puede reducirse entre un 12-58% cuando se realiza labranza superficial o no se realizan labranza (Šarauskis et al. 2014) de la misma manera se reducen los costos de operación, y las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen de 223 a 107 kg/ha de CO<sub>2</sub>.

En Irán las principales fuentes de entradas de energía son las que generan más CO<sub>2</sub>, como el uso de electricidad, fertilizantes y combustibles (88.6 %, 8.7%, 2.0%)(Sami,

Shiekhiekhdavooidi, and Almassi 2014) , en cambio en el sistema de producción de maíz analizado no se utiliza electricidad, como se describe el contexto anterior, donde la electricidad es necesaria para las bombas de riego. (Lorzadeh et al. 2012; Sami, Shiekhiekhdavooidi, and Almassi 2014)

La eficiencia energética también puede variar según la época de siembra dependiendo si esta se realiza en invierno o verano, donde la variación del uso de insumos y los factores climáticos como la temperatura y precipitación pueden influir en los rendimientos del cultivo de maíz (Rahman and Rahman 2013).

El uso de energía en el cultivo de maíz en las UP analizadas requiere de análisis a través del tiempo, que permita determinar las tendencias en la eficiencia energética y estime el potencial de ahorro en la unidades de producción, tal y como se hace en otras partes del mundo (Banaeian and Zangeneh 2011).

Los sistemas de producción orgánica son considerados como una alternativa viable para la producción sustentable, debido a sus beneficios, como el aumento de la materia orgánica y nitrógeno del suelo, conservación de la humedad del suelo (disminuye estrés del maíz en periodos de sequía) (Bilalis et al. 2013b), menores insumos provenientes de energía fósil, y rendimientos similares a los sistemas de producción convencional (Dal Ferro, Zanin, and Borin 2017).

Los resultados obtenidos en algunos trabajos han demostrado que la producción de maíz orgánico es más eficiente en el uso de energía (4.5 y 10.2) que la producción convencional de maíz (4.2 y 8.6), en el sistema de producción orgánica el uso de fertilizante se puede reducir más de 33.4 % MJ/ha (Dal Ferro, Zanin, and Borin 2017; Bilalis et al. 2013b).

Lo anterior se puede proponer como una alternativa viable para reducir los daños al medio ambiente, reducir el uso de insumos y hacer un uso más eficiente de la energía en el sistema de producción analizado, como un primer paso hacia una agricultura más sustentable, donde el objetivo principal sea mejorar las condiciones agroecológicas del sistema de producción (Purroy et al., 2016).

### **Maíz y ganadería doble propósito**

El maíz en la zona de estudio es considerado como la materia prima para la suplementación del ganado durante la época de estiaje, cuando hay escasas de forraje, y el que se encuentra disponible es de mala calidad, con el uso del maíz se reducen los costos de alimentación del ganado bovino, disminuyendo el costo de la dieta de 4.15 a 3.68\$/kg.

Las UP analizadas utilizan completamente la planta de maíz, desde la mazorca, hoja de mazorca, rastrojo y olote, al igual que en el Estado de Puebla (Viveros et al., 2010), sin embargo como se mencionó anteriormente en los resultados obtenidos, no todas la UP cubrieron sus necesidades de maíz, y por tal motivo compraron diferentes subproductos del maíz.

La compra de concentrados, minerales y productos del maíz en la región comprende alrededor del 60% de los costos de alimentación del ganado en la zona de estudio (García et al., 2015), a pesar de que esta actividad se complementa con el pastoreo semiextensivo (Puebla et al., 2015) y la producción de maíz para autoconsumo, las UP aún no han conseguido ser autosuficientes.

En los últimos años las UP han presentado cambios importantes, en el aprovechamiento de la tierra y mayor tendencia al pastoreo, con un manejo diferenciado de la ganadería, como estrategia de adaptación a los cambios socioeconómicos (García et al., 2015).

Sin embargo aún hace falta información de los impactos que genera el pastoreo de los residuos de maíz *in situ* en la zona de estudio, ya que estos juegan un papel importante en la cobertura del suelo, donde la agricultura de conservación ha cobrado relevancia en el mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo (Hellin et al. 2013).

Para finalizar, la ganadería juega un papel clave dentro de la producción agrícola, sin embargo hay varios de los aspectos que dificultan el progreso de la ganadería en México, entre ellos destacan el alto costo de insumos, factores climáticos, capacitación y asistencia técnica (INEGI 2017)

# **IX. CONCLUSIÓN GENERAL**

Con el trabajo se concluye que la ganadería es una de las principales actividades económicas en la zona de estudio. La actividad es gestionada por ganaderos mayores, las UP se han heredado de generación en generación y la familia es la principal fuente mano de obra. La producción de leche es la actividad que mayor beneficio económico genera, se postula como una alternativa de desarrollo local que se complementa con la venta de animales. Son UP dinámicas y de reciente creación. Sin embargo, son poco representativas en el sistema. El sistema tradicional es el más antiguo y se mantiene en una actividad economía estable, con recursos propios. En contraparte, la producción de carne presentan mayor inestabilidad económica, menor desarrollo y su permanencia está comprometida. En ambos casos, la economía de las UP depende de la venta de animales, aunque el ingreso generado es menor que el obtenido con la venta de leche y queso.

En la zona de estudio, la producción del cultivo de maíz tuvo una eficiencia de 3.8, en un sistema de producción convencional, la principal fuente de entrada de energía está representada por la energía indirecta, seguida de la energía directa, el uso de fertilizantes, herbicidas y diésel representan las principales entradas de energía al sistema de producción. El maíz producido en las unidades de producción de ganado bovino doble propósito, permite disminuir los costos de producción del suplemento del ganado, disminuyendo así los costos de alimentación por concepto de alimentación de las UP. Sin embargo cierto porcentaje de productores no cubren sus necesidades de maíz y llegan a comprar ciertos productos provenientes del maíz.

# **X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abbona, Esteban A., Santiago J. Sarandón, Mariana E. Marasas, and Marta Astier. 2007. "Ecological Sustainability Evaluation of Traditional Management in Different Vineyard Systems in Berisso, Argentina." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3–4). Elsevier: 335–45. doi:10.1016/j.agee.2006.08.001.
- Aceves Ruíz, Ernesto, Antonio Turrent Fernández, José I Cortés Flores, and Victor Volke Haller. 2002. "Comportamiento Agronómico Del Híbrido H-137 Y Materiales Criollos de Maíz En El Valle de Puebla." *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 339–47. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61025402.pdf>.
- Antonio Ávila, José. 2001. "El Mercado de Los Fertilizantes En México/Situación Actual Y Perspectivas." *Problemas Del Desarrollo* 32 (127). Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México: 189–207. doi:10.2307/43839036.
- Arellano Vicente, Isaí, René Pinto Ruíz, Francisco Guevara Hernández, Luis Reyes Muro, David Hernández Sánchez, Alejandro Ley De Coss, and Isaí Arellano Vicente. 2016. "Caracterización Del Uso Directo Del Rastrojo de Maíz (Zea Mays L.) Por Bovinos\* Characterization of the Direct Use of Stover Maize (Zea Mays L.) for Bovine." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Rev. Mex. Cienc. Agríc* 77 (5). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 1117–29. <http://www.redalyc.org/html/2631/263146723012/>.
- Awika, Joseph M. 2011. "Major Cereal Grains Production and Use around the World." In *ACS Symposium Series*, 1089:1–13. doi:10.1021/bk-2011-1089.ch001.
- Banaeian, Narges, and Morteza Zangeneh. 2011. "Study on Energy Efficiency in Corn Production of Iran." *Energy* 36 (8). Elsevier Ltd: 5394–5402. doi:10.1016/j.energy.2011.06.052.
- Bell, Lindsay W., and Andrew D. Moore. 2012. "Integrated Crop-Livestock Systems in Australian Agriculture: Trends, Drivers and Implications." *Agricultural Systems*. doi:10.1016/j.agsy.2012.04.003.
- Bern, Switzerland. 2006. *Sustainable Agriculture Proceedings and Outputs of the First Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture*

(INFASA), *A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa A Dialogue on Sustainable Agriculture Infasa From Common Principles to Common Practice Sustainable Agriculture: From Common Principles to Common Practice*.

<http://www.iisd.org/measure/connecting/infasa/>.

- Bilalis, Dimitrios, Panoraia Eirini Kamariari, Anestis Karkanis, Aspasia Efthimiadou, Antonis Zorpas, and Ioanna KAKabouki. 2013a. "Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under Mediterranean Conditions." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94.
- . 2013b. "Energy Inputs, Output and Productivity in Organic and Conventional Maize and Tomato Production, under Mediterranean Conditions." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (1): 190–94. doi:10.15835/NBHA4119081.
- Blanco-Canqui, Humberto, and R. Lal. 2009. "Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability." *Soil Science Society of America Journal* 73 (2). Soil Science Society: 418. doi:10.2136/sssaj2008.0141.
- Blanco, Carlos A., José Guadalupe Pellegaud, Urbano Nava Camberos, David Lugo Barrera, Paulina Vega Aquino, Jesús Coello, Antonio P. Terán Vargas, and Jesús Vargas Camplis. 2014. "Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs." *Journal of Integrated Pest Management* 5 (4). Oxford University Press: 1–9. doi:10.1603/IPM14006.
- Calker, K J Van, P B M Berentsen, G W J Giesen, and R B M Huirne. 2001. "Method for Measuring Sustainability in Dairy Farming." *Third International Conference on Ecosystems and Sustainable Development ECOSUD 2001* 10: 69–78.  
[www.witpress.com](http://www.witpress.com).
- Chaudhari, Pravin D. 2013. "A Review on Nose-to-Brain Drug Delivery." *Agrociencia* 2 (1). Colegio de Postgraduados: 516–25.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000200002).
- CICOPLAFEST. 2004. "Comisión Intersecretarial Para El Control Del Proceso Y Uso de

- Plaguicidas, Fertilizantes Y Sustancias Toxicas.” 1991, 4–48.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/listDependencia.php?idEst=386&poder=ejecutivo&liberado=no>.
- Cox, William, and Jerome Cherney. 2018. “Agronomic Comparisons of Conventional and Organic Maize during the Transition to an Organic Cropping System.” *Agronomy* 8 (7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 113.  
 doi:10.3390/agronomy8070113.
- Dal Ferro, Nicola, Giuseppe Zanin, and Maurizio Borin. 2017. “Crop Yield and Energy Use in Organic and Conventional Farming: A Case Study in North-East Italy.” *European Journal of Agronomy* 86 (May). Elsevier: 37–47. doi:10.1016/j.eja.2017.03.002.
- Damián-Huato, M A, B Ramírez-Valverde, A Aragón-García, M Huerta-Lara, J Sangerman-Jarquín, and O Romero-Arenas. 2010. “Manejo Del Maíz En El Estado de Tlaxcala, México: Entre Lo Convencional Y Lo Agroecológico.” *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 6 (2): 67–76.  
<http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-n2-1-manejo-del-maiz-en-el-estado-de-tlaxcala.pdf>.
- Damián-Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez-Valverde, Agustín Aragón-García, and Jesús Francisco López-Olguín. 2011. “Diversificación Económica, Siembra de Maíz Y Rendimientos de Los Productores Del Estado de Tlaxcala , México.” *Economía, Sociedad Y Territorio* 11 (36). El Colegio Mexiquense A.C.: 513–37.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212011000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000200009).
- Damián Huato, Miguel A, Artemio Cruz Leon, Benito Ramirez Valverde, Omar Romero Arenas, Sergio Moreno Limón, and Luis Reyes Muro. 2013. “Maíz, Alimentación Y Productividad: Modelo Tecnológico Para Productores de Temporal de México.” *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo* 10 (2): 157–76.  
<http://www.colpos.mx/asyd/volumen10/numero2/asd-12-023.pdf>.
- Damián Huato, Miguel Ángel, Benito Ramírez Valverde, Filemón Parra Inzunza, Juan Alberto Paredes Sánchez, Abel Gil Muñoz, Jesús Francisco López Olguín, and

- Artemio Cruz León. 2007. "Tecnología Agrícola Y Territorio: El Caso de Los Productores de Maíz de Tlaxcala, México." *Investigaciones Geográficas* 63: 188–4611. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n63/n63a4.pdf>.
- Denoia, J., and S. Montico. 2010. *Balance de Energía En Cultivos Hortícolas a Campo En Rosario, Argentina. Ciencia, Docencia Y Tecnología*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335007>.
- Denoia, Julio, María S Vilche, Sergio Montico, Beatriz Tonel, and Néstor Di Leo. 2006. "Análisis Descriptivo de La Evolución de Los Tecnológicos Difundidos En El Distrito Zavalla ( Santa Fe ) Desde Una Perspectiva Energética." *Ciencia, Docencia Y Tecnología* 33 (33). Secretaría de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y de Formación de Recursos Humanos, y la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Entre Ríos: 209–26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503309>.
- Erenstein, Olaf. 2002. "Crop Residue Mulching in Tropical and Semi-Tropical Countries: An Evaluation of Residue Availability and Other Technological Implications." *Soil and Tillage Research* 67 (2). Elsevier: 115–33. doi:10.1016/S0167-1987(02)00062-4.
- . 2003. "Smallholder Conservation Farming in the Tropics and Sub-Tropics: A Guide to the Development and Dissemination of Mulching with Crop Residues and Cover Crops." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100 (1). Elsevier: 17–37. doi:10.1016/S0167-8809(03)00150-6.
- Erenstein, Olaf, Umar Farooq, R.K. Malik, and Muhammad Sharif. 2008. "On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice-wheat Systems." *Field Crops Research* 105 (3). Elsevier: 240–52. doi:10.1016/J.FCR.2007.10.010.
- Erenstein, Olaf, and Vijay Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2). Elsevier: 1–14. doi:10.1016/J.STILL.2008.05.001.
- Espinosa-Ortega, A., E. Espinosa-Ayala, J. Bastida-López, T. Castañeda-Martínez, and C. M. Arriaga-Jordán. 2007. "Small-Scale Dairy Farming in the Highlands of Central Mexico: Technical, Economic and Social Aspects and Their Impact on Poverty." *Experimental Agriculture* 43 (2). Cambridge University Press: 241–56.

doi:10.1017/S0014479706004613.

- Fadul-Pacheco, Liliana, Michel A. Wattiaux, Angélica Espinoza-Ortega, Ernesto Sánchez-Vera, and Carlos M. Arriaga-Jordán. 2013. "Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico during the Rainy Season." *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37 (8). Taylor & Francis: 882–901. doi:10.1080/21683565.2013.775990.
- Fallis, A.G. 2013. "PC-020-2005 Pliego de Condiciones Para El Uso de La Marca Oficial México Calidad Suprema En Tomate." *SAGARPA - BANCOMEXT - SE*. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- FAOSTAT. 2016. "Food and Agriculture Organization of the United Nations." <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Faruq Golam. 2011. "Grain Yield and Associated Traits of Maize (*Zea Mays* L.) Genotypes in Malaysian Tropical Environment." *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* 6 (28). Academic Journals: 6147–54. doi:10.5897/AJAR11.1331.
- FIRA. 2016. "Panorama Agroalimentario | Maíz 2016." *Panorama Agroalimentario*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf).
- Garcés, Adelaida, Lorena Berrio, Santiago Ruiz, Guillermo Serna, and Andrés Builes. 2004. "Ensilaje Como Fuente de Alimentación Para El Ganado." *Revista Lasallista de Investigación* 1 (1): 66–71. doi:10.1007/s00244-013-9975-4.
- García Martínez, Anastacio, Benito Albarrán Portillo, and Francisca Avilés Nova. 2015. "Dinámicas Y Tendencias de La Ganadería Doble Propósito En El Sur Del Estado de México." *Agrociencia*. <https://core.ac.uk/download/pdf/55529402.pdf>.
- Ghadban, Elias, Salma Talhouk, Mabelle Chedid, and Shady K. Hamadeh. 2013. "Adapting a European Sustainability Model to a Local Context in Semi-Arid Areas of Lebanon." In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 251–58. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_17.
- Gibson, Robert B. 2006. "Sustainability Assessment: Basic Components of a Practical Approach." *Impact Assessment and Project Appraisal* 24 (3). Taylor & Francis Group

- : 170–82. doi:10.3152/147154606781765147.
- Guevara, F, L A Rodríguez, V Saraoz, M La O, H Gómez, R Pinto, María Fonseca, B Ruiz, and J Nahed. 2013. “Balance Energético Del Sistema Local de Producción de Bovinos de Engorde En Tecpatán, Chiapas, México.” *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47 (4). <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193029815006.pdf>.
- Gwartz, Jeffrey A., and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. “Processing Maize Flour and Corn Meal Food Products.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1). Wiley/Blackwell (10.1111): 66–75. doi:10.1111/nyas.12299.
- Häni, Fritz, Francesco Braga, Andreas Stämpfli, Thomas Keller, Matthew Fischer, and Hans Porsche. 2003. “RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level.” *International Food and Agribusiness Management Review* 6 (4). <https://www.semanticscholar.org/paper/RISE-%2C-a-Tool-for-Holistic-Sustainability-at-the-Häni-Braga/3a0ef93001aef24015e067fae2edf651a9ef4f42>.
- Harvey, Mark. 2014. “The Food-Energy-Climate Change Trilemma: Toward a Socio-Economic Analysis.” Edited by David Tyfield and John Urry. *Theory, Culture & Society* 31 (5). SAGE PublicationsSage UK: London, England: 155–82. doi:10.1177/0263276414537317.
- Havlik, P., Hugo Valin, Mario Herrero, Michael Obersteiner, Erwin Schmid, Mariana C Rufino, Aline Mosnier, et al. 2014. “Climate Change Mitigation through Livestock System Transitions.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (10): 3709–14. doi:10.1073/pnas.1308044111.
- Hellin, Jon, Olaf Erenstein, Tina Beuchelt, Carolina Camacho, and Dagoberto Flores. 2013. “Maize Stover Use and Sustainable Crop Production in Mixed Crop-Livestock Systems in Mexico.” *Field Crops Research* 153: 12–21. doi:10.1016/j.fcr.2013.05.014.
- Henández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, and María del Pilar Baptista Lucio. 2014. *Metodología de La Investigación*. Edited by MC Graw Hill. Sexta. USA.
- Hernández, JLG, IO Castillo, ES Sosa, and CV Vázquez. 2010. “FILOSOFÍA, DESARROLLO Y ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA: EL CASO

DE MÉXICO.” *Faz.ujed.mx*, 9.

[http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO/17.5.1](http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION%20AL%20CONOCIMIENTO/17.5.1)

ARTICULOS/91 Garcia et al Agrofaz 2010.pdf.

Hernández, Miguel Angel Sánchez, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sánchez Hernández, María Concepción Jiménez Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. “Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra.” *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). INIFAP: 271–88.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3188/2613>.

Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. Van De Steeg, et al. 2010. “Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems.” *Science*. doi:10.1126/science.1183725.

Herrero, M., P. K. Thornton, A. M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H. A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. van de Steeg, et al. 2010. “Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems.” *Science* 327 (5967): 822–25. doi:10.1126/science.1183725.

Herrero, Mario, and Philip K Thornton. 2013. “Livestock and Global Change: Emerging Issues for Sustainable Food Systems.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (52): 20878–81. doi:10.1073/pnas.1321844111.

INEGI. 2017. “Encuesta Nacional Agropecuaria 2017.”

<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encagro/ena/2017/>.

INEGI, (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2016. “Censo Agrícola, Ganadero Y Forestal 2007.”

[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados\\_agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx).

INIFAP. 2017. “Agenda Tecnológica Estado de México 2017.”

- [https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?%2F%2F=AT](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?%2F%2F=AT).
- Jansen, Constantin, and Thomas Lübberstedt. 2012. "Turning Maize Cobs into a Valuable Feedstock." *Bioenergy Research*. Springer-Verlag. doi:10.1007/s12155-011-9158-y.
- Keleman, A., J. Hellin, and M. R. Bellont. 2009. "Maize Diversity, Rural Development Policy, and Farmers' Practices: Lessons from Chiapas, Mexico." *The Geographical Journal*. WileyThe Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers). doi:10.2307/40205267.
- Lardy, Greg. 2011. "Utilizing Corn Residue in Beef Cattle Diets." Vol. 1548. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/utilizing-corn-residue-in-beef-cattle-diets/as1548.pdf>.
- López-Ridaura, S, O Masera, and M Astier. 2002. "Evaluating the Sustainability of Complex Socio-Environmental Systems. The MESMIS Framework." In *Ecological Indicators*, 2:135–48. Elsevier. doi:10.1016/S1470-160X(02)00043-2.
- Lorzadeh, SH., A. Mahdavidamghani, M. R Enayatgholizadeh, and M. Yousefi. 2012. "Research of Energy Use Efficiency for Maize Production Systems in Izeh, Iran." *Acta Agriculturae Slovenica* 99 (2). Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani: 137–42. doi:10.2478/v10014-012-0013-4.
- M'Hamdi, Naceur, Rafik Aloulou, Mouna Hedhly, and Mohamed Ben Hamouda. 2009. "Évaluation de La Durabilité Des Exploitations Laitières Tunisiennes Par La Méthode IDEA." *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 13 (2): 221–28. <http://www.pressesagro.be/base/text/v13n2/221.pdf>.
- Mason, Stephen C., and Nora E. D'croz-Mason. 2002. "Agronomic Practices Influence Maize Grain Quality." *Journal of Crop Production* 5 (1–2). Taylor & Francis Group : 75–91. doi:10.1300/J144v05n01\_04.
- McKevith, Brigid. 2005. "Nutritional Aspects of Oilseeds." *Nutrition Bulletin*. doi:10.1111/j.1467-3010.2005.00472.x.
- Meul, Marijke, Frank Nevens, Dirk Reheul, and Georges Hofman. 2007. "Energy Use Efficiency of Specialised Dairy, Arable and Pig Farms in Flanders." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (1–2). Elsevier: 135–44.

doi:10.1016/j.agee.2006.07.002.

- Munandar, Munandar, F Gustiar, Yakup Yakup, R Hayati, and A I Munawar. 2015. "Crop-Cattle Integrated Farming System: An Alternative of Climatic Change Mitigation." *Media Peternakan* 38 (2): 95–103. doi:10.5398/medpet.2015.38.2.95.
- Muñoz-Tlahuiz, Faviola, Juan De Dios Guerrero-Rodríguez, Pedro Antonio López, Abel Gil-Muñoz, Higinio López-Sánchez, Enrique Ortiz-Torres, J. Arahón Hernández-Guzmán, Oswaldo Taboada-Gaytán, Samuel Vargas-López, and Mario Valadez-Ramírez. 2013. "Producción de Rastrojo Y Grano de Variedades Locales de Maíz En Condiciones de Temporal En Los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (4): 515–30.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n4/v4n4a9.pdf>.
- Nahed, José, José Palma, and Eliel González. 2014. "La Adaptación Como Atributo Esencial En El Fomento de Sistemas Agropecuarios Resilientes." *Avances En Investigación Pecuaria* 18 (3). Universidad de Colima: 7–34.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353002>.
- Nájera-Garduño, Adriana de L., Rocio Piedra-Matias, Benito Albarrán-Portillo, and Anastacio García-Martínez. 2016. "Cambios En La Ganadería Doble Propósito En El Trópico Seco Del Estado de México." *Agrociencia* 50 (6). Colegio de Postgraduados: 701–10. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30247467004>.
- Naylor, Rosamond, Henning Steinfeld, Walter Falcon, James Galloway, Vaclav Smil, Eric Bradford, Jackie Alder, and Harold Mooney. 2005. "Losing the Links between Livestock and Land." *Science*. doi:10.1126/science.1117856.
- Nuss, Emily T., and Sherry A. Tanumihardjo. 2010. "Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Wiley/Blackwell (10.1111). doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x.
- Osorio García, Nemesio, Higinio López Sánchez, Benito Ramírez Valverde, Abel Gil Muñoz, and Nicolás Gutiérrez Rangel. 2015. "Producción de Maíz Y Pluriactividad de Los Campesinos En El Valle de Puebla, México." *Nova Scientia* 7 (14). Universidad De La Salle Bajío: 577–600.

- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052015000200577](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000200577).
- Ozkan, Burhan, Cemal Fert, and C. Feyza Karadeniz. 2007. "Energy and Cost Analysis for Greenhouse and Open-Field Grape Production." *Energy* 32 (8). Pergamon: 1500–1504. doi:10.1016/j.energy.2006.09.010.
- Parent, Diane, Valérie Bélanger, Anne Vanasse, Guy Allard, and Doris Pellerin. 2013. "Method for the Evaluation of Farm Sustainability in Quebec, Canada: The Social Aspect." In *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, 239–50. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-007-5003-6\_16.
- Patel, P. G., Rangapara Dineshkumar, and A. C. Bhut. 2017. "Energy Requirement for Kharif Maize Cultivation in Panchmahal District of Gujarat." *International Journal of Agricultural Engineering* 10 (1): 146–51. <http://www.isholar.in/index.php/Ijae/article/view/156733>.
- PDMT. 2016. "Plan de Desarrollo Municipal de Tlatlaya."
- Pimentel, David, and Marcia Pimentel. 2003a. "World Population, Food, Natural Resources, and Survival." *World Futures* 59 (3–4): 145–67. doi:10.1080/02604020310124.
- . 2003b. "Sustainability of Meat-Based and Plant-Based Diets and the Environment." In *American Journal of Clinical Nutrition*, 78:660S–663S. Oxford University Press. doi:10.1093/ajcn/78.3.660S.
- Pimentel, David, Marcia Pimentel, and Marianne Karpenstein-machan. 1999. "ENERGY USE IN AGRICULTURE : AN OVERVIEW." *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, January. International Commission of Agricultural Engineering, 1–32. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1044/1037>.
- Puebla Albiter, Sergio, Samuel Rebollar Rebollar, Benito Albarrán Portillo, Anastacio García Martínez, and Carlos Manuel Arriaga Jordán. 2015. "Análisis Técnico Económico de Sistemas de Bovinos Doble Propósito En Tejupilco, Estado de México, En La Época de Secas." *Investigación Y Ciencia* 23 (65). Universidad Autónoma de

- Aguascalientes, Dirección General de Asuntos Académicos, Departamento de Apoyo a la Investigación y Educación Continua: 13–19.  
<http://www.redalyc.org/html/674/67443217002/>.
- Purroy Vásquez, Rubén, Felipe Gallardo López, Pablo Díaz Rivera, Eusebio Ortega Jiménez, Silvia López Ortiz, and Glafiro Torres Hernández. 2016. “Flujo Energético-Económico Como Herramienta Para Tipificar Agroecosistemas En El Centro Del Estado de Veracruz, México.” *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios* 3 (7). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: 91–101.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100009).
- Rahman, Sanzidur, and Md. Sayedur Rahman. 2013. “Energy Productivity and Efficiency of Maize Accounting for the Choice of Growing Season and Environmental Factors: An Empirical Analysis from Bangladesh.” *Energy* 49 (1): 329–36.  
doi:10.1016/j.energy.2012.10.042.
- Ranum, Peter, Juan Pablo Peña-Rosas, and Maria Nieves Garcia-Casal. 2014. “Global Maize Production, Utilization, and Consumption.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312 (1): 105–12. doi:10.1111/nyas.12396.
- Ruiz Vega, Jaime, Niurka Mena Mesa, Fidel Diego Nava, and Miguel Herrera Suárez. 2015. “Productivity and Energy Efficiency of Three Tillage Systems for Maize (*Zea Mayz L.*) Production.” *Revista Facultad de Ingenieria* 2015 (76): 66–72.  
doi:10.17533/udea.redin.n76a08.
- Russelle, Michael P, Martin H Entz, and Alan J Franzluebbers. 2007. “Reconsidering Integrated Crop-Livestock Systems in North America.” In *Agronomy Journal*, 99:325–34. doi:10.2134/agronj2006.0139.
- Salas-Reyes, Isela Guadalupe, Carlos Manuel Arriaga-Jordán, Samuel Rebollar-Rebollar, Anastacio García-Martínez, and Benito Albarrán-Portillo. 2015. “Assessment of the Sustainability of Dual-Purpose Farms by the IDEA Method in the Subtropical Area of Central Mexico.” *Tropical Animal Health and Production* 47 (6): 1187–94.  
doi:10.1007/s11250-015-0846-z.

- Samavatean, Naeimeh, Shahin Rafiee, Hossein Mobli, and Ali Mohammadi. 2011. “An Analysis of Energy Use and Relation between Energy Inputs and Yield, Costs and Income of Garlic Production in Iran.” *Renewable Energy* 36 (6). Pergamon: 1808–13. doi:10.1016/j.renene.2010.11.020.
- Sami, Móslem, Mohammad Javad Shiekhiekhdavooidei, and Morteza Almassi. 2014. “Analysis of Energy and Greenhouse Gas Balance as Indexes for Environmental Assessment of Wheat and Maize Farming: A Case Study.” *Acta Agriculturae Slovenica* 103 (2): 191–201. doi:10.14720/aas.2014.103.2.4.
- Sánchez Hernández, Miguel Angel, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, Nicolás Valenzuela Jiménez, Bertín Maurilio Joaquín Torres, César Sanchez Hernández, María Concepción Jiméne Rojas, and Clemente Villanueva Verduzco. 2013. “Rendimiento En Forraje de Maíces Del Trópico Húmedo de México En Respuesta a Densidades de Siembra.” *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 4 (3). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 271–88.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300002).
- Šrauskis, Egidijus, Sidona Buragiene, Laura Masilionyte, Kestutis Romaneckas, Dovile Avižienyte, and Antanas Sakalauskas. 2014. “Energy Balance, Costs and CO2 Analysis of Tillage Technologies in Maize Cultivation.” *Energy* 69: 227–35. doi:10.1016/j.energy.2014.02.090.
- Sharma, Peeyush, Vikas Abrol, and R. K. Sharma. 2011. “Impact of Tillage and Mulch Management on Economics, Energy Requirement and Crop Performance in Maize-Wheat Rotation in Rainfed Subhumid Inceptisols, India.” *European Journal of Agronomy* 34 (1). Elsevier: 46–51. doi:10.1016/j.eja.2010.10.003.
- Shekoofa, Avat, Yahya Emam, Navid Shekoufa, Mansour Ebrahimi, and Esmaeil Ebrahimie. 2014. “Determining the Most Important Physiological and Agronomic Traits Contributing to Maize Grain Yield through Machine Learning Algorithms: A New Avenue in Intelligent Agriculture.” Edited by Maria Anisimova. *PLoS ONE* 9 (5). Public Library of Science: e97288. doi:10.1371/journal.pone.0097288.

- SIAP. 2015. “Cierre de La Producción Pecuaria Por Municipio.”  
[http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx\\_gobmx/apecmpio.jsp?id=3](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/apecmpio.jsp?id=3).
- . 2017. “Producción Ganadera | Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera | Gobierno | Gob.mx.” <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>.
- . 2018. “Avance de Siembras Y Cosecha. Resumen Nacional Por Estado.”  
[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do).
- Singh, Rajesh Kumar, H. R. Murty, S. K. Gupta, and A. K. Dikshit. 2012. “An Overview of Sustainability Assessment Methodologies.” *Ecological Indicators*. Elsevier.  
 doi:10.1016/j.ecolind.2011.01.007.
- Tabari, Masoud, Hamed Yosef-Zadeh, Kambiz Espahbodi, and Gholam Ali Jalali. 2008. “The Effect of Seed Source on the Leaf Morphology of Acer Velutinum (Boiss.) Seedlings.” *Taiwan Journal of Forest Science* 23 (1): 13–19.  
 doi:10.1073/pnas.1308149110.
- Thornton, Philip K, Polly J Ericksen, Mario Herrero, and Andrew J Challinor. 2014. “Climate Variability and Vulnerability to Climate Change: A Review.” *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.12581.
- Thornton, Philip K, and Mario Herrero. 2010. “Potential for Reduced Methane and Carbon Dioxide Emissions from Livestock and Pasture Management in the Tropics.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (46): 19667–72.  
 doi:10.1073/pnas.0912890107.
- Tinoco Rueda, J. A., J. D. Gómez Díaz, and A. I. Monterroso Rivas. 2011. “Efectos Del Cambio Climático En La Distribución Potencial Del Maíz En El Estado de Jalisco, México.” *Terra Latinoamericana* 29 (2). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.: 161–168. <http://www.redalyc.org/html/573/57321257006/>.
- USDA, United States Department of Agriculture. 2018. “Corn Production by Country in 1000 MT - Country Rankings.” 2018.  
<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn>.
- Valbuena, Diego, Olaf Erenstein, Sabine Homann-Kee Tui, Tahirou Abdoulaye, Lieven

- Claessens, Alan J. Duncan, Bruno Gérard, et al. 2012. “Conservation Agriculture in Mixed Crop–livestock Systems: Scoping Crop Residue Trade-Offs in Sub-Saharan Africa and South Asia.” *Field Crops Research* 132 (June). Elsevier: 175–84.  
doi:10.1016/J.FCR.2012.02.022.
- Vásquez Cruz, Marco Antonio, Ernesto Castañeda Hidalgo, Salvador Lozano Trejo, María Isabel Pérez León, Gisela Margarita Santiago Martínez, and Celerino Robles Perez. 2017. “CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA 1 [CHARACTERIZATION OF CORN CROP SYSTEMS IN THE REGIONS OF OAXACA STATE □.]” *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 4 (1): 2007–9559.  
[http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE\\_vol\\_4\\_1\\_2017/3\\_RMAE\\_2017-07-Maíz.pdf](http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE_vol_4_1_2017/3_RMAE_2017-07-Maíz.pdf).
- Vences Pérez, Jovel, Adriana de Litz Nájera Garduño, Benito Albarrán Portillo, Carlos Manuel Arriaga Jórdan, Samuel Rebollar Rebollar, and Anastacio García Martínez. 2015. “Utilización Del Método IDEA Para Evaluar La Sustentabilidad En Unidades de Producción de Ganado Bovino.” In *Sustentabilidad Productiva Sectorial Algunas Evidencias de Aplicación*, 15–39. Universidad Autónoma del Estado de México.  
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65577>.
- Vilain, Lionel., Kévin Boisset, Philippe Girardin, Anne Guillaumin, Christian Mouchet, Philippe Viaux, and Frédéric Zahm. 2008. *La Méthode IDEA : Indicateurs de Durabilité Des Exploitations Agricoles. Guide D’utilisation*. Educagri éd.  
<https://editions.educagri.fr/telechargement/4874-la-methode-idea-indicateurs-de-durabilite-des-exploitations-agricoles-edition-2008.html>.
- Viveros Flores, C. Emma, Abel Gil Muñoz, Pedro Antonio López, Benito Ramírez Valverde, Juan de Dios Guerrero Rodríguez, and Artemio Cruz León. 2010. “Patrones de Utilización Del Maíz En Unidades de Producción Familiar En El Valle de Puebla, México.” *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12 (3): 471–84.  
<http://www.redalyc.org/pdf/939/93915170008.pdf>.
- Wal, Hans Van der, John Duncan Golicher, Samuel Caudillo Caudillo, and Manuel Vargas

Domínguez. 2006. “Desidades de Siembra, Rendimientos Y Area Requerida Para Maíz En La Agricultura de Roza, Tumba Y Quema En La Chinantla, México.” *Agrociencia* 40 (4): 449–60. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/jul-ago/art-4.pdf>.

Zahm, Frédéric, Philippe Viaux, Ljonel Vilain, Philippe Girardin, and Christian Mouchet. 2008. “Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method - From the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms.” *Sustainable Development* 16 (4): 271–81. doi:10.1002/sd.380.