

## Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México

---

Estrada López, Israel; Esparza Jiménez, Sherezada; Albarrán Portillo, Benito; Yong Angel, Gilberto; Rayas Amor, Adolfo Armando; García Martínez, Anastacio

Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 25, núm. 3, noviembre 2018-febrero 2019 | e29

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Estrada López, I.; Esparza Jiménez, S.; Albarrán Portillo, B.; Yong Angel, G.; Rayas Amor, A. A.; García Martínez, A. (2018). Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum*, 25(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>

## Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México

Productive and economic analysis of an Intensive Silvopastoral System in dual purpose livestock in Michoacan, Mexico

*Isael Estrada López*  
Universidad Autónoma del Estado de México, México  
estradalopezisael@gmail.com

Recepción: 22 de agosto de 2017  
Aprobación: 17 de abril de 2018

*Sherezada Esparza Jiménez*  
Universidad Autónoma del Estado de México, México  
shere.zaejim@gmail.com

*Benito Albarrán Portillo*  
Universidad Autónoma del Estado de México, México  
balbarranp@uaemex.mx

*Gilberto Yong Angel*  
Universidad Autónoma de Chiapas, México  
gilberto.yong@gmail.com

*Adolfo Armando Rayas Amor*  
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Lerma,  
México  
a.rayas@correo.ler.uam.mx

*Anastacio García Martínez*  
Universidad Autónoma del Estado de México, México  
angama.agm@gmail.com

### RESUMEN:

Se evaluó el comportamiento productivo de bovinos doble propósito en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) en Apatzingán, Michoacán. La actividad se llevó a cabo mediante seguimientos técnico-económicos. Se monitorearon variables productivas y económicas (consumo de forraje, producción de leche, peso, ingresos y egresos) de 60 vacas de la raza Gyr, analizadas mediante estadística descriptiva y presupuestos por actividad. La carga animal fue de 2.06 UA ha<sup>-1</sup>, la producción de leche de 9.15 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, el ingreso de \$1 495 225.15, el costo de producción de \$406 042.43 y el margen bruto de \$1 089 182.71 año<sup>-1</sup>. Se concluyó que el manejo de vacas Gyr en un SSPi favorece la producción de leche y carne y el ingreso en la unidad de producción (UP).

**PALABRAS CLAVE:** producción de leche, carne, gramíneas, leguminosas, costos de producción.

### ABSTRACT:

The productive behavior of dual purpose livestock was evaluated in an Intensive Silvopastoral System (iSPS) in Apatzingán, Michoacan, Mexico. Through technical-economic tracing, productive and economic variables (forage intake, milk production, body weight, incomes and costs) were monitored in 60 Gyr cows, and analyzed by descriptive statistics and activity estimation. The livestock load used was 2.06 AU ha<sup>-1</sup> and the milk production obtained was 9.15 kg cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. The income obtained was \$1 495 225.15, food costs was \$406 042 43 and gross margin was \$1 089 182.71 year<sup>-1</sup>. It is concluded that the management of Gyr cows in an SSPi favors the milk and meat production and incomes to the Production Unit (PU).

**KEYWORDS:** milk production, meat, grasses, legumes, production costs.

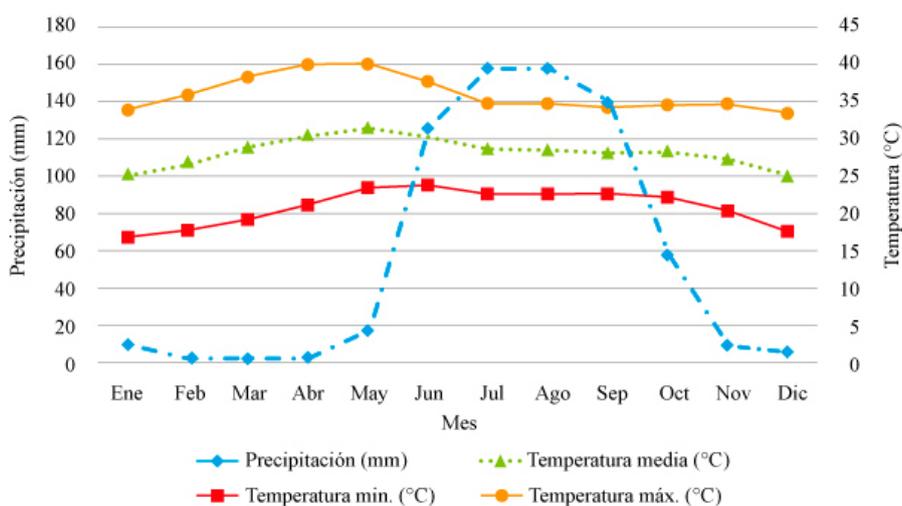
## INTRODUCCIÓN

La ganadería es la principal actividad del sector agropecuario mexicano (FIRA, 2014), la cual se realiza bajo diferentes condiciones y sistemas de producción (García-Martínez *et al.*, 2015). Uno de los sistemas más practicados y difundidos en las regiones tropicales de México es el de bovinos de doble propósito (BDP). Las razas de ganado que predominan son *Bos Indicus* y algunos encastes con razas *Bos Taurus*, en especial Holstein, Pardo Suizo y Simmental para potenciar la producción de carne y leche (Vilaboa y Díaz, 2009). La alimentación del ganado se basa en el pastoreo extensivo en pastizales naturales (Salvador-Loreto *et al.*, 2016) o en praderas establecidas con gramíneas en monocultivo (Bacab *et al.*, 2013). Sin embargo, el desarrollo vegetativo es limitado por las condiciones climáticas, en particular durante el periodo de sequía (entre noviembre y mayo) del año, lo que repercute de manera directa en la variación estacional de la producción animal de leche y carne (Mohammed *et al.*, 2015). El ordeño es manual, con el becerro al pie de la vaca para estimular la bajada de la leche (Vilaboa y Díaz, 2009). La principal fuente de mano de obra proviene de la familia del ganadero (García-Martínez *et al.*, 2015). El nivel de producción de leche está en un rango de 3 a 10 litros vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Salvador-Loreto *et al.*, 2016; Vilaboa y Díaz, 2009). Si bien algunos estudios realizados en el trópico de México han resaltado la sostenibilidad de unidades de producción (UP) de BDP en aspectos ambientales y sociales, también han indicado qué factores económicos limitan su desarrollo (Vences-Pérez *et al.*, 2015). Esto se debe principalmente a los altos costos de producción debido a la alimentación del ganado que alcanza niveles entre 70 y 93% de los costos variables, por efecto de la compra de insumos externos (alimentos balanceados comerciales), en especial durante el periodo de sequía (Vences-Pérez *et al.*, 2015; Puebla *et al.*, 2015) que comprende los meses de noviembre a mayo. No obstante, Salas-Reyes *et al.* (2015) indicaron que el costo de la alimentación puede disminuir en 50% durante el periodo de lluvias por la producción abundante de forrajes de aceptable calidad nutricional. Los mayores beneficios serían con el uso de gramíneas asociado a leguminosas, ya que estas combinaciones permiten mejorar los parámetros productivos de las UP tal y como lo mencionan Absalón *et al.* (2012), quienes observaron que con el uso de estos sistemas en la alimentación del ganado se puede incrementar la producción de leche en un 74%. También se ha reportado que cuando se integran prácticas de silvopastoreo se favorece el consumo voluntario de materia seca de forraje con mejores características transaccionales y el rendimiento en la producción de leche o carne (Ku *et al.*, 2014), a la vez que se incrementa la rentabilidad de las UP, a diferencia de lo que sucede en sistemas con manejo tradicional del ganado a base de praderas en monocultivo donde los parámetros de producción son bajos (González-Pérez 2013).

Asimismo, con las estrategias de alimentación en las que se incluyen especies arbóreas leguminosas como *Leucaena leucocephala* (Leucaena) se ha logrado incrementar la producción de leche hasta 2 l vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Bover *et al.*, 2013) y reducir el empleo de suplemento a 1.5-2.0 kg de materia seca (MS) vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Peniche-González *et al.*, 2014). Así también, al emplear el SSPi se ha logrado incrementar la producción por hectárea debido a un incremento en la carga animal hasta 5 UA ha<sup>-1</sup>, donde se considera que 1 UA = una vaca de 450 kg de peso vivo (Murgueitio *et al.*, 20015), a diferencia de sistemas convencionales con pasturas en monocultivo en los que se manejan menos de 1 UA ha<sup>-1</sup> (Yamamoto *et al.*, 2007). Estas tendencias favorecen mayor ingreso económico en las UP y bienestar del ganadero y su grupo familiar (García-Martínez *et al.*, 2015). Las ventajas mencionadas del SSPi evidencian que su utilización mejora la producción de leche o de carne, se reducen los costos de producción y mejora la calidad de la dieta del ganado. En función de lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento productivo y económico de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo un SSPi en el trópico seco.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó mediante visitas mensuales y seguimientos técnico-económicos de mayo a noviembre de 2015 a una UP con vacas DP de la raza Gyr lechero (*Bos Indicus*) y Gyr x Holstein (*Bos Taurus*) alimentadas en SSPi. En cada visita se registró información de estructura (disponibilidad de tierra, ganado, instalaciones, equipo y maquinaria), manejo y gestión (razas de ganado presentes, alimentación) y económica (venta de leche y carne, costos de alimentación, ingresos y egresos). La UP se ubica en el municipio de Apatzingán, Michoacán, México, en las coordenadas 19° 04' 44" N, 102° 20' 50" O y se localiza a 325 msnm. El lugar presenta un clima Aw o tropical seco, precipitación de 762.8 mm y una temperatura media anual de 28.5 °C (gráfica 1) (SMN, 2017).



GRÁFICA 1  
Condiciones meteorológicas del municipio de Apatzingán, Michoacán  
Fuente: elaboración propia.

### 1. 1. Manejo de los animales y potreros

En la superficie del SSPi, la *Leucaena leucocephala* (Leucaena) fue sembrada en hileras con una orientación este-oeste mediante la técnica a chorrillo y distancias de 1.60 m, entre hileras, para permitir la entrada de luz y favorecer el crecimiento de la gramínea. El pasto *Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs cultivar *Tanzania* (Tanzania) se estableció al chorrillo a ambos lados de la hilera de Leucaena. Debido a la baja disponibilidad de agua de lluvia en la zona (año atípico) fueron necesarios siete riegos por goteo y bombeo de agua de un pozo profundo. Los riegos se realizaron cada 15 días entre octubre y noviembre y mayo y junio de 2015. La alimentación del ganado se basó fundamentalmente en los forrajes presentes en el SSPi. Durante el ordeño, las vacas en producción consumieron un suplemento energético a base de sorgo molido, a razón de 3.5 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (43.6 MJ de EM vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en un periodo de 210 días que duró la lactancia (735 kg vaca<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). Posterior al ordeño, estas vacas tuvieron acceso a pastoreo por periodos de 19 horas día<sup>-1</sup> en los potreros preestablecidos y agua *ad libitum*. Las vacas se rotaron diariamente de forma que los potreros tuvieron un periodo de descanso de 45 días. Día con día las vacas tenían acceso a superficies entre 0.75 y 1.00 ha y sólo salieron del potrero al momento de la ordeña.

Los toretes, vaquillas y becerros pastoreaban como seguidores en el SSPi y se incluyeron en el cálculo de carga animal. Estos animales también tuvieron acceso a agua limpia *ad libitum* y no recibieron alimentación adicional. El resto del hato, integrado por vacas secas gestantes, novillas para reemplazo y el semental, pastoreó

en 10 ha con pastizal natural y no recibieron alimentación adicional ni representaron costo extra alguno. Este lote de ganado no se incluyó en el cálculo de capacidad de carga. Cuando las hembras parían se trasladaban a los potreros del SSPi e iniciaban el manejo normal de las vacas lactantes. La carga animal se estimó al considerar una vaca de 450 kg y su becerro como una unidad animal (UA) de forma que el peso de cada animal presente fue ponderado para obtener las UA por ha<sup>-1</sup>.

## 1. 2. Evaluación de forrajes

Se realizaron 10 muestreos al azar en el SSPi, y en cada punto se colocó un cuadrante para delimitar un área de 8 m<sup>2</sup> (5 m de largo x 1.6 m de ancho), se midió la distancia entre plantas de *Leucaena* y pasto Tanzania, y se contabilizaron y ponderaron para obtener la densidad por hectárea (Solorio *et al.*, 2011). Asimismo, se seleccionaron, cortaron y pesaron tres plantas y se registró la circunferencia de la base del tallo y la altura para determinar la MS ha<sup>-1</sup> (Takimoto *et al.*, 2008). También se obtuvieron dos muestras de 500 g de ambos forrajes para realizar el análisis químico proximal en laboratorio de Proteína cruda (Tejada, 1985), Cenizas (Ce), Extracto Etéreo (EE), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Lignina Detergente Ácido (LDA) (Van-Soest *et al.*, 1991).

## 1. 3. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) de forraje por las vacas se estimó cada 45 días, tiempo en el que las vacas reiniciaban el ciclo de pastoreo en los potreros disponibles. Los métodos empleados fueron *a*) por diferencia (masa herbácea inicial menos masa herbácea final) y *b*) por comportamiento al pastoreo (Jamieson y Hodgson, 1979).

## 1. 4. Producción de leche

El ordeño de las vacas fue mecánico. Se realizó sólo un ordeño por la mañana (de 6:00 a 10:00 am). El registro de la producción de leche (kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) fue durante los cinco primeros días de cada mes y de manera consecutiva en los meses de mayo a noviembre de 2015. Para el pesaje de la leche se utilizó una balanza automática, adaptada a la línea colectora de la sala de ordeño.

## 1. 5. Peso vivo y condición corporal

Las vacas en producción, toretes, vaquillas y becerros se pesaron al inicio del seguimiento de la UP con el objetivo de determinar la carga animal por ha<sup>-1</sup>. Para el pesaje se utilizó una báscula electrónica con capacidad de carga de 2 500 kg. Después, el primer día del monitoreo y registro de la producción de leche las vacas fueron pesadas y también se registró la condición corporal en escala de 1 a 5 puntos durante cada mes (Roche *et al.*, 2004).

## 1. 6. Composición de la leche

Se determinó el contenido de grasa, sólidos no grasos, densidad y proteína de la leche mediante el equipo portátil Lactoscan Milk Analyzer®. La recolección de muestras se realizó durante en el primer día de cada mes

durante el registro de la producción de leche. Por cada vaca se obtuvo una muestra que fue mezclada, de la cual se obtuvieron cinco submuestras para el análisis.

## 1. 7. Evaluación económica

El seguimiento económico se realizó el primer día de cada mes. Para ello se hicieron cuestionarios semiestructurados para recolectar información sobre ventas de leche y animales, manejo y gestión de la UP, registro de la alimentación del ganado, ingresos y costos. El valor de la tierra y construcciones e instalaciones se amortizó a 20 años, de manera que el costo asignado a un año productivo fue 5% de su valor, la maquinaria y equipo a 10 años (10% de su valor) y el costo de la compra de vacas y la siembra de la superficie (48 ha) del SSPi se amortizaron a 5 años (20% de su valor) de acuerdo con la Ley del impuesto sobre la renta (DOF, 2009). Los cálculos realizados fueron los siguientes:

Ingresos = venta de leche + venta de animales en pie. Costos de alimentación = sorgo + siembra del SSPi + riego y uso del agua. Egresos = costos de alimentación + amortización de instalaciones, maquinaria y equipo + amortización de vacas + mano de obra + comercialización. MB = ingresos-costos de alimentación. MN = ingresos-egresos.  $MN \text{ vaca}^{-1} = MN/\text{número de vacas en producción}$ .  $MN \text{ hectárea}^{-1} = MN/\text{ha de superficie}$ .  $MN \text{ día}^{-1} = MN/365$ .

## 1. 8. Análisis de la información

La información sobre producción de forrajes, consumo voluntario de materia seca del ganado, peso vivo, condición corporal, producción de leche, producción de carne, carga ganadera y calidad de leche fue analizada mediante estadística descriptiva (porcentajes y medias). La información económica (ingresos por venta de leche y animales, costos de producción y mantenimiento de instalaciones, maquinaria y equipo, gastos de gestión y mano de obra) fue analizada mediante el método de presupuestos por actividad (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2. 1. Características estructurales de la unidad de producción

La UP (unidad de producción) contó con corrales, así como maquinaria y equipo para el manejo, resguardo y alimentación del ganado, además de 48 ha con acceso a agua para riego que conforman más de 82% de la superficie total disponible (cuadro 1). Esta superficie corresponde al SSPi con la presencia de Leucaena y pasto Tanzania. La densidad de población observada fue de 60 467 ( $\pm 18 562$ ) y 19 884 ( $\pm 4 564$ ) plantas  $\text{ha}^{-1}$  correspondiente a una producción de masa herbácea por ciclo de pastoreo de 787 y de 1 631 kg de MS  $\text{ha}^{-1}$  para Leucaena y Tanzania, respectivamente. En cuanto a la composición nutricional, el contenido de PC fue de 267 y 98 g  $\text{kg}^{-1}$  MS, FDN de 31.7 y 63.3 g  $\text{kg}^{-1}$  MS y FDA a razón de 21.8 y 41.2 g  $\text{kg}^{-1}$  MS para Leucaena y Tanzania, respectivamente.

La mano de obra (MO) disponible que se encargó del ganado fue contratada en un 100% y se clasificó como *a)* directa (MO directamente involucrada en la producción) y *b)* indirecta (MO para gestión, administración y vigilancia de la UP).

El hato se integró principalmente por vacas, de las cuales más de 60% estaba produciendo leche y una menor proporción de vacas secas gestantes. Además de la presencia de hembras para reemplazo y animales

para venta, como se muestra en el cuadro 1, las razas presentes en la UP fueron Gyr lechero puro y Gyr x Holstein en proporciones de 70:30%. El objetivo de la presencia de estos genotipos es potenciar la producción de leche, como lo reportado Mellado *et al.* (2011) en condiciones subtropicales.

## 2. 2. Manejo de los animales en los potreros

La asignación de forraje para las vacas en producción fue de 21 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, con una eficiencia de utilización de 100% en Leucaena y 64% para Tanzania. Debido a que la cantidad de agua de lluvia fue limitada durante el periodo de estudio, marcada como una situación anormal para la zona, fue necesario realizar siete riegos distribuidos entre octubre y noviembre y mayo y junio en intervalos de 15 días. Con este manejo se logró una oferta de forraje en el SSPi, similar a los 2 400 kg de MS ha<sup>-1</sup> ciclo de pastoreo<sup>-1</sup> de pasto Tanzania y Leucaena reportado por Bacab y Solorio (2011) para la misma zona de estudio. Asimismo, el riego fue benéfico para mantener la producción de forraje y una rotación diaria de potreros.

CUADRO 1  
Características estructurales y técnicas de la UP

Variable	Cantidad
ha superficie total (ST)	58.00
% ha de superficie cultivada con Leucaena /pasto Tanzania	82.80
% ha de superficie con pastizal natural	17.20
Mano de obra total (MOT)*	5.00
% mano de obra directa/MOT	60.00
% mano de obra indirecta/MOT	40.00
Núm. de vacas total	86.00
% vacas en producción/vacas totales	69.80
% vacas secas/vacas totales	30.20
Núm. de novillas	25.00
Núm. de novillos	40.00
Núm. de becerros	40.00
Unidades animal totales (UA)	145.30
% UA vaca en producción/UA	47.30
% UA vaca secas/UA	22.00
% UA vaquilla/UA	9.90
% UA novillo/UA	17.10
% UA becerro/UA	3.60

Fuente: elaboración propia.

Nota: UA = Unidades animal, equivalente a una vaca de 450 kg de peso vivo.

\*La mano de obra se expresa en número de jornales por año.

En función de lo anterior, el CMS de forraje por el método de comportamiento al pastoreo fue de 3.09 ( $\pm$  0.44) kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de Leucaena y 9.04 ( $\pm$  1.28) kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de Tanzania para un total de 12.1 kg MS, mientras que por el método de diferencia en masa forrajera el CMS fue de 4.65 ( $\pm$  0.57) y 6.85 ( $\pm$  2.02) kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y un total de 11.5 kg de MS para Leucaena y Tanzania, respectivamente. Se observó una diferencia de 4.95% en el CMS total, siendo menor el calculado por el segundo método. La diferencia en las estimaciones de CMS fue por la inexactitud propia de las técnicas, como lo ha destacado Estrada-López *et al.* (2014). Este CMS de forraje fue similar al reportado por Bacab y Solorio (2011) en condiciones de pastoreo en un SSPi. Sin embargo, los mismos autores indicaron que el CMS total (15.45  $\pm$  1.32 kg MS día<sup>-1</sup>) que

calcularon por el método de comportamiento al pastoreo fue 12.62%, menor respecto al estimado mediante ecuaciones de predicción (13.5 kg de MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), en el cual se consideró la semana de lactación, kg de leche por día<sup>-1</sup>, kg de concentrado por día<sup>-1</sup> y peso vivo de las vacas (AFRC, 1993). Lo anterior indicó que los cálculos de CMS se encuentran dentro del rango de estimaciones realizadas en condiciones similares de manejo de vacas en producción de leche. La carga animal fue de 2.06 UA ha<sup>-1</sup>, que es superior a 1.14 UA ha<sup>-1</sup> reportadas en sistemas de pastoreo de praderas en monocultivo de Chiapas y Veracruz (Ramírez *et al.*, 2012; Vilaboa y Díaz, 2009). También fue evidente que la leguminosa en alta densidad de población asociada a la gramínea en el SSPi permitió una mayor producción de MS que resultó favorecida por los riegos periódicos realizados, como lo han destacado Bacab y Solorio (2011), y a su vez el manejo de una mayor carga animal durante el periodo analizado: 44.66% superior respecto a los reportes de Ramírez *et al.* (2012) y Vilaboa y Díaz (2009).

### 2. 3. Producción de leche

La producción promedio de leche fue de 9.15 ( $\pm$  3.87) kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, similar a los datos reportados por Bacab y Solorio (2011) y Bacab *et al.* (2013) en vacas Pardo Suizo en condiciones de manejo y agroclimáticas semejantes. Esta producción fue 23.51% superior a la registrada (7.0 kg de leche vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) por Salvador-Loreto *et al.* (2016) en una región subtropical con vacas Pardo Suizo que recibieron la misma cantidad de concentrado y en condiciones de pastoreo extensivo en potreros con *Cynodon plectostachyus* y 65.57% mayor a la producción reportada en vacas doble propósito en Veracruz que, bajo un manejo tradicional, produjeron en promedio 3.15 kg de leche día<sup>-1</sup> (Vilaboa y Díaz, 2009). Esta diferencia en producción de leche puede explicarse por dos factores importantes: *a*) la primera es por presencia de vacas Gyr lechero puro y Gyr x Holstein, como lo ha destacado Román *et al.* (2013) y López-Ordaz *et al.* (2009), quienes observaron en la cruce de estos genotipos una mayor manifestación de genes Bos Taurus e incremento del potencial lechero. Kozerski *et al.* (2017) y Mellado *et al.* (2011) confirmaron esta aseveración, pero además indicaron que la raza Gyr pura por sí misma puede alcanzar producciones de leche entre 12 y 15 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la cruce Gyr x Hostein los 17 y 20 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. *b*) La segunda es por la mayor disponibilidad de MS y calidad del forraje a lo largo del año (Bacab y Solorio, 2011), lo que permite a las vacas incrementar su CMS y mayor cantidad de nutrientes para producción de leche cuando se incluye Leucaena en el SSPi. Este potencial y alto valor forrajero (elevado contenido proteínico y rendimiento de MS) incrementa cuando se establece Leucaena a altas densidades (Bacab *et al.*, 2013 y Murgueitio *et al.*, 2015).

### 2. 4. Peso vivo y condición corporal

El peso de las vacas en producción fue de 515 ( $\pm$  17.5) y 575 ( $\pm$  17.5) para la vacas secas gestantes y presentaron una condición corporal de 3.25 ( $\pm$  0.25) y 3.75 ( $\pm$  0.25), respectivamente. El peso de los novillos fue de 320 ( $\pm$  15.17) kg, 280 ( $\pm$  16.23) kg para novillas y 60 kg para becerros. Las vacas en producción presentaron un incremento de 0.23 ( $\pm$  0.0091) kg día<sup>-1</sup> durante los 210 días de evaluación, de forma que las alcanzaron los 571 ( $\pm$  19.3) kg al final del periodo y lograron una ganancia de peso de 56.00 kg incluyendo el peso del becerro próximo a nacer.

### 2. 5. Análisis nutricional de la leche

La composición de la leche se muestra en el cuadro 2. Los valores de sólidos no grasos y proteína fueron inferiores (5.35% y 3.45%, respectivamente) a los referidos por la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-700-COFOCALEC-2012), aunque fue 18.48% superior en el contenido de grasa. En algunos reportes evaluaron el

comportamiento productivo de vacas Holstein x Cebú pastoreando en superficies con *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena* y suplementadas con 2 kg de concentrado comercial (Peniche-González *et al.*, 2014). El contenido de proteína fue similar al observado en este estudio. Por otro lado, se ha reportado un contenido de 4.12% de grasa en vacas que sólo tenían una hora de acceso a bancos de proteína de *Leucaena* (Razz y Clavero, 2007), valor que fue 11.96% superior al observado en este caso con vacas Gyr y Gyr x Hostein, aun cuando las vacas tuvieron acceso a mayor tiempo de pastoreo; sin embargo, es similar al valor (35 g por kg) reportado por Kozerski *et al.* (2017) cuando las vacas pastorearon pasto Tanzania y consumieron 5.7 kg de concentrado comercial. El resto de los componentes fueron similares a los resultados de los estudios antes mencionados. De acuerdo con la NMX-F-700 (COFOCALEC, 2012), la leche se clasificó como grado A por el contenido de grasa y como grado C por el contenido de proteína.

CUADRO 2  
Composición nutricional de leche de BDP en la UP bajo SSPi

Característica	SSPi	Norma*
Grasa g/l	36.8 (0.29)	30 min
SNG g/l	78.8 (2.39)	83 min
Densidad g/l	1 029.67 (69)	1 029
Proteína g/l	29.0 (0.94)	30 min

Fuente: elaboración propia.

Nota: SSPi = sistema silvopastoril intensivo. l = litro. \*Los datos derivan de la NMX-F-700 (COFOCALEC, 2012), SNG = sólidos no grasos.

## 2. 6. Análisis económico

El cuadro 3 muestra la inversión fija (aproximadamente un millón de pesos) requerida para la puesta en marcha de la UP durante el ciclo productivo de 2015. El precio de la leche y carne (venta de ganado en pie), así como el costo de mano de obra e insumos utilizados, fueron los que se registraron en la propia UP durante el periodo de monitoreo (cuadro 4). En función de lo anterior, en la UP se obtuvo una MN superior a \$100 000.00 año<sup>-1</sup>. Asimismo, se logró un MN ha<sup>-1</sup> y vaca<sup>-1</sup> superior a los \$2 200.00 y \$1 700.00 y un MN día<sup>-1</sup> de \$291.73. El ciclo de producción estudiado fue atípico, ya que la disponibilidad de agua de lluvia disminuyó considerablemente, de forma que fueron necesarios siete riegos para la superficie del SSPi. Esta situación provocó un incremento de 56.4% del costo por concepto de alimentación. De igual modo, se observó un incremento de 7.16% en el costo total, disminución de 8.16% en el MB total y 93.41% en el MN total, MN ha<sup>-1</sup> y MN vaca<sup>-1</sup>.

CUADRO 3  
Inversión fija de la UP bajo manejo de SSPi en Apatzingán, Michoacán

Activo	Proyecto establecido con el SSPi
Superficie de riego (ha)	48
Superficie de pastizal natural (ha)	10
Superficie con construcciones e instalaciones (ha)	1
Valor de las tierras en pesos (\$)	5 220 000
Construcciones e instalaciones (\$)	2 460 000
Maquinaria y equipo (\$)	500 000
Pie de cría (\$)	946 000
Plantación y mantenimiento del SSPi en 48 ha (\$)	650 880
<b>Total (\$)</b>	<b>9 776 880</b>

Fuente: elaboración propia.

Nota: SSPi = sistema silvopastoril intensivo. El valor de la tierra y construcciones e instalaciones se amortizó a 20 años, la maquinaria y equipo a 10 años y las vacas y la siembra de la superficie a 5 años (Ley del impuesto sobre la renta-DOF, 2009).

Como consecuencia, el costo de producción por kg de leche y carne fue de \$3.50 y \$20.71, el MN fue de \$0.92 y \$5.42 por kg de leche y carne respectivamente, donde se consideró una producción de más de 115 000 l de leche año<sup>-1</sup> y 19 630.78 kg de carne año<sup>-1</sup> (89.51% de novillos y 10.49% de vacas de desecho). De no haberse presentado esta situación, se hubiesen obtenido valores en MN total, MN ha<sup>-1</sup> y MN vaca<sup>-1</sup> de \$205 949.15, \$4 290.61 y \$3 432.49, respectivamente, un incremento de 48.29% (\$564.24) en el MN día<sup>-1</sup>, una disminución de 24.50% (\$2.66 y \$15.62) en el costo de producción y un incremento de 51.70% (\$1.79 y \$10.49) en el MN por kg de leche y carne.

CUADRO 4  
Análisis económico de la UP de BDP bajo el manejo en SSPi

Variable	Cantidad	Precio de venta/compra (\$)	Total (\$)
<b>Venta de productos</b>			
Leche total (kg)	115 339	5.5	634 362.00
Novillos (as)	659	13 350	782 250.00
Vacas de desecho	4	19 080	78 609.60
Ingresos totales			1 495 225.15
<b>Costos de alimentación</b>			
Sorgo	44 100	4.0	176 400.00
Bombeo de agua para riego de 48 ha*	7	281.75	94 666.43
Uso del agua para riego para 48 ha	1	100	4 800.00
Establecimiento del SSPi (ha)	48	2 712.00	130 176.00
Total			406 042.43
Tierra			261 000.00
Construcciones e instalaciones			123 000.00
Maquinaria y equipo			50 000.00
Pie de cría (\$)			189 200.00
Mano de obra	5	250	262 500.00
Mantenimiento			24 000.00
Comercialización de leche y animales			73 000.00
Egresos totales			1 388 742.43
Margen bruto			1 089 182.71
Margen neto			106 482.71
Margen neto/ha			2 218.39
Margen neto/vaca			1 774.71

Fuente: elaboración propia.

Nota: \*La UP está inscrita al programa 9 y 09M de la CFE, con tarifa de \$0.56/kwh o un subsidio de 92% del costo total por gasto de energía para bombeo de agua de uso agrícola (Sagarpa, 2016). De acuerdo con el Conuee (2015), se requieren 503.13 kwh/ha. Se consideró un costo de uso del agua de \$100/ha por ciclo de producción (Conagua, 2014).

El costo de la mano de obra y comercialización supuso 24.16% del costo total y 29.24% la alimentación, porcentaje inferior en 70% u 80% reportado por Espinoza-Ortega *et al.* (2007) en UP de leche familiar. En la compra de tierra y vacas e infraestructura se invirtió 46.6% del costo total. De acuerdo con Ross *et al.* (2012), estas inversiones limitan el margen de ganancia en UP de reciente creación. Sin embargo, Estrada-López *et al.* (2017), en función del análisis financiero de la UP, obtuvo que de acuerdo con el volumen de producción de leche y carne en el SSPi el capital invertido se recuperará en el sexto año de operación, periodo ubicado en el rango de 4-7 años identificado como ideal por Cuartas *et al.*, (2014) en UP con ganado doble propósito en un SSPi, mientras que González-Pérez (2016) reporta que la producción de

carne en el SSPi favorece la pronta recuperación del capital. En este estudio, el aporte económico de la leche y el manejo de carga animal alta en la superficie disponible son fundamentales para incrementar el ingreso. De igual forma, Cuartas *et al.* (2014) señalan que el periodo de vida del SSPi a máxima capacidad productiva es mayor a 20 años. Bajo este esquema, Estrada-López *et al.* (2017) indicaron que el MN total puede incrementar 10% en cada ciclo de producción debido al bajo costo que supone la alimentación del ganado que básicamente depende del forraje disponible en el SSPi (79.93% del CMS total de la vacas).

## CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) durante la mayor parte del año mantiene la producción de forraje, la carga ganadera, el peso y condición corporal de las vacas, así como la producción constante de leche y carne que se reflejan en una mayor ingreso para la UP debido al bajo costo que supone la alimentación del ganado, la cual depende básicamente del forraje que se produce en la superficie disponible. Asimismo, el SSPi se postula como una alternativa para el desarrollo de la ganadería doble propósito en condiciones de trópico seco.

## ANÁLISIS PROSPECTIVO

La relevancia de este análisis se basa en obtener elementos de apoyo en la toma de decisiones para la gestión del ganado bovino doble propósito en condiciones de trópico seco, en especial en el manejo de la alimentación que representa entre 60% y 80% de los costos totales de producción sin considerar la inversión fija. En este sentido, también se debe analizar la actividad reproductiva de las vacas, puesto que está directamente relacionada con la alimentación y debe estar encaminada a mantener el mayor número de vacas gestantes a lo largo de un ciclo de producción. Asimismo, contar con vacas en lactancia que asegure la producción de leche durante todo el año. Al respecto, el uso y aprovechamiento de superficies cultivadas con gramíneas y leguminosas bajo un SSPi favorece la disponibilidad de forraje con mejores propiedades nutritivas y mantener el peso y condición corporal de las vacas, incluso incrementar la carga animal por  $\text{ha}^{-1}$  y por consecuencia los parámetros reproductivos con el objetivo para reducir el número de días abiertos e intervalo entre partos. Bajo este esquema, se logrará incrementar el porcentaje de becerros nacidos, destetados y vendidos por vaca<sup>-1</sup> y mayor cantidad de leche y carne por vaca<sup>-1</sup> y  $\text{ha}^{-1}$ . En relación con el plan de alimentación, es decir, con la implementación del SSPi se reducirá la compra de insumos externos, como son los suplementos proteínicos de elevado costo que a mediano plazo limitarán el componente económico de la sostenibilidad. Desde esta perspectiva, el SSPi se perfila como una estrategia encaminada a disminuir los costos de producción, sobre todo cuando más de 70% de la alimentación del ganado depende de forrajes con elevado contenido de proteína cruda y energía, producidos directamente en la propia unidad de producción.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada para estudios de doctorado al primer autor, a la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento del proyecto Evaluación de la dinámica y sostenibilidad de sistemas de ganado bovino en el sur del Estado de México, clave de convenio UAEM 3537/2013CHT, al Cuerpo Académico en Sistemas de Producción Animal y Recursos Naturales (Casparen) y la participación y apoyo del titular del Rancho Las Tinajas, así como al personal que lo gestiona.

## REFERENCIAS

- Absalón, M. V. A., Nicholson, C. F., Blake, R. W., Fox, D. G., Juárez, L. F. I., Canudas, L. E. G. y Rueda, M. B. L. (2012). Economic analysis of alternative nutritional management of dual-purpose cow herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 1143-1150.
- AFRC (Agricultural Food and Research Council). (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. United Kingdom: Cab international.
- Bacab, H. M., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F. y Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 67-81.
- Bacab, H. M. y Solorio, S. F. J. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 271-278.
- Bover, K., Álvarez, D., Lamela, L. y García, M. (2013). Evaluación del establecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en una finca ganadera del municipio de Perico, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(4), 445-452.
- COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados). (2012). NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Norma Mexicana. Sistema producto leche-alimento-lácteo-leche cruda de vaca-especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Sistema producto leche. Organismo Nacional de Normalización del Consejo para el Fomento de la Calidad de la leche y sus Derivados. México.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua). (2014). *Estadísticas del agua en México*. México: Comisión Nacional de Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Conuee (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía). (2015). *Estudio de sistemas de bombeo agropecuarios en México*. Secretaría de Energía. Gobierno Federal.
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Murgueitio, E., Chará, J. D., Ku, V. J., Solorio, F. J., Flores, M. X., Solorio, B. y Barahona, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27, 76-94.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2009). Ley del impuesto sobre la renta. Nueva ley publicada en el Diario Oficial de la Federación en la última reforma publicada, DOF 04-06-2009. Sección II de las Inversiones.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T. y Arriaga-Jordán, C. M. (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.
- Estrada-López, I., Avilés, N. F., Estrada, F. J. G., Pedraza, B. P. E., Yong, A. G. y Castelán, O. O. A. (2014). Estimación del consumo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* k. Schum.) por vacas lecheras en pastoreo mediante las técnicas de n-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 463-477.
- Estrada-López, I., Albarrán-Portillo, B., Yong, A. G. y García-Martínez, A. (2017). Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México, en A. Yamasaki Maza, G. Yong Angel, G. P. Macias Ferrera, L. Yamasaki Maza, E. J. Pérez Luna, J. B. Sánchez Muñoz, H. León Velasco y J. L. Ruiz Rojas (Comps.), *Clima y ganadería: productividad sustentable*. Universidad Autónoma de Chiapas: Asociación Mexicana de Producción Animal.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) (2014). *Factores relevantes en el desarrollo de proyectos de inversión en el sector agropecuario en México*. Disponible en <http://www.fira.gob.mx/Nd/NEstEcon.jsp>. Consultado el 27 de julio de 2016.
- García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B., Avilés-Nova, F. (2015). Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el sur del Estado de México. *Agrociencia*, 49, 125-139.
- González-Pérez, J. M. (2013). Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(13), 35-50.

- González-Pérez, J. M. (2016). Evaluación económica de una engorda de toretes en dos sistemas de alimentación. *CIENCIA ergo-sum*, 23(2), 154-162.
- Jamieson, W. S y Hodgson, J. (1979). The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*, 34, 273-282.
- Kozerski, N. D., Signoretti, R. D., Souzac, J. C., Souza, D. V. y Freitas, J. A. (2017). Use of monensin in lactating crossbred dairy cows (Holstein x Gyr) raised on tropical pastures with concentrate supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 119-128.
- Ku, V. J. C., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., Solorio, F. J., Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 43-53.
- López-Ordaz, R., García-Carreón, R., García-Muñiz, J. y Ramírez-Valverde, R. (2009). Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Técnica Pecuaria en México*, 47(4), 435-448.
- Mellado, F., Coronel, F., Estrada, A. y Ríos F. G. (2011). Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 927-931.
- Mohammed, M. A. H., Aguilar, P. C. F., Ayala, B. A. J., Bottini, L. M. B., Solorio, S. F. J., Ku, V. J. C. (2015). Evaluation of milk composition and fresh soft cheese from an intensive silvopastoral system in the tropics. *Dairy Science and Technology*, 96, 159-172.
- Murgueitio, E., Flores, M. X., Calle D., Z., Chará, J., Barahona Rosales, R., Molina D., C. H. y Uribe T., F. (2015). Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina, en F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola, B. Eibl (Eds.), *Sistemas agroforestales. funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. Cali: Fundación CIPAV, Turrialba: CATIE.
- Peniche-González, I. N., González-López, Z. U., Aguilar-Pérez, C. F., Ku-Vera, J. C., Ayala-Burgos, A. J. y Solorio-Sánchez, F. J. (2014). Milk production and reproduction of dual-purpose cows with a restricted concentrate allowance and access to an association of *Leucaena leucocephala* and *Cynodon nlemfuensis*. *Journal of Applied Animal Research*, 42(3), 345-351.
- Puebla, A. S., Rebollar, R. S., Albarrán, P. B., García, M. A., Arriaga, J. C. M. (2015). Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 65, 13-19.
- Ramírez, M. N., Rueda, P. M. L., Ferguson, B. G. y Jiménez, F. G. (2012). Caracterización del sistema agrosilvopastoril en la Depresión Central de Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 7-22.
- Razz, R. y Clavero, T. (2007). Efecto de la suplementación con concentrado sobre la composición química de la leche en vacas doble propósito pastoreando *Panicum maximum*-*Leucaena leucocephala*. *Revista Científica*, 57(1), 53-57.
- Roche, J. R., Dillon, P. G., Stockdale, C. R., Baumgard, L. H. y Vaanbale, M. J. (2004). Relationships among international body condition scoring systems. *Journal of Dairy Science*, 87, 3076-3079.
- Román, P. S. I., Ruiz, L. F. J., Montaldo, H. H., Rizzi, R. y Román, P. H. (2013). Efectos de cruzamiento para producción de leche y características de crecimiento en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(4), 405-416.
- Ross, A., Westerfield, R.W. y Jaffe, J. (2012). *Finanzas corporativas* (novena edición). México: McGraw-Hill. Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2016). Programa especial de energía para el campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola. Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa/acciones-y-programas/programa-especial-de-energia-para-el-campo-en-materia-de-energia-electrica-de-uso-agricola>. Consultado el 13 de noviembre de 2017.
- Salas-Reyes, I. G., Arriaga-Jordán, C. M., Rebollar, R. S., García-Martínez, A. y Albarrán-Portillo, B. (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, 1187-1194.

- Salvador-Loreto, I., Arriaga-Jordán, C. M., Estrada-Flores, J. G., Vicente, M. F., García-Martínez, A. y Albarrán-Portillo, B. (2016). Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 643-648.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2017). Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mich>. Consultado en octubre de 2017.
- Solorio, F. J., Bacab Pérez, H. M., Casanova, L. F. y Esquivel, M. H. (2011). *Metodología para la estimación de secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles*, en Martha Xóchitl Flores Estrada, B. Solorio Sánchez y C. H. H. López. III Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Morelia-Tepalcatepec: Cofupro, Sagarpa, CIPAV, UADY, Fundación Produce.
- Takimoto, A., Nair, P. K. R. y Nair, V. D. (2008). Carbon stock and sequestration potential of traditional and improved agroforestry systems in the West African Sahel. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 125, 159-166.
- Tejada, H. I. (1985). *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. México. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México.
- Van-Soest, P. J. (1991). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). New York: Cornell University Press. Ithaca.
- Vences-Pérez, J., Nájera-Garduño, A. de L., B., Arriaga-Jordán, C. M., Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A. y Rebollar-Rebollar, S. y (2015). Utilización de método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México, en *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación* (pp. 15-39). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 427-436.
- Yamamoto, W., Dewi, I. A., Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems*, 94, 368-375.

CC BY-NC-ND