



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN
UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO
DOBLE PROPÓSITO BAJO UN SISTEMA SILVOPASTORIL**

T E S I S

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

PRESENTA:

ISRAEL ESTRADA LÓPEZ

CU-UAEM Temascaltepec, Temascaltepec de Gonzáles, Estado de México.

Septiembre de 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN
UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO
DOBLE PROPÓSITO BAJO UN SISTEMA SILVOPASTORIL**

T E S I S

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

PRESENTA:

ISABEL ESTRADA LÓPEZ

COMITÉ DE TUTORES

**Dr. Anastacio García Martínez. Tutor Académico
Dr. Benito Albarrán Portillo. Tutor Adjunto
Dr. Gilberto Yong Ángel. Tutor Adjunto**

**CU-UAEM Temascaltepec, Temascaltepec de Gonzáles, Estado de México.
Septiembre de 2017**

Para

Mis padres y hermanos por la confianza brindada,

Mi esposa Antonia, por su apoyo incondicional,

Mis hijos, Emiliana, Tania, Jimena e Isael, fuente de inspiración y alegrías.

RESUMEN

Los objetivos de la tesis fueron (1) analizar la información disponible a cerca de la sostenibilidad de sistemas de producción de bovinos doble propósito (BDP), (2) realizar un análisis financiero y económico de una unidad de producción (UP) comercial de BDP bajo un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), así como su nivel de producción, (3) evaluar el efecto de tres niveles de suplementación sobre variables productivas de BDP alimentados con gramínea-leguminosa, en el trópico de México.

Existen factores internos y externos a las UP en sistemas BDP, que les confieren un nivel sostenible en aspectos agroecológicos y sociales. Sin embargo aspectos económicos limitan la sostenibilidad del sistema en producción en su conjunto. El análisis financiero de la UP mostró un valor actual neto (VAN) de \$3,141,396.00, una tasa interna de retorno (TIR) de 12% y una relación beneficio-costos ($R=B/C$) de 1.28, por lo que se concluyó que la UP fue financieramente viable, con un promedio de producción de 8.6 (± 3.19) kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, y una carga animal de 2 UA ha⁻¹.

El nivel de suplementación afectó las variables de respuesta animal ($P < 0.05$). Se observó un mejor comportamiento productivo conforme el nivel de suplementación incrementó ($P < 0.05$). La respuesta en producción de leche fue de 0.02 y 0.28 kg de leche, en peso vivo de 5.50 y 14.58 kg y, la condición corporal se modificó en 0.20 y 0.43 unidades para los tratamientos Tx2 y Tx3, respectivamente. No se observaron diferencias ($P > 0.05$), en los componentes de la leche, cuando se proporcionó diferente nivel de suplementación, excepto en el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) ($P < 0.05$). El contenido de NUL disminuyó en 1.18 mg dL⁻¹ ($P < 0.05$), por cada kg de suplemento proporcionado a las vacas. El nivel de suplementación no afectó el tiempo que las vacas dedicaron a realizar las diferentes actividades a lo largo del día de pastoreo ($P > 0.05$). Tampoco afectó el número de mordidas por día ($P > 0.05$), ni la tasa de mordida (mordidas minuto⁻¹) ($P > 0.05$). Se observó una disminución de 0.27 kg en el consumo de materia seca de *Cynodon plectostachyus* (Cp) por cada kg de suplemento proporcionado a las vacas ($P < 0.05$).

Palabras clave: Vacas, *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus*, Suplementación, Producción de leche, Evaluación financiera, Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación beneficio-costos.

SUMMARY

The objectives of the thesis were (1) to analyze the available information about the sustainability of dual purpose cattle systems (DPC), (2) to carry out a financial and economic analysis of a commercial production unit (PU) of DPC under an intensive silvopastoral system, as well as their level of production, (3) to evaluate the effect of three levels of supplementation on productive variables of DPC fed whit grass-legume association in the tropics of Mexico.

There are internal and external factors of the PU in DPC systems, which give them a sustainable level in agroecological and social aspects. However economic aspects limit the sustainability of the system in production as a whole. The financial analysis of the PU showed a net present value (NPV) of \$ 3,141,396.00, an internal rate of return (IRR) of 12% and a benefit-cost ratio ($R = B / C$) of 1.28. Therefore it was concluded that PU was financially viable, with an average production of $8.6 (\pm 3.19)$ kg of $\text{cow}^{-1} \text{day}^{-1}$ milk, and whit a grazing stocking rate of 2 AU ha^{-1} .

The animal performance was affected by supplementation level ($P < 0.05$). A better production was observed as the level of supplementation increased ($P < 0.05$). The milk production response was 0.02 and 0.28 kg of milk, in live weight of 5.50 and 14.58 kg, and the body condition was modified in 0.20 and 0.43 units for the treatments Tx2 and Tx3, respectively. No difference ($P > 0.05$) in milk components was observed when different levels of supplementation were provided, except for milk urea nitrogen (MUN) ($P < 0.05$). MUN content decreased by 1.18 mg dL^{-1} , for each kg of supplement provided to cows ($P < 0.05$). The level of supplementation did not affect the time that the cows dedicated to carry out the different activities throughout the day of grazing ($P > 0.05$). Neither the number of bites per day ($P > 0.05$) nor the bite rate (bites minute^{-1}) ($P > 0.05$) were not affected. A decrease of 0.27 kg in dry matter intake of *Cynodon plectostachyus* (Cp) was observed for each kg of supplement provided to cows ($P < 0.05$).

Key words: Cows, *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus*, Supplementation, Milk production, Financial assessment, Net present value, Internal rate of return, Benefit-cost ratio.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico durante la realización de mis estudios de Doctorado.

Al CU-UAEM Temascaltepec por todo el apoyo ofrecido de manera incondicional tanto del personal administrativo como técnico, en especial a las personas responsables de los laboratorios de nutrición y suelos.

A la Facultad de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Chiapas, por el apoyo brindado.

A los titulares de las unidades de producción, por su apoyo para la realización de esta investigación.

Al Dr. Anastacio García Martínez, mi tutor académico, por guiarme, por su apoyo constante, por sus comentarios y sugerencias invaluable sobre los artículos realizados y en el desarrollo de mis estudios de doctorado.

Al Ph. D. Benito Albarrán Portillo, mi tutor adjunto, por compartir su experiencia y comentarios constructivos, en la realización de esta investigación.

Al Dr. en CARN Gilberto Yong Ángel, mi tutor adjunto, por el apoyo brindado para realización de este trabajo, por compartir su experiencia y por todas las facilidades otorgadas para el desarrollo de mis estudios.

A los profesores encargados del Seminario y profesores asistentes, por compartir su conocimiento e invaluable experiencia.

A la Dra. Patricia Macías Farrera, por su amistad, su experiencia y apoyo.

Al M.C. Luis Rojas Sandoval, por su amistad y apoyo.

Al M.C. Luis Felipe Robles Albores, por su amistad y apoyo en el trabajo de campo.

A mis compañeros estudiantes, colegas y amigos, del PCARN del CU UAEM-Temascaltepec, por su inmejorable compañía y apoyo.

A mi esposa, Antonia Galán Costilla, por su valioso apoyo, esfuerzo y paciencia. No tengo palabras suficientes para agradecerte. A mis hijos, Emiliana, Tania, Jimena e Isael, por su amor, alegría y ser mi inspiración para superarme.

Quiero agradecer a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron en la realización de mis estudios doctorales.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| I. INTRODUCCIÓN | 9 |
| II. JUSTIFICACIÓN | 13 |
| III. HIPÓTESIS | 14 |
| IV. OBJETIVOS | 15 |
| Objetivo general..... | 15 |
| Objetivos específicos | 15 |
| V. MATERIAL Y METODOS | 16 |
| VI. RESULTADOS | 21 |
| Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el altiplano central de México. Un enfoque sostenible de producción. | 25 |
| Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México | 42 |
| Evaluación productiva y económica de bovinos doble propósito en un sistema silvopastoril intensivo en Michoacán, México | 53 |
| Composición de la leche de bovinos doble propósito bajo tres niveles de suplementación | 77 |
| Efecto de la suplementación energética sobre la composición y producción de leche en vacas doble propósito pastoreando <i>Cynodon plectostachyus</i> más <i>Leucaena leucocephala</i> | 84 |
| Capacidad de almacenamiento de carbono atmosférico, nitrógeno, fósforo y potasio en potreros con <i>Leucaena (Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.)</i> en el trópico de México | 99 |
| VII. DISCUSIÓN GENERAL | 118 |
| VII. CONCLUSIÓN GENERAL | 124 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 125 |

I. INTRODUCCIÓN

La promoción de prácticas más eficientes y la mejora de la utilización de los pastizales, han sido identificadas como áreas prioritarias en la reducción del impacto ambiental causado por la ganadería a nivel mundial, haciendo énfasis en países en vías de desarrollo del continente Africano y Latinoamérica (FAO, 2011).

El pastoreo extensivo es probablemente el sistema que más difundido se encuentra en los países tropicales y subtropicales. Los animales que se utilizan son en gran medida de bajo potencial lechero. La carga animal es generalmente baja, con lo que se produce una subutilización de los pastos durante el período de mayor crecimiento. De esta manera, la producción individual es baja lo que repercute en la producción por unidad de área (Ray, 2000).

El sistema de producción de bovinos doble propósito característico de las zonas tropicales de México se basa en el pastoreo de gramíneas nativas o pasturas de gramíneas introducidas y naturalizadas, junto con el uso de subproductos industriales y residuos de cosecha como complementos durante el período de escasez de forraje (Rojo *et al.*, 2009). La baja disponibilidad de forraje en la época seca del año es el principal factor que limita la producción lechera, solo un 30 por ciento de los productores suministran alimentación suplementaria a base de melaza en la época seca, y solo un 1 por ciento de los productores cultiva forraje para alimentar el ganado durante esta época (Améndola, 2005). Por tanto, es fundamental resolver las fluctuaciones estacionales del rendimiento de los pastos. Algunas estrategias pueden ser: mediante segregación de potreros, la conservación de los excedentes forrajeros durante el periodo de lluvias, implementación de bancos de proteína, utilización de follaje de la vegetación natural ya sea arbustiva o arbórea, así como también el establecimiento de cultivos forrajeros para proporcionar en fresco o mediante ensilaje. Así como, disminuir los niveles de utilización de alimentos concentrados, y utilizarlos de manera estratégica, con la finalidad de incrementar la rentabilidad de la unidad de producción.

En la actualidad, se está fomentando una reconversión ambientalmente sostenible de la ganadería. Uno de los enfoques de producción más exitosos, es mediante la implementación de sistemas silvopastoriles, en cualquiera de sus modalidades. Pueden ser agroforestales, agropastoriles, agrosilvopastoriles o mediante el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) (González *et al.*, 2015). Este manejo del sistema, conlleva el pastoreo de vegetación secundaria, en plantaciones forestales y frutales, hasta sistemas tecnificados de alta densidad como el SSPi. Con especies leguminosas y gramíneas mejoradas, aprovechadas mediante pastoreo rotacional intensivo. Con el apoyo de agua de riego, división de potreros mediante cerco eléctrico y abrevaderos en cada potrero (González *et al.*, 2015). Estudios han reportado que estos sistemas son una opción sostenible para mejorar la ganadería, dado el alto rendimiento y calidad del forraje a lo largo de todo el año. Con lo cual, la producción de carne y leche puede verse favorecida. Además, estos sistemas proporcionan varios servicios ambientales. Como la captura de carbono, reducción en las emisiones de metano, fijación de nitrógeno atmosférico, como recuperadores de suelo y un efecto positivo en la biodiversidad del ecosistema (Bacab *et al.*, 2013).

Contribución de los SSPi a la economía de los sistemas de bovinos doble propósito

Se ha documentado el éxito del SSPi, en México y otros países de América Latina como Argentina, Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Venezuela, entre otros. Haciendo hincapié en una mayor producción de carne y leche, respecto del sistema extensivo convencional de producción, en regiones tropicales, a base de potreros o pastizales en monocultivo (Bacab y Solorio, 2011; Cuartas *et al.*, 2014). En primer lugar, debido a una mayor producción por animal y en segundo a un incremento en la producción por hectárea, dado que se ha demostrado que se puede mantener una mayor cantidad de animales por hectárea (Solorio *et al.*, 2011). El SSPi, también proporciona resultados alentadores en cuanto al retorno financiero, que fluctúa entre 13 y 28 % para sistemas de producción de leche, y para sistemas de engorda se encuentra ente el 12 y el 27 %, sin contemplar los

ingresos por venta de madera (Cuartas *et al.*, 2014). En México, se ha reportado un rendimiento del 12 % de la inversión, para la engorda de toretes, empleando el SSPi como base alimenticia (González, 2016). También, se ha observado que el retorno financiero se incrementa a razón de 0.74 % por hectárea adicional, al aumentar el área utilizada como SSPi, de 5 a 15 hectáreas (Murgueitio *et al.*, 2009).

Contribución de los SSPi al comportamiento productivo de bovinos doble propósito

El SSPi, empleado en sistemas de producción de BDP, puede incrementar el rendimiento productivo, carne y leche, por animal y por unidad de área (Ku *et al.*, 2014). El nivel de producción de leche se encuentra entre los 7 y 14 kg vaca⁻¹ día⁻¹ (Bacab y Solorio, 2011; González *et al.*, 2015). Para vacas Holstein x Cebú, se ha reportado una producción de 6.1 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, alimentadas en pastoreo con *Panicum máximum* + 2 kg de follaje de *Leucaena leucocephala* henificado (Bobadilla *et al.*, 2007). Tinoco *et al.* (2012) indicaron una producción de leche de 10.55 kg vaca⁻¹ día⁻¹, para vacas Holstein y Pardo Suizo cruzadas con Cebú, pastoreando en potreros del SSPi + suplementación con sorgo molido, a razón del 0.4% del peso vivo. Por su parte, Peniche *et al.* (2014), reportaron una producción de 11.97 kg vaca⁻¹ día⁻¹, en vacas Holstein x Cebú, en su primer tercio de lactancia, pastoreando *Cynodon plectostachyus* + 1.97 kg de concentrado comercial y, con 4 horas de acceso a una asociación *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*. Bottini *et al.* (2016), por su parte obtuvieron una producción de 13.5 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, en vacas doble propósito, pastoreando en SSPi y suplementadas con 4.8 kg de sorgo molido vaca⁻¹ día⁻¹, en base seca. En Venezuela, Razz *et al.* (2004) reportaron una producción de 9.59 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, para vacas doble propósito alimentadas con *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* en pastoreo, más 2 kg de concentrado comercial.

Para producción de carne el SSP, también ha tenido un efecto positivo, llegando a incrementar las ganancias de peso hasta en un 200% respecto de un manejo

tradicional de BDP, sin tecnificación (Gonzales *et al.*, 2015). En México se registró una ganancia de peso de 0.760 kg animal⁻¹ día⁻¹, en toretes pastoreando en potreros del SSPi, en el Valle de Apatzingán (Ayala *et al.*, 2013). También se reportó una ganancia de 0.882 y 0.832 kg animal⁻¹ día⁻¹, para toretes tipo *Taurus* e *Indicus*, respetivamente, alimentados en pastoreo de potreros SSPi (Mahecha *et al.*, 2012). Lefroy (2002) indico, que el empleo de Leucaena en Australia puede incrementar la producción de carne 3-6 veces, alcanzando los 2000 kg de carne ha⁻¹ año⁻¹, como resultado de la combinación de mayores ganancias de peso, mayor capacidad de carga y longevidad de los potreros SSP (30-40 años). Resaltando la calidad nutricional de Leucaena, como suplemento a potreros de gramíneas, con ganancias de peso vivo de 1.26 kg cabeza⁻¹ día⁻¹, para ganado bovino.

Adopción de los SSPi en sistemas de producción de BDP

Se establecieron 6,400 hectáreas del SSPi durante 2010-2012, en 15 estados de la República Mexicana (FPM, 2013). Sin embargo, el costo por establecimiento del SSP, es el factor que más influye en la adopción del sistema (Solorio *et al.*, 2009), que para el año 2012 alcanzó la cantidad de \$13,700.00 ha⁻¹ (González, 2016). También, la alta probabilidad de falla en el establecimiento, debido al uso incorrecto de la semilla, falta del inoculo, la competencia con malezas, el ataque de insectos y falta de información, son otros factores que inhiben la adopción de esta tecnología (Lefroy, 2002 y Solorio *et al.*, 2009).

II. JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la sostenibilidad se basa en el análisis de tres puntos fundamentales el económico, el ecológico y el socio-territorial. Las unidades de producción de doble propósito, en el Altiplano Central de México, son medianamente sostenibles. La escala económica es el factor limitante de la sostenibilidad de estos sistemas (Salas, 2014). Así mismo, dentro del punto económico, el manejo nutricional durante el periodo de sequía, se convierte en un reto, debido a los costos que representa la compra de alimentos concentrados comerciales. Representando un desembolso del 70 al 90 % de los costos variables. En este sentido, la implementación de sistemas agroforestales, por ejemplo el sistema silvopastoril intensivo y el banco de proteína, entre otros, representan una oportunidad de mejorar la nutrición de rumiantes y disminuir costos de producción. Se ha logrado disminuir el empleo de alimento balanceado; al grado, de solo utilizar suplemento energético, a razón de 1.5 a 3 kg vaca⁻¹ día⁻¹. En este sentido es importante analizar el nivel de suplementación a emplear en la alimentación de bovinos doble propósito, cuya base alimenticia es el potrero silvopastoril. Con la finalidad de analizar el efecto que puede representar la suplementación, en términos productivos y económicos.

Además, también es importante evaluar el potencial que representa la implementación de bancos de proteína, como una estrategia para incrementar el secuestro de carbono y como mejorador del suelo, de las unidades de producción de bovinos doble propósito

III. HIPÓTESIS

Que la utilización potreros silvopastoriles, en la alimentación de bovinos doble propósito, ocasionará que las unidades de producción sean económica y financieramente viables.

Que conforme se incremente el nivel de suplementación en vacas doble propósito, el rendimiento productivo se verá modificado en el mismo sentido; así mismo que al incrementar el nivel de suplementación, la eficiencia en la utilización de la proteína proporcionada por *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus* y maíz molido, mejorará.

Que la implementación de bancos de proteína en unidades de producción de bovinos doble propósito, incrementará el secuestro de carbono. En el sentido de que al incrementar el número de plantas por hectárea, el secuestro de carbono también lo hará. Así también, que la inclusión de *Leucaena*, en unidades de producción de bovinos doble propósito, mejorará en el contenido mineral del suelo.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar sistemas silvopastoriles como base alimenticia en sistemas de producción de bovinos doble propósito.

Objetivos específicos

1. Analizar la información disponible a cerca de la sostenibilidad de sistemas de producción de bovinos doble propósito, en el Altiplano Central de México.
2. Realizar un análisis económico-financiero de una unidad de producción comercial, de bovinos doble propósito, bajo un sistema silvopastoril intensivo.
3. Evaluar el efecto de tres niveles de un suplemento energético en el comportamiento productivo y composición de la leche de bovinos doble propósito en el trópico de México.
4. Determinar el la captura de carbono en los sistemas de producción de bovinos doble propósito y aporte mineral al suelo, al implementar *Leucaena leucocephala* como banco de proteína.

V. MATERIAL Y METODOS

1. Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el altiplano central de México. Un enfoque sostenible de producción.

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el estado actual de la sostenibilidad en los sistemas de producción de bovinos doble propósito del altiplano central de México. Para determinar los factores que limitan el sistema y encausar posibles soluciones.

2. Evaluación económica y financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México

El trabajo se realizó en el municipio de Apatzingán, estado de Michoacán, ubicado en las coordenadas 19° 6.414' N, 102° 22.675' O, a 304 msnm. Con un clima Aw o tropical seco, precipitación de 762.8 mm y temperatura media anual de 28°C. La UP cuenta con 48 hectáreas establecidas con *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*, a una densidad de población de 60,467 (\pm 18,562) y 19,884 (\pm 4564) plantas hectárea⁻¹, respectivamente. La UP contó con 64 vacas en ordeño, resultado del encaste entre Gyr lechero X Holstein, (55 becerros y becerras, destetados de un año de edad). Las vacas en producción recibieron 3 kg de sorgo molido vaca⁻¹ día⁻¹, durante el ordeño. Al terminar el ordeño, las vacas ingresaron diariamente a un nuevo potrero silvopastoril dividido por cerco eléctrico y recibieron agua a libre acceso. Se colectó la información económica relacionada con la inversión total inicial, costo de producción e ingresos totales, para realizar un análisis económico-financiero de la UP. Los precios de los insumos, así como el de los productos obtenidos fueron los considerados en la UP durante 2015. Los ingresos percibidos, fueron producto de la venta de leche y por la venta de becerros y carne, durante el ciclo de producción analizado. El ordeño de las vacas fue de manera mecánica. Se registró la leche producida (kg vaca⁻¹ día⁻¹) durante cinco días consecutivos de cada mes. Las vacas se pesaron en una báscula electrónica. También se midió la condición corporal de las vacas en una escala de 1 a 5. Se emplearon las funciones de *Excel* para determinar la tasa interna de

retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) a una tasa de descuento del 10% y, la relación beneficio-costo ($R=B/C$) (González, 2016). El análisis financiero, se realizó para un horizonte de 10 años, asumiendo al momento del estudio como el primer año de operación de la UP.

3. Evaluación del comportamiento productivo de bovinos doble propósito pastoreando *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena leucocephala*, más un suplemento energético, bajo un enfoque silvopastoril.

Para evaluar el comportamiento productivo de bovinos doble propósito en sistemas silvopastoriles, se llevó a cabo un experimento, en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Localizado a 16° 14' N y 93° 16' W a una altitud de 540 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (1166 mm) y temperatura media anual de 24.6 °C (SMN, 2010).

Se utilizaron 6 vacas Pardo Suizo, distribuidas en un Cuadrado Latino 3x3 repetido. Las vacas fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres tratamientos. El tratamiento uno (Tx1) consistió en el consumo de cero kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento, Tx2 un consumo de 3 kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento y Tx3 consistió en 5 kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento. Todas las vacas del experimento tuvieron acceso a potreros de *Cp* y a banco de proteína con *Ll*. El suplemento se constituyó de una mezcla de 800 gramos de maíz molido y 200 gramos de melaza por kg de MS. Para determinar la producción diaria de leche, los últimos cinco días de cada periodo experimental, se pesó la leche producida de manera individual, en una báscula electrónica. El peso de las vacas se registró dos días antes del inicio del experimento, así como los dos últimos días de cada periodo experimental. Así también, se registró la condición corporal de las vacas en una escala de 1-5. El último día de cada periodo experimental, se colectó dos muestras de leche por vaca por periodo. Las muestras se almacenaron a una temperatura de 4 a 6 °C. En una de las muestras se determinó el contenido de proteína, grasa, sólidos no grasos, densidad y lactosa, mediante espectroscopía infrarroja (Lactichek®). La segunda muestra de leche, fue almacenada a -20 °C, hasta su análisis de nitrógeno ureico en leche, por colorimetría enzimática. Se realizó un análisis de

varianza sobre producción de leche, cambio de peso vivo y composición de la leche, utilizando MODEL MIXED de SAS 9.0 (SAS *Institute* 2002), para un diseño de Cuadrado Latino 3x3 repetido (Avilés *et al.*, 2013).

4. Estimación de la captura de carbono en sistemas silvopastoriles del trópico seco de Chiapas, México

El trabajo se realizó en tres municipios ubicados en la zona socioeconómica “La Flailesca” del Estado de Chiapas, México. i. Cintalapa, en las coordenadas 16°41'52" N y 93°43'13" O, a una altura promedio de 540 msnm (SMN, 2010). ii. Villaflores, se ubica a 16°14'00" N y 93°16'09" O y 560 msnm. iii. Tuxtla Gutiérrez en las coordenadas 16°45'11" N y 93°06'56" O, a 522 msnm. En las zonas de estudio predomina el clima cálido subhúmedo (Aw) con lluvias en verano, precipitaciones entre 865-1200 mm y temperatura media anual de 25.7°C (GECh, 2016).

Potreros experimentales

Se evaluaron tres potreros característicos de un SSP. Los potreros en estudio, tienen una superficie de una ha y edades de implantación de 1 año (SSP1), 1.3 años (SSP2) y 2 años (SSP3), localizados en Cintalapa, Villaflores y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, respectivamente. Los tres potreros fueron sembrados con *Leucaena* en asociación con *Panicum maximun L. ó Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf*. Como control, se contó con un potrero convencional en monocultivo, establecida con *Cynodon plectostachyus K. Schum*, (SCP), el cual fue pastoreado durante la época de sequía. Los cuatro potreros se monitorearon durante el periodo comprendido entre enero y marzo de 2015, considerado como un periodo de sequía en la zona de estudio que comprende final del invierno e inicio de primavera.

Los tratamientos relacionados con la densidad de planta, se establecieron con base a la regla de Sturges (Vilez, 2004), para el establecimiento de rangos de clase. De lo anterior, se obtuvieron tres densidades (D) de *Leucaena*: D1 = 33, 440 ($\pm 15,280$) plantas ha⁻¹ en SSP3; D2 = 48,720 ($\pm 24,788$) plantas ha⁻¹ en SSP1 y D3 = 87, 048 ($\pm 29,748$) plantas ha⁻¹ en SSP2.

Determinación de biomasa y carbono (C) aéreo (Ca) en plantas

En cada potrero, se realizaron 10 muestreos al azar. Cada punto de muestreo tuvo un área de 8 m² (5 m de largo x 1.6 m de ancho), de acuerdo a las indicaciones de Solorio *et al.* (2011). Se contabilizaron, cortaron y pesaron las plantas de *Leucaena*, presentes y se separó la porción de tallo y hoja. Posteriormente se obtuvo una submuestra de cada porción, que fueron secadas hasta peso constante (A.O.A.C., 1980). Además, se seleccionaron tres plantas de *Leucaena* y se registró la circunferencia (CIR) de la base del tallo (Takimoto *et al.*, 2008) y la altura (ALT). Las mediciones de las plantas fueron relacionadas con la MS ha⁻¹ disponible, mediante regresión lineal múltiple, considerando la densidad de plantas en los puntos de muestreo. Para el cálculo del contenido de C para ambos componentes, se utilizó la constante propuesta por el IPCC (2003), que indica que 50% de la MS corresponde a este elemento. En este sentido, las variables respuesta para evaluar el contenido de (Ca), fueron materia seca total (MST), materia seca en tallo (MSt), materia seca en hoja (MSh), C total en Tallo (CTt), C total en hoja (CTh) y C total almacenado (CTa), expresado en t ha⁻¹.

Determinación de C en raíces (Cr)

Se estimó la biomasa presente en las raíces, considerando las 3 plantas en los 10 puntos de muestreo de los tres potreros y, en base al modelo alométrico de Andrade e Ibrahim (2003) que considera la biomasa aérea. Entonces: $Cr = 0.231 * Ca$.

Determinación de C en hojarasca (Ch)

En el centro de cada punto de muestreo, se colocó un cuadrante de 0.25 m² sobre la superficie del suelo, del cual se colectó y pesó la hojarasca presente en su interior. Posteriormente se tomó una muestra, para determinar el contenido de materia seca y C (Solorio *et al.*, 2011).

Determinación de C en la materia orgánica (MO) del suelo (COs)

En los mismos puntos de muestreo de la hojarasca, se tomó una muestra de suelo, con barrena tipo Hoffer, a una profundidad de 0-30 cm. Se mezclaron las muestras, para obtener un pool por SSP (Solorio *et al.*, 2011; Amézquita *et al.*,

2004). Este pool se sometió a análisis, para determinar la densidad aparente y *MO* por el método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1938). Para la determinación del *COs*, se utilizó el factor de corrección de 1.724 de acuerdo a las especificaciones de Andrade e Ibrahim (2003).

Determinación del contenido de N, P y K en el suelo

A cada submuestra de suelo del *SSP1*, *SSP1.3* y *SSP2*, se le determinó el contenido de N, P y K. Para contrastar el efecto de la inclusión de *Leucaena* sobre el contenido mineral del suelo, se tomaron 10 muestras de suelo de un potrero convencional en monocultivo, adyacente a cada potrero del SSP. Estos potreros se denominaron “potreros SPC1, SPC2 y SPC3”. Las muestras de suelo, fueron secadas a la sombra y pasadas por un tamiz de 2 mm, posteriormente se obtuvo el contenido de NH_4^+ , NH_3^- , PO^- y K^+ , mediante espectrofotometría (HANNA HI 83215, *Nutrient Analysis Photometer*), de acuerdo a la metodología descrita por Bartošová *et al.* (2012).

Análisis estadístico

Las variables respuesta fueron analizadas bajo un diseño de bloques completamente al azar (SAS, 2002). Al existir diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de Tukey para comparación de medias a un nivel de significancia $P < 0.05$. También se realizó un análisis de regresión lineal múltiple (PROG REG), para determinar la relación entre las medidas agronómicas de *Leucaena* y el contenido de materia seca (MSt ha^{-1}). Las variables ALT y CIR de *Leucaena*, incluidas en el modelo fueron normalizadas mediante la función logaritmo natural (LN). También se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad por medio del análisis gráfico de los residuales del modelo de regresión (Gómez *et al.*, 2010). Adicionalmente, se analizó mediante una prueba de *T de Student*, el efecto en el contenido mineral del suelo (N, P y K), entre los potreros del SSP y sus respectivos potreros convencionales adyacentes, a un nivel de significancia $P < 0.05$.

VI. RESULTADOS

6.1 Estrada L.I., Vences P.J., Salas R.I.G., Arriaga J.C.M., Albarrán P.B., Yong Á.G. y García M.A. (2017). Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el altiplano central de México. Un enfoque sostenible de producción. En: Estudios sociales y económicos de la producción pecuaria. (En edición)

6.2 Estrada L.I., Portillo A.B., Yong A.G. y García M.A. (2017). Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México. Asociación Mexicana de Producción Animal, Universidad Autónoma de Chiapas. (Aceptado)

6.3 Estrada L.I., Portillo A.B., Yong A.G., Rayas A.A.A. y García M.A. (2017). Evaluación productiva y económica de bovinos doble propósito en un sistema silvopastoril intensivo en Michoacán, México. (Enviado a CIENCIA ergo-sum)

6.4 Estrada L.I., Macías F.G.P., Robles A.L.F, Albarrán P.B., García M.A. y Yong Á.G. (2016). Composición de la leche de bovinos doble propósito bajo tres niveles de suplementación. Congreso Mesoamericano de Investigación. Universidad Autónoma de Chiapas. Dirección General de Investigación y Posgrado. México, Número 3, ISSN: 2395-8111, 1304 p.

6.5 Estrada L.I., Yong Á.G., Albarrán P.B., Macías F.G.P., Martínez A.L.F., Esparza J.S. y García M.A. (2017). Efecto de la suplementación energética sobre la composición y producción de leche en vacas doble propósito pastoreando *Cynodon plectostachyus* más *Leucaena leucocephala* (Para publicación)

6.6 Estrada L.I., Yong Á.G., Albarrán P.B., Macías F.G.P. y García M.A. (2017). Almacenamiento de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio en potreros con *Leucaena (Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.)* en el trópico de México. (Para publicación)



ISABEL ESTRADA LOPEZ <estradalopezisael@gmail.com>

Solicitud de Información sobre trabajos enviados

Beatriz Nava <betynm@hotmail.com>
Para: ISABEL ESTRADA LOPEZ <estradalopezisael@gmail.com>

2 de febrero de 2017, 12:22

Estimado Isael Estrada López.

Una sincera disculpa por no contestar con anterioridad. Me es grato informarle que su trabajo "Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el altiplano central de México. Un enfoque sostenible de producción" fue aceptado para su publicación en el libro Estudios sociales y económicos de la producción pecuaria, mismo que actualmente se encuentra en proceso de edición.

Nuevamente una disculpa por la respuesta tardía. Saludos.

Beatriz Nava Moreno
Lic. en Informática Administrativa

De: ISABEL ESTRADA LOPEZ <estradalopezisael@gmail.com>

Enviado: viernes, 16 de diciembre de 2016 06:56 p. m.

Para: betynm@hotmail.com

Asunto: Fwd: Solicitud de Información sobre trabajos enviados

[El texto citado está oculto]

Inicio

Organizadores

Publicaciones

Enlaces

Contacto

II Seminario Nacional

de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria

*"La ganadería mexicana ante los nuevos escenarios internacionales"*Colegio de Postgraduados, Campus Puebla
9 y 10 de noviembre de 2017

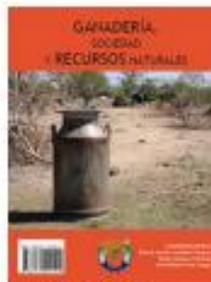
Publicaciones

Para acceder al contenido del libro deseado, de clic sobre la imagen de portada.

Estudios sociales y económicos de la Producción Pecuaria

Coordinadores
Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
José Alfredo Cesán Vargas
Benito Ramírez Valverde

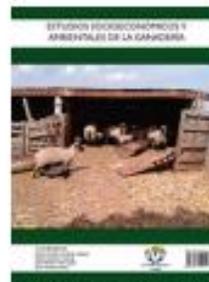
Próximamente



Ganadería, sociedad y Recursos Naturales

Coordinadores
Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
José Alfredo Cesán Vargas
Benito Ramírez Valverde

Primera edición, octubre de 2016
ISBN: 978-607-12-0442-4



Estudios socioeconómicos y ambientales de la Ganadería

Coordinadores
Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
Benito Ramírez Valverde
José Alfredo Cesán Vargas
Javier Ramírez Juárez

Primera edición, Octubre 2015
ISBN 978-607-12-0417-2



La ganadería mexicana a 20 años del Tratado de Libre Comercio de América del Norte

Coordinadores
Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
Benito Ramírez Valverde
José Alfredo Cesán Vargas
Javier Ramírez Juárez

Primera edición, 2 de octubre de 2014
ISBN: 958-830-433-4



La ganadería en la seguridad alimentaria de las familias campesinas

Coordinadores
Beatriz A. Cavallotti Vázquez
Benito Ramírez Valverde
Alfredo Cesán Vargas
Gustavo E. Rojo Martínez
Carlos F. Marcof Álvarez

Primera edición, 16 de octubre de 2013
ISBN: 432-341-300-0

Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el altiplano central de México. Un enfoque sostenible de producción.

Isael Estrada López¹, Jovel Vences Pérez¹, Isela Guadalupe Salas Reyes¹, Carlos Manuel Arriaga Jordán²; Benito Albarrán-Portillo¹, Gilberto Yong Ángel³ y Anastacio García Martínez^{1*}

Introducción

En la actualidad el sector agropecuario se encuentra atravesando uno de los momentos más controversiales de su historia a nivel mundial, con la disyuntiva de aumentar la producción de alimento para consumo humano y, a su vez, reducir el impacto ambiental relacionado con sus actividades. De acuerdo a lo reportado por la FAO, la demanda de proteínas de origen animal se duplicará para el año 2050, debido al incremento de la población mundial (FAO, 2011: 78). Una de las opciones para cubrir la demanda de alimentos para la población, es la intensificación sostenible de las actividades agropecuarias (Riar, Coventry, 2013: 64), debido al efecto de las actividades antropogénicas sobre los agroecosistemas (Steinfeld *et al.*, 2006: 2).

En México (altiplano central-oriente-norte-sur), en los sistemas doble propósito (SPBDP) existe una amplia variación de Unidades de Producción (UP) (Hernández *et al.*, 2013: 23) debido a las condiciones del medio socioeconómico en el que se desarrollan (García *et al.*, 2015:128), por lo que estudiar la sostenibilidad, implica analizar los puntos críticos y las posibles estrategias de mejoramiento, en diferentes escenarios. La utilización de forrajes de buena calidad en términos de rendimiento y características nutricionales, como *Digitaria decumbens* y *Panicum maximum* (Stobbs, 1971: 160), producidos en la misma UP (Chapman *et al.*, 2008: 109, 120) e integrando prácticas agroforestales, mediante el silvopastoreo, de potreros que incluyan especies leguminosas como *Leucaena leucocephala*, puede ser una vía para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del sistema (Ku *et al.*,

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300. Correo electrónico: estradalopezisael@gmail.com, VENJOVEN17@yahoo.com.mx, Sari_azul_9@hotmail.com, balbarranp@gmail.com, *angama.agm@gmail.com. *Autor para correspondencia.

² Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto literario #100, 50000 Toluca, Estado de México, México

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050. Correo electrónico: gilberto.yong@gmail.com.

2014: 43, 46), además de contrarrestar los efectos estacionales en el crecimiento de forrajes y producción carne y leche. En función de lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la información disponible a cerca de la sostenibilidad de sistemas de producción de bovinos, en el Altiplano Central de México, para identificar los principales factores que limitan su desarrollo y analizar las tendencias y perspectivas, maximizando el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Características de las unidades de producción manejadas bajo el sistema de producción doble propósito, en la región sur del Estado de México

El SPBDP en el sur del Estado de México, es semejante al practicado en otras regiones tropicales de México, como es el caso de Chiapas (Puebla *et al.*, 2015: 14; Orantes *et al.*, 2014: 50; Aguilar *et al.*, 2012:27) y, se lleva a cabo en UP, que cuentan con un área aproximada de 48.08 (\pm 34.20) hectáreas, 27.33 (\pm 5.13) cabezas de bovinos y una producción de 5.14 (\pm 0.20) litros de leche vaca⁻¹ día⁻¹ (Puebla *et al.*, 2015: 16, 17; Vences *et al.*, 2015: 21-23). Estos bovinos, son manejados de manera semi extensiva (Puebla *et al.*, 2015: 15; Salas *et al.*, 2015: 1191), con una carga animal de 1.06 (\pm 1.07) animales por hectárea; y la producción de leche y carne, representan el 42 y 48 % de los ingresos totales de las UP (Salas *et al.*, 2015: 1192).

Perspectivas de sostenibilidad en los sistemas de producción doble propósito, en la región sur del Estado de México

Metodología

Se analizó la información bibliográfica disponible sobre sostenibilidad y método IDEA en el sur del Estado de México, en los municipios de Tlatlaya, Zacazonapan y Tejupilco, entre 2013 y 2015.

El método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles o Indicadores de la Sostenibilidad de las Explotaciones Agrícolas), está integrado por 16 objetivos, en tres escalas de la sostenibilidad: socio-territorial, económica y agro-ecológica. Cada escala está integrada con tres o cuatro componentes que hacen un total de 10, cada componente está integrado por un total de 42 indicadores (Vilain *et al.*, 2008).

Escala agroecológica

Al aplicar el método IDEA, Vences (2014: 51) y Salas *et al.* (2015: 1190) reportaron que el SPBDP resulta sostenible en la escala agroecológica, obteniendo entre 70 y 80 puntos de 100 permisibles, debido a la integración en la producción, de residuos de cultivos anuales hacia la producción animal (Salas *et al.*, 2015: 1190). La baja o nula fertilización de potreros naturales o inducidas, le confiere al sistema, baja dependencia de este insumo (Vences *et al.*, 2015: 25; Salas *et al.*, 2015: 1190). También, existe una baja presión sobre el agroecosistema, debido a una baja presión de pastoreo, por presentar una carga animal baja (Hernández *et al.*, 2006: 9). Por otro lado, la implementación de leguminosas en potreros de SPBDP, puede resultar una opción viable, para mejorar el contenido de Nitrógeno en el suelo, debido a la capacidad de fijar Nitrógeno atmosférico cuando se encuentran en simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium*. Al respecto, se debe tener en cuenta que el nitrógeno es demasiado móvil en el suelo y, es rápidamente aprovechado por las plantas. Aunado a esto, puede perderse por lixiviación y volatilización, situación que podría influir sobre los resultados, al momento de realizar un análisis mineral del suelo. Como se muestra en el Cuadro 1, donde no se observa un efecto en el contenido mineral del suelo, con la edad de implantación del sistema silvopastoril.

Cuadro 1. Composición mineral del suelo en monocultivo de gramíneas y sistemas silvopastoriles

| Tratamiento | N (%) | P (mg kg ⁻¹) |
|----------------------------------|-------|--------------------------|
| Monocultivo gramínea | 0.09 | 2.08 |
| Sistema silvopastoril de 5 años | 0.07 | 2.28 |
| Sistema silvopastoril de 7 años | 0.07 | 1.62 |
| Sistema silvopastoril de 10 años | 0.05 | 1.63 |

Fuente: Medina *et al.*, 2012: 33.

Escala social

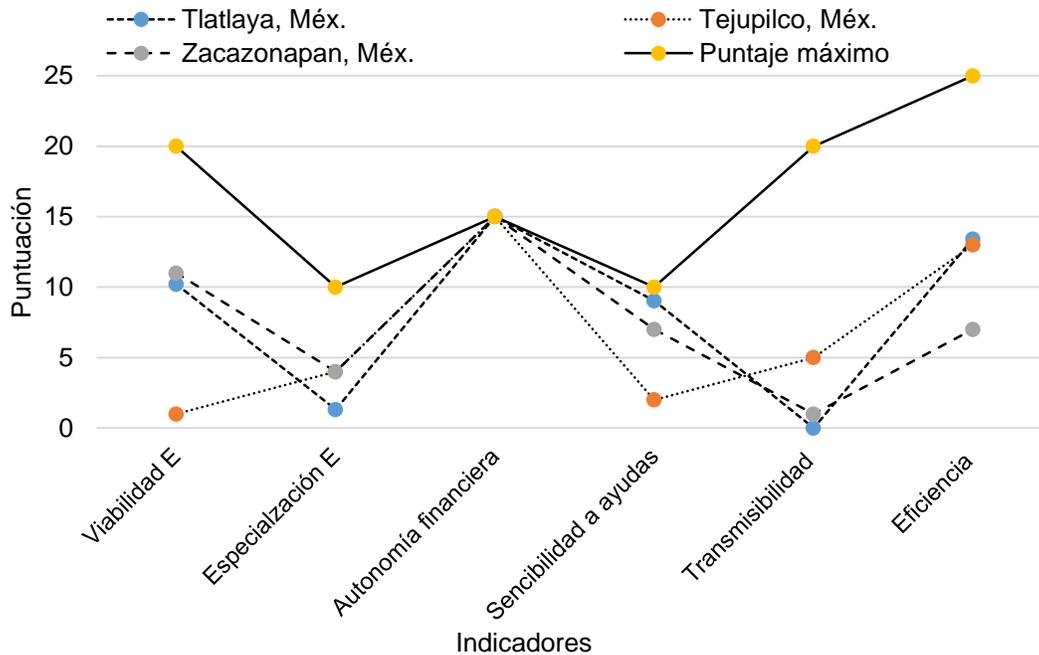
El SPBDP resulta sostenible, obteniendo entre 60 y 70 puntos de 100 permisibles (Salas *et al.*, 2015: 1190; Vences *et al.*, 2015: 27); puntualizando en diversas circunstancias. Por ejemplo, la importancia del sistema como generador de ingresos, a través del autoempleo (Salas *et al.*, 2015: 1189). Por un lado, faltan mejores oportunidades laborales, dado el bajo nivel educativo y la edad avanzada de los titulares de las UP (Vences *et al.*, 2015: 21); y por otro, el nulo nivel organizacional (Salas *et al.*, 2015: 1190; Vences *et al.*, 2015: 27) que le confiere al sistema gran vulnerabilidad, debido a la extrema dependencia de insumos externos durante la escasez de forraje para el ganado (Puebla *et al.*, 2015: 17). En este sentido, para adquirir los ingredientes, para elaborar un concentrado propio, los titulares de las UP quedan excluidos de los mercados de volumen, debido a la atomización de las UP y como resultado, obtienen alimentos concentrados comerciales a precios elevados.

Escala económica

El SPBDP resulta limitante en esta escala, obteniendo entre 40 y 60 puntos de los 100 permisibles (Salas *et al.*, 2015: 1192; Vences *et al.*, 2015: 28). Los indicadores eficiencia del proceso productivo, viabilidad económica y transmisibilidad ejercen el mayor impacto en esta escala (Puebla *et al.*, 2015; Salas *et al.*, 2015: 1191; Vences *et al.*, 2015: 28), observándose una mayor viabilidad económica en los municipios de Tlatlaya y Zacazonapan en comparación con el municipio de Tejupilco, sin embargo los más eficientes fueron Tejupilco y Tlatlaya (Figura 1). Lo anterior indica que los titulares de las UP, están autofinanciando el proceso productivo y visualizan sus UP como un sistema de ahorro (Ponce, 2000: 177).

Esto hace vulnerables a las UP y en riesgo de abandonar la actividad productiva, debido a la falta de sucesión generacional, ya que los hijos de los titulares de las UP, no están interesados en retomar la actividad ganadera (García *et al.*, 2015).

Figura 1. La sostenibilidad económica del sistema de producción bovinos doble propósito en el sur del Estado de México (Escala económica)



Fuente: Vences (2014: 98), Puebla (2014: 68) y Salas *et al.* (2015: 1191). E= económica

La variación estacional en la disponibilidad de agua, provoca que durante la época de sequía con el reducido desarrollo vegetativo de los forrajes, sea necesario utilizar alimentos concentrados, ya sea elaborados en la propia UP, utilizando insumos propios mezclados con productos externos a la UP (Salas *et al.*, 2015: 1192) o adquiriéndolos en su totalidad de fuentes externas, lo que provoca un incremento de los costos de producción a niveles de entre 50 y 90% para la época de sequía (Puebla *et al.*, 2015: 17; Vences *et al.*, 2015: 22). Aunque pueden reducirse 50% aproximadamente durante el periodo de lluvias (Salas, 2014). En función de lo anterior, algunas opciones de alimentación para el ganado doble propósito (DP), es la conservación de forrajes excedentes durante el periodo de lluvias (heno o ensilados), mismos que pueden ser utilizados para alimentar al ganado durante la época de sequía. Otras opciones es el establecimiento de

bancos de proteína con especies leguminosas que funcionan como fuente de proteína y presentan mayor digestibilidad (Ku *et al.*, 2014: 46), en relación a las gramíneas, como se muestra en el Cuadro 2. Estas estrategias de alimentación características en SPBDP en el sur del Estado de México, se complementan con los residuos de cosecha, arvenses y mazorca molida (Albarrán *et al.*, 2015: 521), que garantizan la alimentación y existe la posibilidad de contrarrestar los efectos que el ambiente socio económico, ejerce sobre la disponibilidad de forraje a lo largo de un ciclo de producción.

Cuadro 2. Composición nutricional de *Leucaena leucocephala*, *Brachiaria brizantha* y su proporción consumida en silvopastoreo

| Tratamiento | PC | FND | FDA | HEM | MO |
|------------------------------|------|------|------|------|------|
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 21.7 | 45.1 | 16.9 | 28.1 | 89.2 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | 8.1 | 59.0 | 26.9 | 32.1 | 85.0 |

Bb:LI.= B. brizantha + L. leucocephala. PC= Proteína cruda, FND= Fibra neutro detergente, FAD= Fibra ácido detergente, HEM= Hemicelulosa, MO= Materia orgánica

Fuente: Bugarín *et al.*, 2010.

El enfoque de sostenibilidad y aprovechamiento de los recursos en la ganadería doble propósito

El SPBDP en México cuenta con dos millones y medio de vacas y la mitad de estas vacas se dedican a la producción de leche, aportando 20% de la leche y 40% de la carne nacional total (SIAP, 2012). El manejo y el aprovechamiento de recursos para esta actividad, presentan diferente grado de eficiencia en las escalas ambiental, social y económica, como se ha reportado en los trabajos de Puebla *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2015 y Salas *et al.*, 2015. Aunque también depende de la diversidad de UP en zonas rurales y la orientación de la producción (leche o carne) como se ha indicado en trabajos de García *et al.* (2015). La ganadería *per se* representa una actividad económica en zonas rurales por los ingresos que genera (Rojo *et al.*, 2009) y representar un modo de vida para una proporción de la población rural.

La disponibilidad de superficies para el cultivo de forraje para alimentación del ganado es fundamental y se convierte en el principal recurso en SPBDP. Sin embargo, también es un factor limitante, ante la necesidad de incrementar la

producción de alimentos, para una población mundial en constante crecimiento, y para incrementar los niveles de producción por unidad de área. Esto ocasiona la apertura de nuevas tierras para uso agropecuario (Steinfeld *et al.*, 2006: 3; Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Última Reforma DOF 26-03-2015: 22). Bajo este enfoque, resulta factible cambiar el promedio de leche producida por día por vaca, de 5.14 kg a 7 0 14.0 kg. Pero ello depende de la especie forrajera utilizada en la alimentación y raza de ganado presente en la UP (Stobbs, 1971: 161). Además de los programas de reproducción y mejoramiento genético de animales que se adapten a las condiciones agroclimáticas locales, así como la implementación de estrategias de producción eficaces, en función de la orientación de la producción; leche o carne. Sin embargo, lo anterior puede incrementar la producción, pero no necesariamente la productividad o eficiencia del sistema (Scholtz *et al.*, 2013: 272), aunque evita cambiar el uso del suelo y agua, conservando las selvas y bosques, suelos y reservas hídricas (Magaña *et al.*, 2006: 109).

Además, para entender los términos “agricultura y ganadería sostenibles”, es esencial una apreciación desde una filosofía de sistemas. Un enfoque de sistemas, permite una amplia visión de las consecuencias de las prácticas agrícolas y pecuarias, sobre el ambiente y bienestar humano. Además proporciona las herramientas para explorar las interconexiones de la agricultura y ganadería con aspectos ambientales y sociales e implica un esfuerzo interdisciplinario en educación e investigación entre investigadores, productores, consumidores y legisladores (Damron, 2006: 763).

La sostenibilidad de la agricultura y ganadería en su conjunto se refiere al uso de los recursos biofísicos, económicos y sociales en un espacio geográfico y de acuerdo a su capacidad de gestión, para obtener bienes y servicios, directos e indirectos para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (IICA, 1992: 29). Lo anterior identifica UP no sostenibles o UP muy sostenibles y permite la adopción de prácticas agropecuarias adaptadas a cada UP para mejorar continuamente el sistema de producción (Damron, 2006: 761).

La cría y explotación de ganado en la agricultura sostenible, se justifica en el sentido de que dan valor agregado a los cultivos, funcionando como un amortiguador en las fluctuaciones de los precios de los cereales (maíz) y otros insumos agrícolas. Así el ganado, funciona como reservorio o almacén de alimento en caso de presentarse alguna catástrofe natural (FAO, 2011: 23; Damron, 2006: 764), su producción es una fuente que genera empleo y capital a lo largo del año para la población rural, ofrece variantes en el número de productos obtenidos en la UP (carne, leche y subproductos), funcionan como fuente de ahorro y en su explotación se utilizan suelos no aptos para la agricultura. En este tenor, la combinación de cultivos y ganado es fundamental para un sistema sostenible exitoso, basados en la interrelación entre capital, tierra y una diversidad de plantas, animales y el humano en completa simbiosis (Damron, 2006: 765).

La meta no es obtener el máximo beneficio económico, sino producir tanto como sea posible sin afectar los recursos disponibles, mejorar las condiciones de vida de la población directamente involucrada y favorecer la continuidad de la actividad y la UP (Damron, 2006: 768).

La adaptación al incremento en la demanda de alimentos de origen animal, puede incluir cambios en las UP: i. en la especie animal con la que se desea producir y, ii. en la intensificación del sistema de producción para obtener beneficios económicos para vivir decorosamente pero respetando los procesos biológicos de la naturaleza. Por otro lado, un enfoque de maximización de ganancias económicas, por sí solo, ha ocasionado una disminución de los recursos hídricos, erosión del suelo, disminución de la calidad del agua y pérdida de la biodiversidad. Bajo este enfoque, el desarrollo sostenible requiere por lo tanto, considerar un balance entre las funciones económicas de producción y los servicios sociales y ambientales del sistema de producción (Gutzler *et al.*, 2015: 506; Clay *et al.*, 2014: 23).

Una de las aproximaciones más prometedoras de sistemas mixtos es la agroforestería. Una modalidad de sistemas agroforestales son los sistemas silvopastoriles, integrados por árboles, arbustos, cultivos, pasto, animales, suelo y subsuelo (Palma, 2005: 2; Bacab *et al.*, 2013: 70; Damron, 2006). La

implementación de estos factores en el SPBDP, promueve la utilización de especies nativas (leguminosas y no leguminosas) con potencial forrajero (Ku *et al.*, 2014: 43). En este sentido, se han realizado avances importantes en México y otros países tropicales de América Latina, Asia y Oceanía (Ku *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2008; Hermosillo *et al.*, 2008; Rosales *et al.*, 2008; Palma, 2006; Sosa *et al.*, 2004; Shelton, 2000). La especie que sobresale es *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., por su manejo, rendimiento y características nutricionales para el ganado, particularmente digestibilidad y contenido de proteína cruda (Cuadro 3), además de las ventajas sobre la conservación del suelo y el ambiente.

Cuadro 3. Composición química y degradación del forraje de diferentes especies de *Leucaena*

| Especie | Composición Química (%) | | | Degradación (%) | |
|---------------------------------------|-------------------------|------|------|-----------------|------|
| | PC | FDN | FDA | MS | PC |
| <i>Leucaena lanceolata</i> | 22.3 | 40.0 | 27.3 | 69.6 | 55.5 |
| <i>Leucaena pallida</i> | 23.7 | 37.4 | 26.6 | 58.4 | 26.0 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 25.6 | 31.7 | 21.9 | 80.3 | 52.2 |
| <i>Leucaena leucocephala glabrata</i> | 21.1 | 35.2 | 22.7 | 74.6 | 46.7 |
| <i>Leucaena esculenta paniculata</i> | 24.5 | 36.8 | 24.9 | 69.8 | 37.0 |

PC=proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácida, MS= Materia seca.

Fuente: Solorio y Solorio, 2008: 26.

Además de su alto valor nutritivo, varios recursos tropicales (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Pithecellobium dulce*, *Acacia farnesiana*), pueden contener taninos condensados, que pueden provocar beneficios en la producción de rumiantes, tales como mejor utilización de la proteína de la dieta, mayores tasas de crecimiento, ganancia de peso, producción de leche y mejorar el bienestar animal y su salud mediante la prevención de timpanismo y un efecto antiparasitario (Mueller, 2006). Todo lo anterior, repercute en la fertilización del suelo por la deposición de heces durante el pastoreo del ganado, evita la erosión del suelo y sirven como cortina rompe vientos (da Mota *et al.*, 2010) e incrementa los ingresos en la UP y favorece el bienestar del productor y su familia y la continuidad de la actividad y de la UP (García *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Existen factores internos y externos a las unidades de producción en sistemas doble propósito en el sur del Estado de México, que les confieren un nivel sostenible en aspectos agroecológicos y sociales. Sin embargo aspectos económicos limitan la sostenibilidad del sistema en producción en su conjunto. La inclusión de especies arbustivas y arbóreas locales (leguminosas), en bancos de proteína o asociada con gramíneas, incide positivamente en la sostenibilidad de sistemas de producción de bovinos doble propósito.

LITERATURA CITADA

1. Aguilar, R., Nahed, J., Parra, M., García, L., Ferguson, B., 2012. *Medios de vida y aproximación de sistemas ganaderos al estándar de producción orgánica en Villaflores, Chiapas, México*. Avances en Investigación Agropecuaria, Colima, México, vol. 16, núm. 3, pp. 21-51
2. Albarrán P.B., Rebollar R.S., García M.A., Rojo R.R., Avilés N.F. & Arriaga J.C.M., 2015. *Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico*. Tropical Animal Health and Production. 47(3):519-23
3. 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
4. Bugarín P.J., Lemus F.C., Sangines G.L., Aguirre O.J. y Ramos Q.A., 2010. Comportamiento productivo de ovinos en crecimiento en un sistema silvopastoril (*Leucaena leucocephala* – *Brachiaria brizantha*). En: Compiladores: Aguirre O.J., Martínez G.S., Gómez D.A.A. *V Reunión Nacional Sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles, Nayarit 2010 «Bienestar Animal en Sistemas Silvopastoriles»*. Universidad Autónoma de Nayarit, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Nayarit. 245 pp.
5. Chapman D.F., Kenny S.N., Beca D. & Johnson I.R., 2008. *Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in southern Australia. 1. Physical production and economic performance*. Agricultural Systems 97: 108–125.

6. Clay D.E., Clay S.A., Reitsma K.D., Dunn B.H., Smart A.J., Carlson G.G., Horvath D., Stone J.J., 2014. *Does the conversion of grasslands to row crop production in semi-arid areas threaten global food supplies?* *Global Food Security* 3:22–30.
7. da Mota C., Ribeiro G., Arruda R., Pimenta F., Alonso J., Caldeira I. y Maia C.A., 2010. Evaluación de árboles en cortinas rompevientos y su efecto en áreas de pastoreo en el norte de Minas Gerais. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44(3): 301-306.
8. Damron D.S., 2006. *Introduction to Animal Science: Global, biological, social, and industry perspective*. Third Edition. Pearson Prentice Hall. 816 pp.
9. DOF, 2015. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última Reforma DOF 26-03-2015). En: <http://www.dof.gob.mx/> (Consultada el 20 de Mayo de 2015).
10. FAO, 2011. *World livestock. Livestock in food security*. Rome, FAO.
11. García M.A., Albarrán P.B., Avilés N.F., 2015. *Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el sur del Estado de México*. *Agrociencia* (49) 125-139.
12. Gutzler C., Helming K., Balla D., Dannowski R., Deumlich D., Glemnitz M., Knierim A., Mirschel W., Nendel C., Paul C., Sieber S., Stachow U., Starick A., Wieland R., Wurbs A. & Zander P., 2015. *Agricultural land use changes – a scenario-based sustainability impact assessment for Brandenburg, Germany*. *Ecological Indicators* 48: 505–517.
13. Hermsillo Y., Aguirre J., Alonso R., Gómez A., Jacobo R., Ramos A., 2008. Combinación de métodos para germinación y emergencia de germoplasma forrajero en la obtención de planta para sistema Silvopastoril en Nayarit. En: *IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles “Estrategias ambientalmente amigables”*. Colima, México, p 133-136.
14. Hernández M.P., Estrada F.J.G., Avilés N.F., Yong A.G., López G.F., Solís M.A.D. y Castelán O.O.A., 2013. *Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México*. *Universidad y Ciencia* 29(1), 19-31.

15. Hernández V.D., Herrera H.J.G., Pérez P.J. y Vásquez A.S., 2006. *Índice de sustentabilidad para el sistema bovino de doble propósito, en Guerrero, México*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria [en línea], VII (Septiembre-Sin mes): [Fecha de consulta: 6 de Febrero de 2015] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612675002>> ISSN.
16. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1992. *Tecnología y sostenibilidad de la agricultura en América Latina*. San José, C.R.: IICA. Programa de generación y transferencia de tecnología. 136 pp.
17. 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.
18. Ku V.J.C., Ramírez A.L., Ayala B.A., Chay C.A., Contreras H.M., Piñeiro V.A., Godoy C.R., Ruíz R.N., Espinoza H.J., 2009. La nutrición animal con árboles forrajeros y la cartera de investigación en SSPi. *En II Congreso sobre sistemas Silvopastoriles Intensivos "En camino hacia núcleos de ganadería y bosques"*. Michoacán, México. p 191-201.
19. Magaña M.J.G., Ríos A.G. y Martínez G.J.C., 2006. *Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Vol. 14, No. 3, pp. 105-114.
20. Medina J.F.J., Galdámez G.J., Pinto R.R., Gómez C.H., Carmona J., López A.M., García B.L.E., Hernández L.A., Guevara H.F., 2012. *Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles de Leucaena leucocephala*. Quehacer Científico en Chiapas. 1 (14): 32-34.
21. Muller H.I., 2006. *Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health*. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 2010-2037.
22. Orantes Z.M.A., Platas R.D., Córdova A.V., De los Santos L.M.C., Córdova A.A., 2014. *Caracterización de la ganadería doble propósito en una Región de Chiapas, México*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1 (1): 49-58.
23. Palma J.M., 2005. *Los árboles en la ganadería del trópico seco*. Avances en Investigación Agropecuaria. 9 (1): 1-11.

24. Palma J.M., 2006. *Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano*. Archivos Latinoamericanos en Producción Animal. 14 (3): 95-104.
25. Ponce M.D., 2000. Situación del sistema de producción de leche de vaca en la zona norte del Estado de Guerrero. *En: La ganadería en México: Globalización, políticas, regiones y transferencia tecnológica*. Editores: Palacio-Muñoz VH, Vives-Zegers A y Yepez-Basuro M. Universidad Autónoma Chapingo-CONACYT. 309 pp.
26. Puebla A.S., 2014. *Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción doble propósito en Tejupilco, Estado de México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, 108 pp.
27. 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. Número 65: 13-19.
28. Riar, A. & Coventry, D., 2013. Nitrogen Use as a Component of Sustainable Crop Systems. *In: Agricultural Sustainability Progress and Prospects in Crop Research*. Edited by Gurbir S. Bhullar and Navreet K. Bhullar, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland. 292 pp.
29. Rojo R.R., Vázquez A.J.F., Pérez H.P., Mendoza M.G.D., Salem A.Z.M., Albarrán P.B., González-R.A., Hernández M.J., Rebollar R.S., Cardoso J.D., Dorantes C.E.J. & Gutiérrez C.J.G., 2009. *Dual purpose cattle production in Mexico*. Tropical Animal Health and Production. 41: 715-721
30. Román P.S.I., Ruiz L.F.J., Montaldo H.H., Rizzi R., 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.
31. Rosales J.J., Cervillos J., Vázquez J.M., Hernández F., 2008. La diversidad de los sistemas agroforestales en el Sur y Costa Sur de Jalisco. *En: IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles "Estrategias ambientalmente amigables"*. Colima, México, 2008. p 71-81.

32. Salas R.I.G., 2014. Evaluación de la sostenibilidad de unidades de producción doble propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario, UAEM-Temascaltepec, 66 p.
33. Salas R.I.G. Arriaga J.C.M., Rebollar R.S., García M.A. & Albarrán P.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.
34. Scholtz M.M., Maiwashe A., Naser F.W.C., Theunissen A., Olivier W.J., Mokolobate M.C. & Hendriks J., 2013. *Livestock breeding for sustainability to mitigate global warming, with the emphasis on developing countries*. South African Journal of Animal Science. 43 (No. 3): 269-282.
35. Shelton, M., 2000. *Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales*. Unasyuva 200. 51: 25-32.
36. Solorio S.F.J. y Solorio S.B., 2008. *“Leucaena leucocephala (Guaje), una opción forrajera en los sistemas de producción animal en el trópico”*. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Fundación Produce Michoacán. México. 44 pp.
37. Sosa R.E.E., Pérez R.D., Ortega R.L., Zapata B.G., 2004. *Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos*. Técnica Pecuaria en México, 42 (2): 129-144.
38. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C.D., 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
39. Stobbs T.H., 1971. *Quality of pasture and forage crops for dairy production in the tropical regions of Australia 1. Review of the literature*. Tropical Grasslands Vol. 5, No.3.
40. Vences P.J., 2014. *Análisis de la sustentabilidad de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario, UAEM-Temascaltepec, 105 p.

41. Vences P.J., Nájera G.A. de L., Albarrán P.B., Arriaga J.C.M., Rebollar R.S. y García M.A., 2015. Utilización de método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En: Iglesias-Piña D, Carreño-Meléndez y Carrillo-Arteaga A.N.J. *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación*, Toluca, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp 15-39.

42. Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P., and Zahm, F., 2008. *La method IDEA: Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation*, Dijon, version 3, Educagri Ed. <http://www.idea.portea.fr/> (Consultado febrero de 2013).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

DES: CIENCIAS AGROPECUARIAS

XLIV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C.



Julio 26, 2017.
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**ISABEL ESTRADA LÓPEZ
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:

EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS DOBLE PROPÓSITO BAJO SILVOPASTOREO INTENSIVO EN APATZINGÁN, MICHOACÁN, 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

FINANCIAL EVALUATION OF A PRODUCTION UNID OF DUAL PURPOSE
CATTLE MANAGED UNDER INTESIVE SILVOPASTORAL SYSTEM IN
APATZINGAN, MICHOACAN, MEXICO

Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito
bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México

Estrada LI¹, Portillo AB¹, Yong AG² y García MA^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago s/n. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050.

Autor para correspondencia: angama.agm@gmail.com

SUMMARY

A financial analysis was performed in a unit production (UP) of dual purpose system (BDP), managed under the intensive silvopastoral system (SSPi). The forage production of an SSPi pasture was monitored during two cycles of grazing (60 days). Milk production and live weight of cows and calves was monitored. The dry matter intake (CMS) of forage by cows was determined by difference (initial minus final herbaceous mass). Production revenue and costs were also recorded to determine the internal rate of return (TIR), net present value (VAN) and cost benefit ratio ($R = B / C$). The financial economic analysis was carried out over a 10 year horizon, where the VAN was \$3,141,396.00, the TIR was 12% and the $R = B / C$ was 1.28. The BDP system managed through SSPi and energy supplementation allowed production levels higher than those commonly reported with grazing management based on tropical grasses in monoculture, as well as an economically feasible UP.

Key words: Economic characterization, net present value, internal rate of return, cash flow, working capital, opportunity cost

RESUMEN

Se realizó una evaluación financiera a una unidad de producción (UP) de bovinos doble propósito (BDP), manejada bajo el sistema silvopastoril intensivo (SSPi). Se monitoreó la producción de leche de las vacas y peso vivo de vacas y becerros. Se determinó el consumo de materia seca (CMS) de forraje por las vacas, mediante diferencia (masa herbácea inicial menos masa herbácea final). También se registró los ingresos y costos de producción, para determinar la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio costo. El análisis económico financiero, se realizó a un horizonte de 10 años, donde el VAN fue de \$3, 141, 396.00, la TIR de 12% y la R=B/C de 1.28. El sistema de BDP manejado mediante SSPi y suplementación energética permitió niveles de producción superiores a los comúnmente reportados con manejo del pastoreo a base de gramíneas tropicales en monocultivo; así como una UP económicamente viable.

Palabras clave: Caracterización económica, valor actual neto, tasa interna de retorno, flujo de efectivo, capital de trabajo, costo de oportunidad

INTRODUCCIÓN

La ganadería doble propósito (DP) se desarrolla principalmente en las regiones tropicales, donde se ha identificado el mayor potencial para producir y aportar proteína de origen animal a las comunidades más vulnerables y alejadas del país. En éstas regiones, la productividad se encuentra a un 50 % de su capacidad biológica (González, 2015). Las razas de ganado predominantes son **Bos indicus** (Brahman, Gyr, Guzerat y Nelore) y cruzamientos con razas **Bos Taurus**, principalmente Holstein y Pardo Suizo (Rojo *et al.*, 2009). El ganado se maneja en pastoreo extensivo; en pastizal natural 29 % de la población, 41% en potreros establecidas con gramíneas mejoradas y el 30 % restante se alimenta con cultivos forrajeros y residuos de cosecha (González, 2015). En la alimentación, también se aprovechan especies arbóreas y arbustivas, principalmente en el periodo de mínimo desarrollo vegetativo (Rojo *et al.*, 2009). Debido al impacto que la ganadería ha causado en la transformación de bosques tropicales, Fundación Produce Michoacán en conjunto con algunas Universidades nacionales con

financiamiento del gobierno federal, están fomentando una ganadería sostenible bajo sistemas silvopastoriles (SSPi) en sus diversas modalidades (González, 2016). El SSPi gestionado y manejado por un gran número de ganaderos, se perfila como una opción para mejorar la sostenibilidad de las unidades de producción (UP). Es conocido el valor nutritivo de los forrajes tropicales y que puede ser incrementado debido a que el SSPi aporta nitrógeno a la UP, debido a la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por parte de la especie leguminosa incluida en el sistema. Además, de que las leguminosas contienen cantidades importantes de proteína cruda, también funcionan como mejoradores del suelo, al reducir la erosión e incrementar el contenido de materia orgánica. Con estas estrategias, también se ha logrado disminuir los costos de producción, considerando dos vertientes; producir forraje en la propia UP y, aminorar la dependencia de insumos externos (Bacab y Solorio, 2011). En este sentido, para lograr la sostenibilidad es importante que las UP sean viables económicamente (Salas *et al.*, 2015). Para el análisis de viabilidad de la UP, comúnmente se utilizan indicadores financieros (González, 2016), que ayudan en la toma de decisiones respecto a la evaluación de la inversión. Los más comunes son la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN), el método del periodo de recuperación, la tasa de rendimiento contable y el índice de rentabilidad (Ross *et al.*, 2012). El indicador utilizado con mayor frecuencia es la TIR (González, 2016), el cual depende únicamente de los flujos de efectivo, sin considerar la tasa de interés aplicable sobre la inversión a lo largo del tiempo de vida de la UP como en el caso del VAN (Ross *et al.*, 2012). Por lo que el objetivo fue realizar un análisis financiero de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo un sistema silvopastoril intensivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el municipio de Apatzingán, estado de Michoacán, ubicado en las coordenadas 19° 6.414' N, 102° 22.675' O, a 304 msnm. Con un clima Aw o tropical seco, precipitación de 762.8 mm y temperatura media anual de 28°C. La UP cuenta con 48 hectáreas establecidas con *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*, a una densidad de población de 60,467 (\pm 18,562) y 19,884 (\pm 4564)

plantas hectárea⁻¹, respectivamente. La UP contó con 64 vacas en ordeño, resultado del encaste entre Gyr lechero X Holstein, (55 becerros y becerras, destetados de un año de edad). Las vacas en producción recibieron 3 kg de sorgo molido vaca⁻¹ día⁻¹, durante el ordeño. Al terminar el ordeño, las vacas ingresaron diariamente a un nuevo potrero silvopastoril dividido por cerco eléctrico y recibieron agua a libre acceso. Se colectó la información económica relacionada con la inversión total inicial, costo de producción e ingresos totales, para realizar un análisis financiero de la UP. Los precios de los insumos, así como el de los productos obtenidos fueron los considerados en la UP durante 2015. Los ingresos percibidos, fueron producto de la venta de leche y por la venta de becerros y carne, durante el ciclo de producción analizado. El ordeño de las vacas fue de manera mecánica. Se registró la leche producida (kg vaca⁻¹ día⁻¹) durante cinco días consecutivos de cada mes. Las vacas se pesaron en una báscula electrónica. También se midió la condición corporal de las vacas en una escala de 1 a 5. Se emplearon las funciones de *Excel* para determinar la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) a una tasa de descuento del 10% y, la relación beneficio-costo (R=B/C) (González, 2016). El análisis financiero, se realizó para un horizonte de 10 años, asumiendo al momento del estudio como el primer año de operación de la UP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La materia seca de forraje ofrecido fue de 787 y de 1,631 kg de MS ha⁻¹ y el CMS de forraje fue de 4.65 (±0.07) y 6.85 (±2.02) kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹, de Leucaena y Tanzania, respectivamente. En este sentido, el 80% del alimento de las vacas se cultiva en la propia UP y el restante 20% se compra en el exterior de la UP, lo cual mostró una menor dependencia económica. El CMS total fue cercano a la capacidad de consumo de 13.5 kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹ (AFRC, 1993). El CMS de forraje, fue similar al reportado por Bacab y Solorio (2011) para BDP bajo condiciones de manejo similares. La carga animal fue de 2.0 animales ha⁻¹, similar a los reportes de Vilaboa y Díaz (2009) de 2.3 UA ha⁻¹ para el trópico húmedo de Veracruz. El peso vivo promedio de las vacas fue 515 (±44) kg y condición corporal de 3.25 (±0.55). La producción de leche fue de 9.31 (±3.19) kg, superior

al reporte de Vilaboa y Díaz (2009) con promedios de 3.15 litros vaca⁻¹ día⁻¹. Esta diferencia, fue resultado del encaste del ganado presente con razas lecheras (Román *et al.*, 2013), así como también a la mayor disponibilidad y consumo de forraje de leguminosas y gramíneas en el SSPi (Bacab y Solorio, 2011).

En el Cuadro 1 se muestra el resultado económico-financiero de la UP. Se observó que existe recuperación del capital en la UP, de acuerdo a lo indicado por Ross *et al.* (2012), dado que la TIR fue mayor a la tasa de descuento, el VAN fue superior a cero, la R=B/C mayor a uno. En producción de leche bajo SSPi la TIR fluctúa de 13 a 28%, lo cual resultó superior a lo aquí observado y probablemente la diferencia radique en una mayor carga animal (5.5-8.3 UA ha⁻¹) (Cuartas *et al.*, 2014). Por otro lado, en una engorda de toretes bajo SSPi la TIR fue del 12% (González, 2016), similar a lo obtenido en el presente estudio. Sin embargo, la inversión inicial del presente estudio fue superior, indicando un mayor margen de ganancia económica; lo cual corrobora una debilidad de escala para este indicador (Ross *et al.*, 2012). Así también se ha reportado un comportamiento creciente en la TIR, al incrementar el área utilizada como SSPi (Murgueitio *et al.*, 2009).

La inversión inicial se recuperó a los 10 años de operación de la UP, periodo mayor al rango de 4-7 años indicado por Cuartas *et al.*, (2014) para sistemas de doble propósito bajo SSPi. Sin embargo, el periodo de recuperación fue influenciado mayor mente por el costo de la tierra que representó alrededor del 50 % de la inversión inicial (González, 2016) y debido a baja carga animal (Cuartas *et al.*, 2014). Así mismo, se ha indicado un periodo de vida del SSPi de más de 20 años a plena capacidad productiva, lo cual puede contrarrestar el periodo de recuperación aquí obtenido (Cuartas *et al.*, 2014). En este estudio, el costo de mano de obra correspondió al 50% del capital de trabajo, lo cual concuerda con lo reportado por Espinoza *et al.*, (2005), quienes indicaron que este rubro es el mayor gasto en efectivo en los sistemas campesinos de producción de leche. Otro concepto que influyó de manera importante sobre el capital de trabajo, fue la compra de sorgo molido, equivalente al 38%, lo que concuerda con los resultados de Espinoza *et al.*, (2005). Sin embargo el costo por alimentación se incrementó al contabilizar el costo por el establecimiento del SSPi, que representó cerca del 10%

del egreso inicial. De tal manera que los egresos que afectaron mayormente la inversión inicial fueron el valor de la tierra y pie de cría, con el 82%.

El VAN de la UP aquí analizada fue positivo, lo que indico una ganancia de más de tres millones, extra a la tasa de descuento (costo de oportunidad) aquí empleado. En este sentido, el empleo del SSPi en alimentación de BDP, directamente mediante pastoreo o en su caso mediante el corte del forraje y alimentación en pesebre, han mostrado una ventaja productiva y económica (Absalón *et al.*, 2012; Cuartas *et al.*, 2014; González, 2016). Por otro lado, se ha reportado que la producción convencional en sistemas BDP, cuya alimentación del ganado se basa en la utilización de gramíneas en monocultivo, restringe la productividad propia del sistema y que el empleo de suplementos no refleja claramente una ventaja económica (Absalón *et al.*, 2012; Salvador *et al.*, 2016).

Por otro lado, asumiendo una distribución de partos a lo largo del año con 64 vacas constantemente en producción y el apoyo de agua de riego para asegurar la alimentación de estas, se logró un ingreso de \$18,841.00 por vaca año⁻¹ y de \$25,121.00 por hectárea año⁻¹, considerando los productos leche y carne. Estos números resultan atractivos, sin embargo se debe tener cautela de un manejo reproductivo y una planeación de la producción adecuados y, no sobre utilizar los potreros del SSPi.

Cuadro 1. Ingresos anuales y costos de producción de un SSPi en Apatzingán, Michoacán, México

| Concepto | Total |
|---|------------------|
| Ingresos | |
| Ingreso por venta de leche (\$) | 1,196,155 |
| Ingreso por venta de carne (\$) | 734,250 |
| Ingresos Totales (\$) | 1,930,401 |
| Egreso inicial | 8,255,076 |
| Egresos operativos | |
| Materia prima (Concepto de alimentación) (\$) | 280,320 |
| Mano de obra (\$) | 365,000 |
| Mantenimiento (\$) | 4,896 |
| Venta del producto (\$) | 74,360 |
| Egresos operativos Totales (\$) | 724,576 |
| Flujo de efectivo (\$) | 1,205,825 |
| Valor actual neto (VAN) al 10 % | 3,141,396 |
| Tasa interna de rentabilidad (TIR) | 12% |
| R=B/C | 1.28 |

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

El análisis financiero de la unidad de producción mostró un VAN de \$3, 141, 396.00, una TIR de 12% y una R=B/C de 1.28, durante el periodo de tiempo analizado, por lo que se concluye que la UP fue financieramente viable.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación y apoyo del titular de la unidad de producción y al personal encargado del manejo y gestión. También 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 y al Cuerpo Académico en Sistemas de Producción Animal y Recursos naturales (CASPAREN), que apoyaron en el desarrollo del trabajo. Finalmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para sus estudios doctorales.

REFERENCIAS

- Absalón, M.V.A., Nicholson, C.F., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez, L.F.I., Canudas, L.E.G. and 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 (1993). *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. CAB INTERNATIONAL. 159 p
- Bacab, P.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
- 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. and 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.
- Espinoza, O.A., Álvarez, M.A., del Valle, M. del C. y Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1): 39-56
- González, P.J.M. (2016). Evaluación económica de una engorda de toretes en dos sistemas de alimentación. *CIENCIA ergo-sum*, 23(2), 154-162
- González, R.I.C., Gómez, F.G.T. y Galindo, M.F.A. (2015) Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico. En: González, P.E., Dávalos, F.J.L. y Rodríguez, R.O. (coordinadores). *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical*. REDGATRO-CONACYT, México. pp. 38-47
- Murgueitio, E., Naranjo, J., Cuartas, C., Molina, C. y Lalinde, F. (2009). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de América. II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, en camino

- hacia núcleos de ganadería y bosques. 3, 4 y 5 de noviembre. Morelia, México. Fundación Produce Michoacán-Universidad Autónoma de Yucatán.
- Rojo, R.R., Vázquez, A.J.F., Pérez, H.P., Mendoza, M.G.D., Salem, A.Z.M., Albarrán, P.B., González, R.A., Hernández, M.J., Rebollar, R.S., Cardoso, J. D., Dorantes, C.E.J. & Gutierrez, C.J.G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health Production* 41:715–721
- Román, P.S.I., Ruíz, 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. and Jaffe, J. (2012). *Finanzas corporativas*. McGraw-Hill novena edición, México. 991p
- Salas, R.I.G., Arriaga, J.C.M., Rebollar, R.S., García, M.A. and Albarrán, P.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, L.I., Arriaga, J.C.M., Estrada, F.J.G., Vicente, M.F., García, M.A. and Albarrán, P.B. (2016). Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48(3): 643-648
- 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



| INICIO | ACERCA DE | ÁREA PERSONAL | BUSCAR | ACTUAL | ARCHIVOS | AVISOS |
|--------|-----------|---------------|--------|--------|----------|--------|
|--------|-----------|---------------|--------|--------|----------|--------|

REDES SOCIALES

f t in

INDICACIONES

COMACYT
reDalyC
CLIC
latindex
Dialnet
ERIHJOL
DOAJ
SHERPA/THOR
Ibex
WorldCat
CISE
Ubbilat
MIAR
Publindex
iresie
REDIB
SSOAR

ENLACES

DIRECTORIO
OPEN JOURNAL SYSTEMS
Servicio de ayuda de la revista

Inicio - Usuario/a - Autor/a - Envíos - #4617 - Resumen

#4617 RESUMEN

RESUMEN REVISIÓN EDICIÓN

Envío

| | | | |
|------------------|---|------------|----------------------------------|
| Autor/es | ISAIEL ESTRADA LÓPEZ, BENITO ALBARRÁN PORTILLO, GILBERTO YONG ÁNGEL, ADOLFO ARMANDO RAYAS AMOR, Anastacio García Martínez | | |
| Título | Evaluación productiva y económica de bovinos doble propósito en un sistema silvopastoral intensivo en Michoacán, México | | |
| Archivo original | 4617-12974-3-SM.DOCK | 2017-08-10 | |
| Archivos comp. | 4617-12975-1-SP.DOCK | 2017-08-10 | AÑADIR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO |
| Emisor/a | AGH Anastacio García Martínez | | |
| Fecha de envío | agosto 10, 2017 - 12:42 | | |
| Sección | Ciencias naturales y agropecuarias | | |
| Editor/a | Ninguno asignado/a | | |

ESTADO

| | | | |
|---------------------------|----------------------|--|--|
| Estado | Asignación en espera | | |
| Iniciado | 2017-08-10 | | |
| Modificado por última vez | 2017-08-10 | | |

METADATOS DEL ENVÍO

EDITAR METADATOS

| | | | |
|--------------------|--|--|--|
| Autores/as | | | |
| Nombre | ISAIEL ESTRADA LÓPEZ | | |
| Institución | CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC | | |
| País | México | | |
| Resumen biográfico | M. en CARN por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), estudiante de Doctorado en CARN en la UAEM. Líneas de Investigación: producción animal doble propósito en sistemas agro-silvopastoriles y cambio climático. Tel. 7162665209 | | |
| Nombre | BENITO ALBARRÁN PORTILLO | | |
| Institución | CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO | | |
| País | México | | |
| Resumen biográfico | Ph. D. por el Imperial College de Londres, Inglaterra. Perfil PROMEP y SNI nivel 1. Profesor de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec-UAEM. Departamento de Investigación. Líneas de Investigación: producción animal doble propósito, estrategias de alimentación, producción de leche. Tel. 7162665209 | | |
| Nombre | GILBERTO YONG ÁNGEL | | |
| Institución | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS | | |
| País | México | | |
| Resumen biográfico | Dr. En CARN por la UAEM. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Chiapas. Departamento de Investigación. Líneas de Investigación: producción animal doble propósito, estrategias de alimentación, producción de leche. Tel. 9611112284 | | |
| Nombre | ADOLFO ARMANDO RAYAS AMOR | | |
| Institución | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. UNIDAD LERMA | | |
| País | - | | |
| Resumen biográfico | Ph. D. por la Universidad de Reading, Inglaterra. Perfil PROCEP, SNI nivel 1, Profesor de tiempo completo en La Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Departamento de Investigación. Líneas de Investigación: producción animal, estrategias de alimentación, cambio climático. Tel. 7282827002 | | |
| Nombre | Anastacio García Martínez | | |
| ORCID ID | http://orcid.org/0000-0001-8021-5412 | | |
| URL | http://orcid.org/0000-0001-8021-5412 | | |
| Institución | CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO | | |
| País | México | | |
| Resumen biográfico | Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. M. en C. Universidad Nacional Autónoma de México. | | |

USUARIO/A

Ha iniciado sesión como...

agm

- Mi perfil
- Cerrar sesión

AUTORIA

Envíos

- Activo/a (1)
- Archivar (0)
- Nuevo envío

NOTIFICACIONES

- Vista
- Gestionar

IDIOMA

Escoge idioma

Español (España)

INFORMACIÓN

- Para lectores/as
- Para autores/as
- Para bibliotecarios/as

CONTENIDO DE LA REVISTA

Buscar

Ámbito de la búsqueda

Todo

Examinar

- Por número
- Por autor/a
- Por título

TAMAÑO DE FUENTE

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

Productive and economic analysis of dual purpose cattle in an intensive silvopastoral system in Michoacan, Mexico

Isael Estrada López¹, Benito Albarrán Portillo¹, Gilberto Yong Ángel², Adolfo Armando Rayas Amor³ y Anastacio García Martínez^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050.

³Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Lerma. Avenida Hidalgo Poniente No. 46, La Estación. C.P. 52006 Lerma de Villada, Estado de México.

*Autor para correspondencia:angama.agm@gmail.com

Resumen curricular

Isael Estrada López: M. en CARN por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), estudiante de Doctorado en CARN en la UAEM. Líneas de investigación: producción animal doble propósito en sistemas agrosilvopastoriles y cambio climático. estradalopezisael@gmail.com. Tel. 7162665209.

Benito Albarrán Portillo: Ph. D. por el Imperial Collage de Londres, Inglaterra. Perfil PRODEP y SNI nivel 1. Profesor de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec-UAEM. Líneas de investigación: producción animal doble propósito, estrategias de alimentación, producción de leche. balbarranp@gmail.com. Tel. 7162665209.

Gilberto Yong Ángel. Dr. En CARN por la UAEM. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Chiapas. Líneas de investigación: producción animal doble propósito, estrategias de alimentación, producción de leche. gilberto.yong@gmail.com. Tel. 9611112284.

Adolfo Armando Rayas Amor. Ph. D. por la Universidad e Reading, Inglaterra. Perfil PRODEP, SNI nivel 1, Profesor de tiempo completo en La Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Líneas de investigación: producción animal, estrategias de alimentación, cambio climático. a.rayas@correo.ler.uam.mx. Tel. 7282827002.

Anastacio García Martínez. Dr. en C. por la Universidad de Zaragoza, España. Perfil PRODEP, SNI nivel 1, Profesor de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Líneas de investigación: producción animal doble propósito, economía agropecuaria, modelos de simulación y sostenibilidad. angama.agm@gmail.com. Tel. 7162665209.

Resumen:

Se evaluó el comportamiento productivo y económico de bovinos doble propósito, bajo un sistema de silvopastoreo intensivo (SSPi) en el municipio de Apatzingán, Michoacán, México. Se monitoreo la producción de leche, peso vivo y condición corporal de 60 vacas de raza Gyr lechero. La carga animal fue de 2.06 UA ha⁻¹ y la producción de leche fue 9.78 (\pm 3.19) kg vaca⁻¹ día⁻¹. Se registró un ingreso de \$1, 836, 832.10, costos de producción de \$880,290.00 y el margen bruto fue de \$1, 004, 592.10 año⁻¹. Se concluyó que el manejo de vacas doble propósito en un SSPi favorece la producción de leche y carne y el ingreso económico a la UP.

Palabras clave: Bovinos Doble Propósito, Sistema Silvopastoril intensivo, evaluación económica.

Abstract:

Productive and economic performance, in Dual Purpose Cattle under Intensive Silvopastoral Systems (SSPi) were evaluated. This investigation was made in Apatzingán, Michoacán, México. The production of 60 Gyr dairy cows was monitoring. An economic analysis has been made. The stocking rate was 2.06 cows ha⁻¹. The milk production was 9.78 (\pm 3.19) kg cow⁻¹ day⁻¹. An income of \$1, 836, 832.10 and cost of production of \$880,290.00 was registered; reason why the economic benefit was of \$1, 004, 592.10. It is concluded that livestock under SSPi favors the milk and meat production, the economic income and sustainable management of resource to the UP.

Key words: Dual Purpose Cattle, Intensive Silvopastoral System, economic evaluation.

Introducción

La ganadería es la principal actividad del sector agropecuario mexicano (FIRA, 2014) y se realiza bajo diferentes condiciones y sistemas de producción (García *et al.*, 2015). Uno de los sistemas practicados y ampliamente difundidos en las regiones tropicales de México es el doble propósito (BDP). Las razas de ganado que predominan son *Bos indicus* y algunos encastes con razas *Bos Taurus*, principalmente Holstein, Pardo Suizo y Simmental (Vilavoia y Díaz, 2009). La alimentación del ganado se basa en el pastoreo extensivo en pastizales naturales (Salvador *et al.*, 2016), o en potreros establecidas con gramíneas en monocultivo (Bacab *et al.*, 2013). El desarrollo vegetativo es limitado por las condiciones climáticas, particularmente durante el periodo seco del año, lo que repercute directamente en la variación estacional de la producción animal (Mohammed *et al.*, 2016). El ordeño de las vacas es manual, con el becerro al pie de la vaca para estimular la bajada de la leche (Vilavoia, Díaz, 2009). La principal fuente de mano de obra proviene de la familia del ganadero (García *et al.*, 2015). El nivel de producción de leche está en un rango de 3 a 10 litros vaca⁻¹ día⁻¹ (Salvador *et al.*, 2016; Vilavoia 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 que factores económicos limitan su desarrollo (Vences *et al.*, 2015). Esto se debe principalmente a los altos costos de producción, principalmente por 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), especialmente durante el periodo de sequía (Vences *et al.*, 2015; Puebla *et al.*, 2015), que comprende los meses de noviembre a mayo. No obstante, Salas *et al.* (2015) indicaron que el costo de alimentación puede disminuir 50% durante el periodo de lluvias, por la producción abundante de forrajes, además de que su calidad nutricional incrementa. En la actualidad en las zonas tropicales de México, existe un enorme potencial de crecimiento productivo, por ejemplo Absalón *et al.* (2012) han reportado que con una alimentación adecuada a base de gramíneas tropicales y leguminosas se puede incrementar la producción de leche en un 74 %,

durante un periodo productivo de tres lactancias. También se ha reportado que en los sistemas de BDP que integran prácticas de silvopastoreo, se favorece la alimentación del ganado y el rendimiento productivo 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 potreros en monocultivo (González, 2013). Así mismo, las estrategias de alimentación en las que se incluyen especies arbóreas leguminosas como *Leucaena leucocephala* (Leucaena), han logrado incrementar la producción hasta 2 L vaca⁻¹ día⁻¹ de leche (Bover *et al.*, 2013) y reducir el empleo de suplemento a 1.5-2.0 kg de materia seca vaca⁻¹ día⁻¹ (Peniche *et al.*, 2014). Así también, al emplear el sistema silvopastoril intensivo⁴ (SSPi) se ha logrado incrementar la producción por hectárea, debido a un incremento en la carga animal hasta 5 UA ha⁻¹ (1 UA = una vaca de 450 kg de peso vivo), respecto de sistemas convencionales en los que se manejan menos de 1 UA ha⁻¹ (Yamamoto *et al.*, 2007). Estas tendencias, favorecen mayor ingreso económico en las UP y bienestar del ganadero y su grupo familiar (García *et al.*, 2015). Las ventajas antes mencionadas del sistema silvopastoril intensivo, evidencian que su utilización mejora la producción de leche y/o carne, se reducen los costos de producción, mejora la calidad de la dieta del ganado y existe una relación suelo-planta-animal adecuada para el cuidado del ambiente en que se desarrollan y garantiza la sostenibilidad del sistema. 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 sistema silvopastoril intensivo en el trópico seco.

⁴ El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un arreglo agroforestal de varios estratos que combina el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (> a 10,000 ha⁻¹) y pastos tropicales para el ramoneo directo del ganado; asociados a árboles. Los árboles pueden estar en la periferia o como parte de las divisiones de potreros a una densidad de entre 25 y 200 árboles adultos ha⁻¹ (Murgueitio *et al.*, 2015).

1. Materiales y métodos

La investigación se realizó en una UP con vacas DP de raza Gyr lechero (*Bos Indicus*), además de cruza con raza Holstein (*Bos Taurus*), bajo el manejo de SSPi, en el municipio de Apatzingán, Michoacán, México. La UP se ubica 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, precipitaciones de 762.8 mm y temperatura media anual de 28°C (Figura 1) (SMN, 2010).

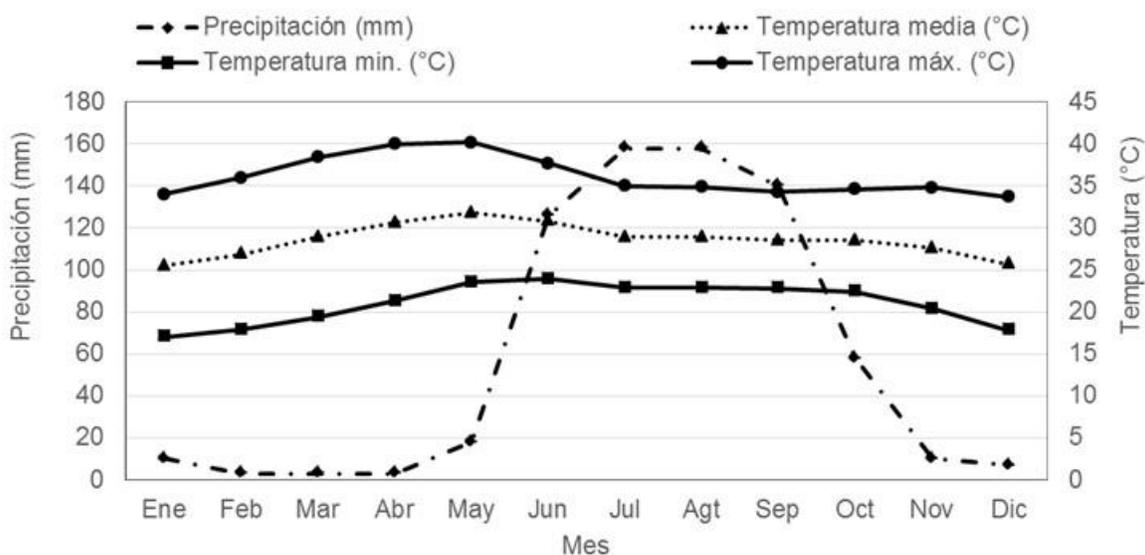


Figura 1: Condiciones meteorológicas del municipio de Apatzingán, Michoacán, México

Fuente: <https://es.climate-data.org/location/50962>, 2017.

Manejo de los animales y potreros

Los animales de la UP mantuvieron una alimentación a base de forrajes. El hato de la UP, se conformó por vacas en producción, vacas secas gestantes, vaquillas de reemplazo, semental, toretes, terneras y becerros. Las vacas en producción recibieron un suplemento energético a base de sorgo molido, a razón de 3.0 kg vaca⁻¹ día⁻¹ (43 MJ de EM vaca¹ día⁻¹), durante el ordeño, por 210 días de lactancia. Posterior al ordeño, las vacas en producción tuvieron acceso durante 19 horas a potrero establecido con el SSPi y agua *ad libitum*. El SSPi, consistió de los componentes forrajeros *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cultivar Tanzania (Tanzania) y *Leucaena*, establecidos en potreros

delimitados por cerco eléctrico, utilizados por el componente animal en pastoreo rotacional intensivo. La 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 Tanzania se estableció al chorrillo a ambos lados de la hilera de Leucaena. Día con día las vacas tenían acceso entre 0.75 y 1 hectáreas del potrero SSPi, misma que era delimitada por cerco eléctrico móvil. Estas vacas únicamente salieron del potrero al momento de la ordeña. Los toretes, vaquillas y becerros pastoreaban como seguidores en el SSPi, razón por la que se incluyeron en el cálculo de carga animal en el SSPi. Los toretes, vaquillas y becerros tuvieron acceso a agua limpia *ad libitum* y no recibieron alimentación adicional. El resto del hato, conformado por vacas secas gestantes, vaquillas para reemplazo y el semental, pastorearon en 10 hectáreas con pastizal natural. Este lote de ganado, no se incluyó en el cálculo de capacidad de carga del SSPi. Las vacas secas gestantes y vaquillas para reemplazo, no representaron ningún gasto adicional debido a que no consumían suplemento. Cuando las hembras parían, se trasladaban a los potreros del SSPi e iniciaban el manejo normal de las vacas en producción, descrito con anterioridad.

La UP mantenía una carga animal de 2.06 UA ha⁻¹, durante el periodo analizado. La carga animal, número de UA por hectárea (ha), se estimó dividiendo la cantidad total de UA comprendidas en las vacas en producción más los toretes, terneras y becerros, por la superficie total destinada al pastoreo del ganado, bajo el manejo SSPi.

Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) de forraje de las vacas, se estimó por dos métodos: i. por diferencia (masa herbácea inicial menos masa herbácea final) y, ii. por comportamiento al pastoreo (Jamieson y Hodgson, 1979). Los forrajes que consumieron las vacas fueron Leucaena y Tanzania, en potreros de cinco años de establecimiento bajo un SSPi.

Producción de leche

El ordeño de las vacas fue de manera mecánica. Se registró los kg vaca⁻¹ día⁻¹ de leche producida durante cinco días consecutivos de cada mes, de mayo a agosto de 2015. Para el pesaje de la leche se utilizó un pesador automático, adaptado a la línea colectora de la leche de la sala de ordeño.

Peso vivo y condición corporal

Se registró el peso vivo (kg) de las vacas para determinar la carga animal. Las vacas se pesaron en una báscula electrónica con capacidad de carga de 2500 kg. También se registró la condición corporal de las vacas en producción, en escala de 1 a 5 puntos, de acuerdo a Roche *et al.* (2004).

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[®].

Evaluación económica

Se registró la información económica (ingresos y costos de producción) con la finalidad de realizar un análisis económico de la UP. La información económica consistió en el precio de leche, carne, sorgo y el monto pagado por concepto de mano de obra en el año 2015.

2. Resultados y discusión

Características estructurales de la UP

La UP contó con 48 hectáreas con acceso a agua para riego. Esta superficie fue cultivada con una combinación de Leucaena y pasto Tanzania, que se utilizaron para la alimentación del ganado bajo un SSPi. La densidad de población observada fue de 60,467 (\pm 18,562) y 19,884 (\pm 4,564) plantas hectárea⁻¹, que correspondió a una producción de masa herbácea por ciclo de pastoreo de 787 y de 1,631 kg de MS ha⁻¹ para Leucaena y Tanzania, respectivamente. Respecto de la composición nutricional, el contenido de proteína cruda fue de 267 y 98 gramos kg⁻¹ MS, Fibra Detergente Neutro de 31.7 y 63.3 gramos kg⁻¹ MS y Fibra Detergente Acido a razón de 21.8 y 41.2 gramos kg⁻¹ MS para Leucaena y Tanzania, respectivamente.

En el Cuadro 1 se muestra las características estructurales y técnicas de la UP, donde el hato se integró principalmente por vacas en producción. El resto, estaban en el último tercio de gestación e improproductivas. Además el hato contaba con novillas (os) y becerros (as). La mano de obra (MO) disponible se clasificó como: i. directa (MO directamente involucrada en la producción) y ii. indirecta (MO para gestión, administración y vigilancia de la UP).

Manejo de los animales en los potreros

La asignación de forraje para las vacas en producción fue de 21 kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹, con una eficiencia de utilización de 100% en Leucaena y 64% para Tanzania. Es importante resaltar, que el periodo de sequía se extendió aproximadamente dos meses hasta final de julio e inicio de agosto del año en que se desarrolló el presente estudio, situación anormal para la zona. Esta situación obligó a la utilización de fuentes de agua para riego. Con este manejo se logró una oferta de forraje por ciclo de pastoreo, similar a los 2400 kg de MS ha⁻¹ ciclo de pastoreo⁻¹ de pasto estrella africana 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. En función de lo anterior, el consumo de materia seca (CMS) de forraje por el método de

comportamiento al pastoreo fue de 3.09 (± 0.44) kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹ de Leucaena y 9.04 (± 1.28) kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹ de Tanzania, para un total de 12.1 kg MS.

Cuadro 1: Características estructurales y técnicas de la UP

| Variable | Cantidad |
|---|----------|
| ha Superficie total (ST) | 58.0 |
| % ha de superficie cultivada con Leucaena /Tanzania | 82.8 |
| % ha de superficie con pastizal natural | 17.2 |
| Mano de obra total (MOT) | 5.0 |
| % mano de obra directa/MOT | 60.0 |
| % mano de obra indirecta/MOT | 40.0 |
| No. de vacas total | 86.0 |
| % vacas en producción/vacas totales | 69.8 |
| % vacas secas/vacas totales | 30.2 |
| No. de novillas | 25.0 |
| No. de novillos | 40.0 |
| No. de becerros | 40.0 |
| Unidades animal totales (UA) | 145.3 |
| % UA vaca en producción/UA | 47.3 |
| % UA vaca secas/UA | 22.0 |
| % UA vaquilla/UA | 9.9 |
| % UA novillo/UA | 17.1 |
| % UA becerro/UA | 3.6 |

Notas: \$= pesos, UA = Unidades animal, equivalente a una vaca de 450 kg de peso vivo, MOT = Mano de obra total (No. de jornales por día). El peso vivo promedio de los animales fue: vacas en producción y secas = 515 kg; novilla = 260 kg; novillo = 280 kg y becerro = 60 kg.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que por el método de diferencia en masa forrajera el CMS fue de 4.65 (± 0.57) y 6.85 (± 2.02) kg vaca⁻¹ día⁻¹, y un total de 11.5 kg de MS, para Leucaena y Tanzania, respectivamente. Se observó una diferencia de 4.10% en el consumo total de MS, siendo menor el calculado por el segundo método. La diferencia en las estimaciones de CMS, fue por la inexactitud propia de las técnicas (Estrada *et al.*, 2014). Este CMS de los forrajes fue similar al reportado por Bacab y Solorio (2011), en condiciones de pastoreo en un SSPi. Sin embargo, el consumo de MS total (15.45 \pm 1.32 kg MS día⁻¹) calculado por el método de comportamiento al pastoreo fue 12.1% menor al estimado mediante ecuaciones de predicción (13.5 kg de MS vaca⁻¹ día⁻¹), en el que consideró la semana de lactación, kilogramos de

concentrado por día, peso vivo y producción de leche de las vacas (AFRC, 1993). Lo anterior, indicó que los cálculos de consumo de MS se encuentran dentro del rango de estimaciones, realizadas en condiciones similares de manejo y gestión de vacas en producción de leche. La carga animal fue de 2.06 UA ha⁻¹, superior a 1.14 UA ha⁻¹ reportadas en sistemas de pastoreo de potreros en monocultivo de Chiapas y Veracruz, México (Ramírez *et al.*, 2012; Vilaboa y Díaz, 2009). Lo anterior, evidencio que la combinación de leguminosas y gramíneas en un SSPi, permitió un incremento de 44.66% en la carga animal, durante el periodo en que se realizó el estudio.

Producción de leche

La producción promedio de leche fue de 8.6 (± 3.19) kg vaca⁻¹ día⁻¹, similar al reportado por Bacab y Solorio (2011) y Bacab *et al.* (2013) con vacas Pardo Suizo en condiciones de manejo y agroclimáticas similares. Por otro lado Salvador *et al.* (2016), reportó para una región subtropical, una producción 7.0 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, en vacas Pardo Suizo, con similar nivel de suplementación y pastoreo extensivo en potreros con *Cynodon plectostachyus*. Sin embargo la producción fue superior a la que se obtuvo con vacas doble propósito en Veracruz, que bajo un manejo tradicional se registró una producción promedio de 3.15 litros de leche vaca⁻¹ día⁻¹ (Vilaboa y Díaz, 2009). Esta diferencia en producción de leche, posiblemente se debió a dos factores importantes; al cruzamiento de vacas *Bos Indicus* (Gyr lechero) con *Bos Taurus*, principalmente Holstein (Román *et al.*, 2013), así como a la mayor disponibilidad y consumo de forraje de leguminosas y gramíneas en el SSPi (Bacab *et al.*, 2013).

Peso vivo y condición corporal

El peso de los animales fue de 515 kg para vacas en producción y secas, 280 kg para novillos, 260 kg para novillas y 60 kg para becerros. Las vacas en producción tenían una condición corporal de 3.25 (± 0.55).

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 a los referidos por la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-700-COFOCALEC-2012). Para la característica proteína en leche, Peniche *et al.* (2014) reportó un nivel similar en vacas cruzadas de Holstein x Cebú y alimentadas con *Cynodon plectostachyus*-Leucaena, más 2 kg de concentrado comercial. Por otro lado, se ha reportado un contenido de 4.12% de grasa, en vacas que solo tenían una hora de acceso a bancos de proteína de Leucaena (Razz, Clavero, 2007). El resto de los componentes fue similar a los resultados del estudio antes mencionado. De esta manera, la leche se clasifica como grado “A” por el contenido de grasa y como grado “C” por el contenido de proteína. En resumen, la leche que se produjo en el SSPi, de acuerdo con la norma oficial mexicana, cumple con las características nutricionales para consumo humano.

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 | 1029.67(69) | 1029 |
| Proteína g/L | 29.0 (0.94) | 30 min |

Notas: \$= pesos, * Los datos derivan de la NMX-F-700 (COFOCALEC, 2004),
SNG= sólidos no grasos
Fuente: Elaboración propia.

Análisis económico

El Cuadro 3 muestra la inversión fija requerida para el desarrollo de la UP. El precio de la leche y carne, 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 y se ven reflejados en el Cuadro 4. También se reportan los ingresos en términos de ganancia por hectárea y por vaca. Se registró un margen neto en la UP de \$159,842.00 pesos mexicanos, los cuales fueron obtenidos tomando en cuenta la amortización de los cotos fijos, de tal manera que para cada año de trabajo en el SSPi se consideró la inversión total inicial. De ésta manera se

observó una recuperación del capital invertido en los primeros seis años de operación, manteniéndose dentro del rango de 4-7 años indicado por Cuartas *et al.*, (2014) para sistemas de doble propósito bajo SSPi. Por otro lado, González (2016) reportó una recuperación de capital en 7 años, para una engorda de bovinos en SSPi, posiblemente el tiempo de recuperación del capital para el presente estudio se debió al aporte económico extra por la venta de leche.

Cuadro 3: Inversión fija de la UP bajo manejo de SSPi en Apatzingán, Michoacán, México

| 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 |
| Total(\$) | 9,776,880 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4: Análisis económico de la UP de BDP bajo SSPi

| Variable | Cantidad | Precio de venta/compra | Total (\$) |
|---|----------|---------------------------|---------------------|
| Venta de productos | | | |
| Producción de leche total (kg) | 115,339 | 5.5 | 634,362.31 |
| Producción de carne (novillos, novillas y vacas de desecho) (año ⁻¹) | 59 | 13,350 | 782,250.00 |
| Ingresos totales | | | 1,416,612.31 |
| Costos de producción | | | |
| Sorgo* | 47,040 | 4.0 | 188,160.00 |
| Tierra | | | 261,000.00 |
| Construcciones e instalaciones (\$) | | | 98,400.00 |
| Maquinaria y equipo (\$) | | | 33,333.33 |
| Pie de cría (\$) | | | 189,200.00 |
| Establecimiento y mantenimiento de la SSPi | | | 130,176.00 |
| Mano de obra | 5 | 250 | 262,500.00 |
| Mantenimiento | | | 24,000.00 |
| Venta del producto | | | 73,00.00 |
| Egresos totales | | | 1,259,769.33 |
| Margen neto (ingreso-egreso) | | | 156,842.00 |
| Margen neto/ha | | | 3,267.56 |
| Margen neto/vaca | | | 2,450.67 |

Notas: \$= pesos, el consumo de sorgo por vaca en producción año⁻¹ fue de 1,277.5 kg
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El sistema de silvopastoreo intensivo (SSPi), utilizado en la alimentación de bovinos doble propósito, favorece la producción de carne y leche. Durante el periodo de sequía el SSPi mantiene la producción de forraje, el peso y condición corporal de las vacas y la producción constante de leche y carne, que repercute en mayor ingreso para la UP. 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 la toma de decisiones respecto del manejo del ganado bovino doble propósito, principalmente en el manejo alimenticio que representa alrededor del 60% del capital de trabajo, sin tomar en cuenta la inversión fija. Así mismo, debe ser analizada la actividad reproductiva del hato en sistemas de bovinos doble propósito donde se desarrolle la producción de leche durante todo el año, para mantener el mayor número de vacas en producción a lo largo del año. En este sentido, al implementar el SSPi en las UP, se dispondrá de forraje de buena calidad y la condición corporal del ganado se mantendrá en condiciones óptimas. Lo anterior repercutirá en una reducción de días abiertos y por lo tanto del intervalo entre partos. Dentro del plan de alimentación, con la implementación del SSPi se reducirá la compra de suplementos proteicos, de elevado costo, que a mediano plazo influirá en el componente económico de la sostenibilidad. En este sentido, se visualiza al SSPi como una estrategia encaminada a disminuir los costos, mediante la producción de forrajes de buena calidad dentro del propio sistema 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 bibliográficas

- Absalón M.V.A., Nicholson C.F., Blake R.W., Fox D.G., Juárez L.F.I., Canudas L.E.G. and 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. (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. United Kingdom. CAB INTERNATIONAL. 159 p
- Bacab P.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
- 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
- Bottini L.M.B., Aguilar P.C.F., Centurión C.F.G., Solorio S.F.J. and Ku V.J.C. 2016. Milk yield and blood urea nitrogen in crossbred cows grazing *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system in the Mexican tropics. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 4(3):159–167
- 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
- Casanova L.F., Petit A.J., Solorio S.F.J., Parsons D. and Ramírez A.L. (2014) Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico. *Agroforestry Systems*. 88: 29-39
- Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados (COFOCALEC) (2005). Norma Mexicana. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto

- leche-Alimento lácteo leche cruda de vaca- Especificaciones físico-químicas y sanitarias y métodos de prueba. México (DF)
- 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. and 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
- Damron D.S. (2006). *Introduction to Animal Science: Global, biological, social, and industry perspective*. United States of America. Third Edition. Pearson Prentice Hall. 816 pp.
- Espinoza O.A., Espinosa A.E., Bastida L.J., Castañeda M.T. and Arriaga J.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 L.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
- FIRA (2014). Factores relevantes en el desarrollo de proyectos de inversión en el sector agropecuario en México. En: <http://www.fira.gob.mx/Nd/NEstEcon.jsp> (Consultado el 27 de julio de 2016)
- García M.A., Albarrán P.B., Avilés N.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. Recuperado de <http://cienciaergosum.uaemex.mx/index.php/ergosum/article/view/2198>
- Jamieson W.S & 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
- 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
- Murgueitio R.E., Flores M.X., Calle D.Z., Chara J.D., Barahona R. Molina D.C.H. y Uribe T.F. (2015) Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Eds. Montagnini F., Somarriba E., Murgueitio E. Fassola H. y Eibl B. *Sistemas Agroforestales: Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Informe técnico No. 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p
- Palma J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en Investigación Agropecuaria. 9 (1): 1-11
- Peniche-González, I.N., González-López, Z.U., Aguilar-Pérez, C.F., Ku-Vera, J.C., Ayala-Burgos, A.J. & 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. Número 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. & Vaanbale M.J. (2004). Relationships Among International Body Condition Scoring Systems. Journal of Dairy Science 87: 3076-3079
- Román P.S.I., Ruíz 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. and Jaffe J. 2012. Finanzas corporativas. McGraw-Hill novena edición, México. 991p
- Salas R.I.G., Arriaga J.C.M., Rebollar R.S., García M.A. & Albarrán P.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
- Salvador L.I., Arriaga J.C.M., Estrada F.J.G., Vicente M.F., García M.A. & Albarrán P.B. (2016). Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. Tropical Animal Health and Production. 48:643–648
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (2010). Normales Climatológicas. En: (<http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mich>) (Consultado en octubre de 2015)
- Vences P.J., Nájera G.A.L., Albarrán P.B., Arriaga J.C.M., Rebollar R.S. y García M.A. (2015). Utilización de método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En: Iglesias-Piña D, Carreño-Meléndez Y Carrillo-Arteaga A.N.J. Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación, Toluca, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp 15-39

- 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



CONGRESO MESOAMERICANO DE INVESTIGACIÓN UNACH

Número 3, Octubre de 2016

ISSN: 2395-8111



Universidad Autónoma de Chiapas
Dirección General de Investigación y Posgrado

2016



CONGRESO MESOAMERICANO DE INVESTIGACIÓN UNACH

D.R. © 2016. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Edición: Dirección General de Investigación y Posgrado

Diseño editorial: Bernardo Olivio Reyes de León

Formación editorial: Bernardo Olivio Reyes de León, Ernesto de Jesús Pérez Álvarez y María Beatriz Arévalo Dorry

Apoyo editorial: Mari Cruz Gil Domínguez, Santa Aremi Chanona Vera, Génesis Isabel Hernández Culebro, Irving Hemán Escobar Martínez y José Alejandro Moguel Cortazar

Compilación de información: Mari Cruz Gil Domínguez y Bárbara Garduño de los Santos

Corrección de estilo: Yolanda Palacios Gama, Mari Cruz Gil Domínguez, Fanny Araceli Jiménez Nafiez, Fernando Daniel Durán Ruiz, María Beatriz Arévalo Dorry, Ernesto de Jesús Pérez Álvarez, Génesis Isabel Hernández Culebro, Carolina Trejo Trejo, Gutemberg Sánchez Domínguez, Marco Antonio Cervantes Torres y José Alejandro Moguel Cortazar

Diseño de forros: Bernardo Olivio Reyes de León

E-book: Ernesto de Jesús Pérez Álvarez y María Beatriz Arévalo Dorry

Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH, 2016, Número 3, es una publicación periódica anual editada por la Universidad Autónoma de Chiapas, Boulevard Belisario Domínguez km. 1081, sin número, colonia Terán, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. (961) 61-7-80-00 ext. 1762, www.unach.mx, djrp@unach.mx. Editor responsable: María Eugenia Culebro Mandujano. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-102713274900-203, No. de ISSN: 2395-8111; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). El responsable de este número es la Dirección General de Investigación y Posgrado, Dra. María Eugenia Culebro Mandujano, Rotonda Kennedy No. 385, fraccionamiento Jardines de Tuxtla, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, octubre de 2016. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. La información, imágenes, opiniones y análisis contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Las ponencias que integran esta publicación fueron evaluadas y aprobadas por el Comité Científico Evaluador, integrado por investigadores de Chile, Argentina, Nicaragua, Guatemala, Canadá, España y México.

Distribución gratuita

Hecho en México (*Made in Mexico*).



| | |
|---|------------|
| Caracterización de los sistemas de producción de leche en la región Fraylesca de Chiapas León Velasco, Óscar, et al..... | 795 |
| Caracterización zoométrica del bovino criollo de las montañas de Chiapas y su cruce con Cebú Perezgrovas Garza, Raúl Andrés, et al..... | 800 |
| Comparación de cuatro diferentes técnicas de descongelado a nivel de campo y su efecto sobre las características seminales en bovinos Peralta Lailson, Marisela, et al..... | 805 |
| Composición de la leche de bovinos doble propósito bajo tres niveles de suplementación Estrada López, Isael, et al..... | 810 |
| Crecimiento y contenido de Esteviósidos en <i>Stevia rebaudiana</i> Bert. Con biofertilizantes y brasinoesteroide Mina Briones, Francisco Octavio, et al..... | 815 |
| Crioconservación de semen congelado del bovino criollo en el Rancho El Santuario del municipio de Cintalapa, Chiapas Ruiz Hernández, Horacio, et al..... | 820 |
| Desinfección de explantes <i>In Vitro</i> de <i>Guadua Angustifolia</i> Kunth con diferentes antibióticos Dardon Zunun, Joni Diehl, et al..... | 825 |



Composición de la leche de bovinos doble propósito bajo tres niveles de suplementación

Estrada López Isael^{*}, Macías Farrera Guadalupe Patricia^{**}, Robles Albores Luis Felipe^{**}, Albarrán Portillo Benito^{*}, García Martínez Anastacio^{*} y Yong Ángel Gilberto^{1**}

^{*}Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago s/n. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

^{**}Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche de bovinos, es un sector clave, en la producción de alimentos de origen animal. Debido al valor nutricional de este producto, la población infantil, adultos mayores, así como también la población económicamente vulnerable, pueden complementar su dieta diaria con éste producto. En la actualidad, en sistemas de producción en pequeña escala, incluidos los bovinos doble propósito (BDP) de México, rara vez se toma en cuenta la composición de la leche, para incrementar el margen de ganancia económica por kg de leche producido. La manipulación de la composición de la leche, mediante estrategias de alimentación de bovinos, puede ser una estrategia para incrementar el margen económico recibido por los titulares de unidades de producción en sistemas de BDP. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres niveles de suplementación en la composición de leche, producida por bovinos doble propósito, en el trópico de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Duración del estudio

El estudio se realizó en la unidad de producción de BDP “El Manantial”, localizada en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Las coordenadas geográficas fueron 16° 14' N y 93° 16' W y una altitud de 540 msnm; con un clima cálido

subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual de 24.6 °C y 1166.5 mm de precipitación pluvial (SMN, 2010). La duración del experimento fue de 63 días, divididos en 3 periodos experimentales de 21 días cada uno, durante los meses de octubre a diciembre de 2015.

Diseño experimental

Se utilizaron 6 vacas de raza Pardo Suizo, en el primer tercio de lactación, con un peso promedio de 414 (± 60.6) kg de peso vivo, y una producción de leche de 9.05 (± 0.199) kg vaca⁻¹ día⁻¹.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron de A= cero kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento más pastoreo, B=3 kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento más pastoreo y C= 5 kg vaca⁻¹ día⁻¹ de suplemento, más pastoreo. El suplemento consistió de una mezcla de 80% maíz y 20% melaza. El pastoreo, consistió en acceso a potreros de *Cynodon plectostachyus*, durante 9 horas (07:00 a 16:00 horas), y acceso a un banco de proteína, establecido con *Leucaena leucocephala*, de 17:00 a 21:00 horas. Las vacas experimentales, pastorearon libremente, junto al resto del hato. Las vacas tuvieron agua limpia a libre acceso. El suplemento se formuló para satisfacer los requerimientos de 1170 g día⁻¹ de proteína metabolizable y 130 MJ día⁻¹ de energía metabolizable, para una vaca de 400 kg de peso vivo, con una ganancia diaria de peso de 0.5 kg, una producción de 12 kg de leche, y 36% de grasa en leche (AFRC, 1993); estos requerimientos se cumplen asumiendo un consumo de 5.5 kg de MS de *Cynodon plectostachyus*, 3.5 kg de MS de maíz molido, 1 kg de MS de melaza y 2.5 kg de MS de *Leucaena leucocephala*.

Variables respuesta

Se determinó la composición de la leche, mediante un equipo analizador automatizado (Lactichek®), basado en espectroscopía infrarroja. Se evaluó el contenido de grasa, sólidos no grasos, densidad, punto criogénico, proteína y lactosa. Para comparar la composición de la leche, se tomó como estándar la norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-2003.

Muestreo y análisis químico

Cada periodo experimental consistió de 21 días, y durante los últimos 7 días de cada periodo, se colectaron muestras de leche, las cuales se guardaron en hieleras a una temperatura de 4 a 6 °C, y fueron trasladadas al Laboratorio de Lácteos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNACH para su análisis. Así también, se obtuvieron muestras del suplemento y forrajes, consumidos por las vacas experimentales, para su análisis de materia seca (AOAC, 2012), proteína cruda (método micro Kjeldhal), Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácido de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991)

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, utilizando el Modelo Lineal General, de SAS 9.0 (SAS *Institute* 2002), para un diseño de Cuadrado Latino 3x3 repetido.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + F_{j(i)} + P_k + T_k + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

C_i = Efecto de los cuadrados $i = I, II$

F_j = Efecto de las filas de las vacas dentro de los cuadrados $j = 1, 2, 3$

P = Efecto debido al periodo experimental $k = 1, 2, 3$

T_k = Efecto de los tratamientos $l = 1, 2, 3$

e = Efecto del error residual

Cuando existieron diferencias estadísticas significativas, se aplicó la prueba de *Tukey* para comparación de medias, a un nivel de significancia ($P < 0.05$).

RESULTADOS

El suplemento proporcionó 13.6 MJ de EM kg^{-1} de MS. La composición química de los forrajes consumidos fue de 62.3, 36.3, 10.6 y 43.2, 26.8, 18.3 por ciento de FDN, FDA y proteína, para *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena leucocephala*, respectivamente. El contenido de EM fue de 8.24 y 9.4 MJ kg^{-1} de MS. La

composición química de los forrajes fue similar a los reportes de Pedraza *et al.* (2012) y Mohammed *et al.* (2015), para zonas subtropicales y tropicales de México.

No se observaron diferencias ($P>0.05$), en los componentes de la leche de BDP, cuando se proporcionó diferente nivel de suplementación (Cuadro 2). Las características de la leche, producida bajo las condiciones aquí reportadas, sobrepasan los valores mínimos requeridos por la norma oficial mexicana, colocando en el grado A, según la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, con valores $>$ a 32 g/L y 31 g/L, de grasa y proteína, respectivamente.

Los resultados obtenidos en el presente estudio correspondieron con los reportados por Manzur *et al.*, 2012, para la misma zona de estudio. Sin embargo, de acuerdo a lo indicado por Chamberlain y Wilkinson (2002), es posible una modificación en la composición fisicoquímica de la leche, con forme la disminución del nivel de suplementación, de esta manera probablemente aún no se esté ejerciendo un efecto de sustitución del forraje para los tratamientos aquí aplicados.

Cuadro 2. Composición de leche de bovinos doble propósito bajo tres niveles de suplementación

| Componente | Tratamiento (kg de suplemento) | | | Norma* |
|------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------------|
| | 0 | 3 | 5 | |
| Grasa g/L | 32.7 | 35.9 | 34.2 | 30 min |
| SNG g/L | 92.8 | 93.7 | 93.6 | 83 min |
| Densidad g/L | 1032 | 1032 | 1032 | 1029 |
| Proteína g/L | 33.9 | 34.3 | 34.2 | 30 min |
| Lactosa g/L | 51.9 | 52.4 | 52.4 | 43 min-50 max |
| Punto criogénico | 60.73 | 61.22 | 61.27 | -0.530 min, -0.580 max |

Diferente literal entre columnas denota diferencia estadística ($P<0.05$). *NMX-F-700-COFOCALEC-2004

Por otro lado, el contenido de grasa resulto por debajo de los valores reportados para sistemas silvopastoriles en el trópico colombiano (Rivera *et al.*, 2012), probablemente por diferencias raciales. No así, para los demás componentes aquí estudiados, a pesar de que en el presente estudio se obtuvieron niveles de producción que duplicaron lo reportado para Colombia.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de suplementación empleados en la presente investigación no afectaron los componentes fisicoquímicos de leche de bovinos doble propósito.
2. La leche de bovinos doble propósito aquí analizada se clasifica como grado A de acuerdo a la norma oficial mexicana.

REFERENCIAS

AFRC (1993) Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International. 159 p

AOAC (2012) Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA, 19th edn

Chamberlain A.T. & Wilkinson J.M. (1996) Feeding the Dairy Cow. Chalcombe Publications. 241 p

Manzur C.A., Ruíz R.J.L., Sánchez M.B., Cruz L.J.L., Orántes Z.M.A., Lau S.A. y Castellanos C.A. 2012. Análisis de la composición química de leche en explotaciones lecheras en las regiones 01 Centro y 04 Frailesca de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(14) 14-20

Mohammed M.A.H., Aguilar P.C.F., Ayala B.A.J., Bottini L.M.B., Solorio S.F.J. & Ku Vera 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

Norma Oficial Mexicana (NOM). NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Diario Oficial de la Federación

Pedraza B.P., Estrada F.J.G., Martínez C.A.R., Estrada L.I., Rayas A.A.A., Yong A.G., Figueroa M.M., Avilés N.F. & Castelán O.O.A. (2012) On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. *TropAnimHealthProd* 44:329–336

Rivera H.J.E., Cuartas C.A., Naranjo J.F., Tafur O., Arenas F., Uribe F.T., Chará J.D., Murgueitio E.R. (2012). Calidad y cantidad de leche bovina producida bajo sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) en Colombia. Conference paper. (<https://www.researchgate.net/publication/279449075>) Revisado 29 de Febrero de 2016

Servicio Meteorológico Nacional (2010). Normales climatológicas (www.smn.conagua.gob.mx) Revisado el 28 de Julio de 2016

SAS *Institute*. 2002. SAS User's guide. Statistics, Version 9 ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74:3583–3597

Capítulo de libro disponible en:

<http://www.textosdeinvestigacion.unach.mx/memorias/congreso/#/810/>

Efecto de la suplementación energética sobre la composición y producción de leche en vacas doble propósito pastoreando *Cynodon plectostachyus* más *Leucaena leucocephala*

Isael Estrada López¹, Gilberto Yong Ángel², Benito Albarrán Portillo¹, Guadalupe Patricia Macías Farrera², Luis Felipe Martínez Albores², Sherezada Esparza Jiménez¹, Carlos Galdino Martínez García y Anastacio García Martínez^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050.

*Autor para correspondencia:angama.agm@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres niveles de suplementación en el comportamiento productivo y composición de la leche de bovinos doble propósito. Se utilizaron 6 vacas en lactación de raza Pardo Suizo, bajo un diseño de Cuadrado Latino 3x3 repetido y periodos experimentales de 21 días. Para su alimentación, las vacas permanecieron 9 horas en potreros de *Cynodon plectostachyus* más cuatro horas en un banco de proteína con *Leucaena leucocephala*. También recibieron 0, 3 o 5 kg de suplemento, de acuerdo al tratamiento. El suplemento consistió de 80% maíz y 20% melaza. No hubo diferencia en la composición de la leche ($P>0.05$), cuando se proporcionó los tratamientos, excepto en el contenido de NUL ($P<0.05$). El contenido de NUL disminuyó ($P<0.05$) en 1.18 mg dL⁻¹, por cada kg de suplemento proporcionado a las vacas. El nivel de suplementación afectó ($P<0.05$) las variables productivas. Se observó un mejor comportamiento conforme el nivel de suplementación incrementó ($P<0.05$). La respuesta en producción de leche fue de 0.02 y 0.28 kg de leche, en peso vivo de 5.50 y 14.58 kg de peso vivo y la condición corporal se modificó en 0.20 y 0.43 unidades para los tratamientos Tx2 y Tx3, respectivamente.

Keywords: Banco de proteína, Suplementación, Nitrógeno Ureico en Leche, Respuesta productiva, Bovinos Doble Propósito

INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales, la producción de leche de bovinos se basa regularmente en el pastoreo extensivo. Algunas especies forrajeras empleadas para la alimentación del ganado son *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*, *Cynodon plectostachyus*, *Cenchrus ciliaris*, *Andropogon gayanus* y *Pennisetum purpureum* (Ku *et al.*, 2015). Sin embargo, el empleo de éstas especies forrajeras como única fuente de nutrientes, limita la producción animal. Es conocido que el contenido de nutrientes en forrajes tropicales es limitado, debido a un alto contenido de fibra detergente neutro y moderadas concentraciones de proteína (Mohammed *et al.*, 2015). Ante esta restricción se han utilizado con éxito especies vegetales arbustivas y arbóreas como *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Crecentia alata*, *Leucaena leucocephala*, como fuentes de suplementación proteica en la alimentación de rumiantes (Pinto *et al.*, 2004; Palma, 2005; Bacab y Solorio, 2011). Logrando incrementos en la producción de leche de 1-2 kg día⁻¹, cuando se utiliza *Leucaena leucocephala*, en la alimentación de vacas doble propósito (Flores *et al.*, 1979). Sin embargo, el aporte energético de esta estrategia, ha resultado limitante (Bobadilla *et al.*, 2007; Bottini *et al.*, 2015). Ante el bajo contenido energético de los forrajes tropicales y follajes de árboles y arbustivas, empleados en la alimentación de BDP, la suplementación energética es una estrategia necesaria, para mejorar a nivel de rumen, la utilización del nitrógeno proporcionado por las especies arbustivas (Bottini *et al.*, 2016). En éste sentido, Tinoco *et al.* (2011) al aplicar suplementación energética durante los primeros 70 días de lactación a vacas *Bos indicus* x *Bos taurus*, no encontraron un efecto en la producción de leche, sin embargo la tasa de preñez fue incrementada respecto de las vacas que no recibieron suplemento. De esta manera, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres niveles de un suplemento energético en el comportamiento productivo, comportamiento al pastoreo y composición de la leche de bovinos doble propósito en el trópico de México. Se plateo la hipótesis que, conforme se incremente el nivel de suplementación, el rendimiento productivo se verá modificado en el mismo sentido; así mismo que al incrementar el nivel de

suplementación, la eficiencia en la utilización de la proteína proporcionada por *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus* y maíz molido, mejorará.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Se realizó un experimento durante los meses de octubre a diciembre de 2015, en Villaflores, Chiapas, México. Localizado a 16° 14' N y 93° 16' W a una altitud de 540 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (1166 mm) y temperatura media anual de 24.6 °C (SMN, 2010).

Características de los animales y manejo

Se utilizaron 6 vacas en lactación de raza Pardo Suizo, con un peso promedio de 414 (± 60.6) kg de peso vivo y 76 (± 20) días produciendo leche. El ordeño de las vacas fue manual, una vez por día. Se utilizó el apoyo del becerro, para estimular la bajada de la leche. La alimentación de las vacas se basó en el pastoreo para el consumo directo de *Cynodon plectostachyus* (*Cp*). Las vacas permanecieron en las potreros 9 horas por día (07:00 a 16:00 horas) con periodos de rotación de 27 días. Para garantizar que consumieran proteína suficiente, las vacas tuvieron acceso cuatro horas (17:00 a 21:00 horas) a un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* (*LI*), que consumieron mediante ramoneo. Las vacas siempre tuvieron agua limpia a libre acceso.

Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) de *Cp*, se estimó mediante comportamiento de las vacas al pastoreo (Poppi *et al.*, 1987). Se registró el tiempo que las vacas dedican a consumir forraje en minutos día⁻¹, la tasa de mordida (mordidas minuto⁻¹) y el peso (gramos) de cada mordida mediante pastoreo simulado. El tiempo de observación del comportamiento al pastoreo de las vacas, comprendió únicamente las horas luz del día, para no interferir en el comportamiento natural de las vacas con fuentes luminosas. Para calcular el CMS de *LI* se cortó y pesó el follaje de treinta plantas en 10 puntos de muestreo distribuidos al azar, y se determinó la MS presente por hectárea de acuerdo a la densidad de plantas (Bacab y Solorio, 2011). El CMS de *LI*, se obtuvo por diferencia entre la MS presente antes y después del ingreso a el área asignada a las vacas en el banco de proteína.

Tratamientos

Las vacas fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres tratamientos. El tratamiento uno (Tx1) consistió en el consumo de cero $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de suplemento, Tx2 un consumo de 3 $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de suplemento y Tx3 consistió en 5 $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de suplemento. Todas las vacas del experimento tuvieron acceso a potreros de *Cp* y a banco de proteína con *Ll*. El suplemento se constituyó de una mezcla de 800 gramos de maíz molido y 200 gramos de melaza por kg de MS. El suplemento se formuló para una vaca de 400 kg de peso vivo y una producción de 12 kg de leche, con un CMS estimado de 12 kg (AFRC, 1993). No se observó rechazo de suplemento para ningún tratamiento.

Variables de respuesta animal

El experimento duró 63 días, divididos en 3 periodos experimentales de 21 días cada uno. Los últimos cinco días de cada periodo experimental fueron para colecta de información. Para determinar la producción diaria de leche, los últimos cinco días de cada periodo experimental, se pesó la leche producida de manera individual, en una báscula electrónica. Debido a que en el sistema BDP también se produce carne, una práctica común es dejar la leche de un cuarto de la ubre para manutención del becerro. Por lo que, se pesó al becerro, antes y después de ingresar con la vaca, para determinar la cantidad de leche ingerida por este. La leche ingerida por el becerro se sumó a la leche extraída mediante el ordeño, para obtener la cantidad total producida diariamente. Se pesó a las vacas en una báscula electrónica con capacidad de 2.5 toneladas. El peso de las vacas se registró dos días antes del inicio del experimento, así como los dos últimos días de cada periodo experimental. Así también, se registró la condición corporal de las vacas en una escala de 1-5, según la escala norteamericana.

Muestreo y análisis químico

El último día de cada periodo experimental, se colectó dos muestras de leche por vaca por periodo. Las muestras se almacenaron a una temperatura de 4 a 6 °C. En una de las muestras se determinó el contenido de proteína, grasa, sólidos no grasos, densidad y lactosa, mediante espectroscopía infrarroja (Lactichek®). Para evaluar la composición de la leche, se tomó como estándar la norma oficial

mexicana NOM-155-SCFI-2003. La segunda muestra de leche, fue almacenada a -20 °C, hasta su análisis de nitrógeno ureico en leche, por el método colorimétrico (Chaney y Marbach, 1962). Los forrajes consumidos por las vacas, se muestrearon manualmente simulando el pastoreo de las vacas, el último día de cada periodo experimental. En los alimentos consumidos por las vacas, se determinó el contenido de MS, materia orgánica, cenizas, proteína cruda (PC) (AOAC, 2012), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) de acuerdo al método Ankom.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, utilizando MODEL MIXED de SAS 9.0 (SAS Institute 2002), para un diseño de Cuadrado Latino 3x3 repetido, con el siguiente modelo (Avilés *et al.*, 2013):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_{k(i)} + T_l + E_{ijkl}$$

Donde Y_{ijk} es la variable respuesta, μ es la media general, C_i es el efecto fijo del i -ésimo cuadro ($i= 1, 2$), $V_{j(i)}$ es el efecto aleatorio de la j -ésima vaca ($j=1, 2, 3$) dentro del i -ésimo cuadro ($i=1, 2$), $P_{k(i)}$ es el efecto fijo debido al k -ésimo periodo ($k=1, 2, 3$) dentro del i -ésimo cuadro ($i=1, 2$), T_l es el efecto fijo del l -ésimo tratamiento ($l=1, 2, 3$) y E_{ijkl} es el error aleatorio. Se obtuvo la media de mínimos cuadrados y se aplicó comparación múltiple de medias, a un nivel de significancia ($P<0.05$). Se utilizó regresión lineal simple, para explorar la relación entre variables respuesta y los tratamientos (nivel de suplementación).

RESULTADOS

Composición química de los forrajes

La composición química de los forrajes se muestra en la Tabla 1. El contenido de PC y FDN del C_p resultaron bajos en el presente estudio. Se observó un mayor contenido de FDN y FDA en C_p respecto de LI , hecho comúnmente conocido para estas especies.

Tabla 1. Composición química de los forrajes ofrecidos a vacas Pardo Suizo (%)

| | MS | Cenizas | MO | PC | FDN | FDA |
|---------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| <i>C. plectoastachyus</i> | 99.67 | 11.80 | 87.87 | 7.09 | 58.57 | 39.76 |
| <i>L. leucocephala</i> | 99.60 | 6.08 | 93.55 | 26.81 | 32.67 | 21.80 |

Notas: MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, PC= Proteína Cruda, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Ácido

Comportamiento al pastoreo

El comportamiento al pastoreo de vacas Pardo Suizo se muestra en la Tabla 2. El nivel de suplementación no afectó ($P>0.05$) el tiempo que las vacas dedicaron a realizar las diferentes actividades a lo largo del día de pastoreo. Tampoco afectó el número de mordidas por día ($P>0.05$), ni la tasa de mordida (mordidas minuto^{-1}) ($P<0.05$).

Tabla 2. Comportamiento al pastoreo de vacas Pardo Suizo alimentadas con diferente nivel de suplementación pastoreando en *Cynodon plectostachyus* más *Leucaena leucocephala* en el trópico de México

| Tiempo (minutos) | Tratamiento | | | EEM | P |
|-----------------------|-------------|-----|-----|---------|--------|
| | Tx1 | Tx2 | Tx3 | | |
| Consumiendo <i>Cp</i> | 323 | 307 | 272 | 26.2396 | 0.0965 |
| Consumiendo <i>Ll</i> | 37 | 33 | 43 | 6.3828 | 0.1682 |
| Descansando parada | 165 | 126 | 168 | 20.5210 | 0.0886 |
| Descansando echada | 48 | 82 | 55 | 20.7632 | 0.1595 |
| Rumiando parada | 72 | 80 | 93 | 18.3030 | 0.4346 |
| Rumiando echada | 47 | 67 | 53 | 14.0765 | 0.3538 |
| Bebiendo agua | 12 | 8 | 15 | 3.9441 | 0.1419 |
| Otras actividades | 15 | 30 | 18 | 11.3366 | 0.2340 |

Notas: Literales diferentes dentro de la misma línea señalan diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$). *Cp*= *Cynodon plectostachyus*, *Ll*= *Leucaena leucocephala*. EEM= error estándar de la media.

Consumo de materia seca y tasa de substitución

El CMS de *Cp* fue de 9.2, 8.8 y 7.8 $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$, para los Tx1, Tx2 y Tx3, respectivamente. El CMS de *Ll* fue de 3.0 $\text{kg de MS vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$. El CMS total fue de 9.2, 14.8 y de 15.8 para los Tx1, Tx2 y Tx3, respectivamente. Se observó una disminución de 0.27 kg en el CMS de *Cp* ($P<0.05$) por cada kg de suplemento proporcionado a las vacas (Figura 1).

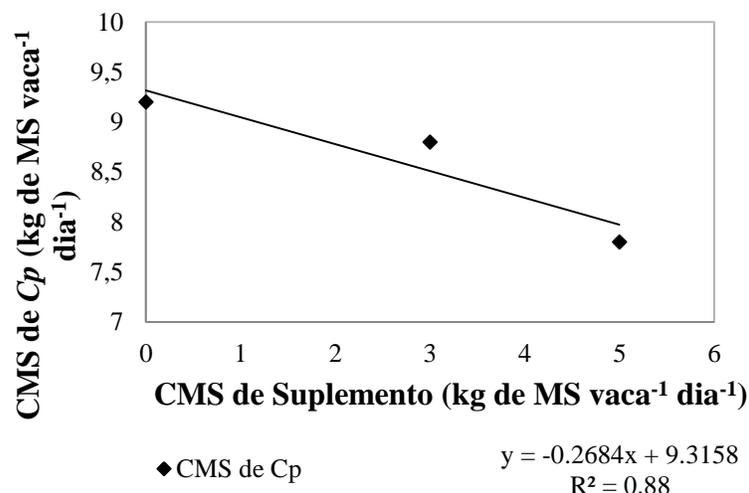


Figura 1. El efecto del consumo de materia seca (CMS) de suplemento sobre el CMS de forraje de *Cynodon plectostachyus* (Cp), en vacas Pardo Suizo recibiendo diferente nivel de suplementación (Tx1=0 kg, Tx2=3 kg y Tx3=5 kg de suplemento vaca⁻¹ día⁻¹).

Composición de la leche

No hubo diferencia en la composición de la leche ($P > 0.05$), cuando se proporcionó diferente nivel de suplementación, excepto en el contenido de NUL ($P < 0.05$) (Tabla 3). El contenido de NUL disminuyó ($P < 0.05$) en 1.18 mg dL⁻¹, por cada kg de suplemento proporcionado a las vacas (Figura 2).

Tabla 3. Características de la leche de vacas Pardo Suizo consumiendo suplemento energético, *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena leucocephala* en el trópico de México

| Variable | Tratamiento | | | EEM | P |
|----------------|-------------|---------|---------|--------|--------|
| | Tx1 | Tx2 | Tx3 | | |
| Grasa (%) | 3.43 | 3.63 | 3.57 | 0.3545 | 0.3814 |
| SNG (%) | 9.46 | 9.35 | 9.42 | 0.2094 | 0.5290 |
| Densidad (g/l) | 1032.24 | 1031.69 | 1032.03 | 0.5878 | 0.3769 |
| Proteína (%) | 3.46 | 3.43 | 3.45 | 0.0814 | 0.5880 |
| Lactosa (%) | 5.29 | 5.23 | 5.27 | 0.1117 | 0.5145 |
| NUL (mg/dl) | 16.33b | 13.97a | 10.27a | 1.5182 | 0.0091 |

Notas: Literales diferentes dentro de la misma línea señalan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Tx1=tratamiento 1, Tx2= tratamiento 2, Tx3= tratamiento 3. EEM= error estándar de la media.

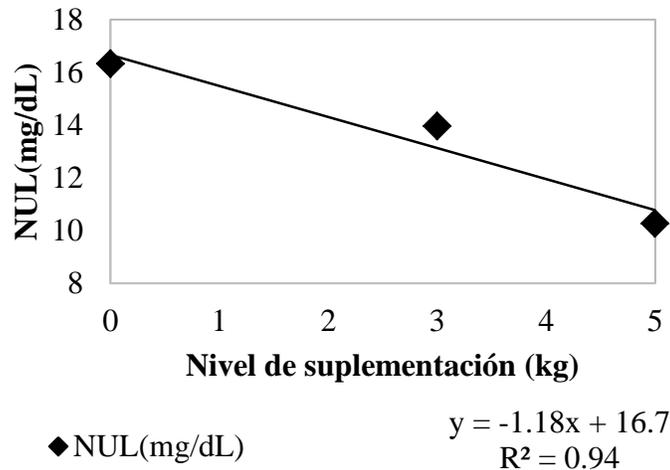


Figura 2. Efecto del nivel de suplementación sobre el contenido de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) de vacas Pardo Suizo alimentadas con tres niveles de suplementación (Tx1=0 kg, Tx2=3 kg y Tx3=5 kg de suplemento vaca⁻¹ día⁻¹).

Variables productivas

El nivel de suplementación afectó ($P < 0.05$) las variables de respuesta animal (Tabla 4). Se observó un mejor comportamiento productivo conforme el nivel de suplementación incrementó ($P < 0.05$). La respuesta en producción de leche fue de 0.02 y 0.28 kg de leche, en peso vivo de 5.50 y 14.58 kg de peso vivo y la condición corporal se modificó en 0.20 y 0.43 unidades para los tratamientos Tx2 y Tx3, respectivamente.

Tabla 4. Comportamiento productivo de vacas Pardo Suizo alimentadas con suplemento energético, *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena leucocephala* en el trópico de México

| Variable | Tratamiento | | | EEM | P |
|--------------------|-------------|---------|---------|---------|--------|
| | Tx1 | Tx2 | Tx3 | | |
| Peso | 433.92b | 439.42b | 448.50a | 20.7600 | 0.0159 |
| P. de leche | 8.09b | 8.15b | 9.48a | 0.6545 | 0.0001 |
| Condición corporal | 2.82b | 3.02ab | 3.25a | 0.1440 | 0.0426 |

Notas: Literales diferentes dentro de la misma línea señalan diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$). Tx1=tratamiento 1, Tx2= tratamiento 2, Tx3= tratamiento 3.
EEM= error estándar de la media.

DISCUSIÓN

El tiempo de pastoreo puede modificarse cuando se proporciona suplementación energética (Stobbs, 1970). En el presente estudio se observó una tendencia a disminuir el tiempo de pastoreo ($P=0.09$), conforme se incrementó la cantidad de suplemento. El tiempo que las vacas dedicaron a pastoreo cuando se proporcionó el máximo nivel de suplemento, fue similar al reportado por Flores *et al.*, (1979) en vacas lecheras alimentadas con *Ll* como suplemento.

El consumo de forraje por las vacas concuerda con los 12 kg de MS reportado para vacas doble propósito en Michoacán, México (Bacab y Solorio, 2011). El consumo de *Ll* represento el 32, 20 y 18 % del CMS total, para Tx1, Tx2 y Tx3, respectivamente. El nivel de consumo de *Ll* fue similar al reportado por Bottini *et al.*, (2015) y Bottini *et al.*, (2016), quienes reportaron que en vacas Holstein y Pardo Suizo cruzadas con Cebú, el consumo de *Ll* representó el 33% del CMS total. El CMS total para las vacas con el Tx1, fue acorde con el consumo predicho de acuerdo con el AFRC (1993). Por otro lado, el CMS total se incrementó conforme el nivel de suplementación, probablemente debido a una mayor digestibilidad de la dieta total (Muinga *et al.*, 1995). Sin embargo, se observó una tasa de sustitución de 0.268 kg de MS de $Cp\text{ kg}^{-1}$ de suplemento consumido.

La respuesta en composición de la leche, al proporcionar diferente nivel de suplementación, concuerda con Tinoco *et al.*, (2012), quienes no observaron diferencia en el contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche de vacas Pardo Suizo, al suplementar o no, con sorgo molido. Las características de la leche, producida bajo las condiciones aquí reportadas, superaron los valores mínimos requeridos por la norma oficial mexicana. Por lo tanto, fue considerada como “apta para consumo humano”. Debido a su composición, la leche producida por las vacas del presente estudio, se clasifica como grado A. (NMX-F-700-COFOCALEC-2004).

Los valores normales de NUL en vacas se encuentran entre 12 y 15 mg dL^{-1} (Cerón *et al.*, 2014). En el presente estudio se observó una disminución de NUL cuando se incrementó el nivel de suplementación. Lo anterior pudo presentarse debido a dos posibles condiciones, (1) a una posible disminución en el consumo

de PC, dado la sustitución de Cp por suplemento y (2) a una mejor utilización de la proteína ingerida por las vacas. Esto contrasta con Bobadilla *et al.*, (2007), Peniche *et al.*, (2014), Bottini *et al.*, (2015) y Bottini *et al.*, (2016) quienes al emplear suplementación y LI, en la alimentación de vacas doble propósito, observaron un incremento en la concentración de urea en orina y sangre. Por otro lado, cuando se proporcionó Tx1, el nivel de NUL fue superior acercándose al rango considerado como negativo sobre el rendimiento reproductivo (Butler, 1998; Cerón *et al.*, 2014).

La diferencia en producción de leche para los tratamientos Tx1 y Tx2 vs Tx3, fue del 14 %. El incremento en producción de leche puede atribuirse a una mejor eficiencia de utilización del alimento en su conjunto. Probablemente, al incrementar la cantidad de energía suplementada, se incrementó la producción de ácidos grasos volátiles y la biomasa microbiana, lo que resultó en una mayor producción. Este resultado fue similar con lo reportado por Razz *et al.* (2004), al encontrar diferencias en producción de leche cuando evaluaron dos niveles de suplementación (1 y 2 kg de concentrado) en vacas Pardo Suizo alimentadas con *Panicum maximum* más una hora de acceso a LI. Por otro lado, Tinoco *et al.*, (2012) aunque reportaron niveles de producción superiores a los encontrados en el presente estudio, no observaron diferencia en la producción de leche, cuando proporcionaron 2 kg de sorgo molido a vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* pastoreando Cp más acceso a LI. Esto probablemente fue debido a que las vacas utilizadas por Tinoco *et al.* (2012) se encontraban en los primeros 70 días de lactación, donde alcanzaron su pico de producción de leche.

La ganancia de peso probablemente se debió además del suplemento, a una recuperación de la capacidad de consumo voluntario. La diferencia en peso vivo fue del 4 %, entre los tratamientos Tx1 y Tx3. La ganancia diaria de peso cuando se proporcionó Tx2 y Tx3 fue de 0.26 y 0.69 kg de peso vivo vaca⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Estos resultados coinciden con Muinga *et al.*, (1995), quienes al proporcionar 1 kg de salvado de maíz y una dieta base con *Pennisetum purpureum* y LI, reportaron ganancia de peso en vacas *Bos indicus* x *Bos taurus*.

Los Tx1 y Tx2 no difirieron en la respuesta de CC, similar a lo reportado por Tinoco *et al.*, (2011). Sin embargo la condición corporal alcanzó las 3 unidades, cuando se proporcionó Tx2. Lo anterior indicó, que la alimentación proporcionada a las vacas del presente estudio, fue suficiente para satisfacer los requerimientos de producción de leche. Así también, probablemente se presentó un excedente de nutrientes, por lo que se registró un incremento en el peso vivo y condición corporal.

CONCLUSIONES

Las variables producción de leche, peso vivo y condición corporal de vacas Pardo Suizo fueron afectadas por el nivel de suplementación. Los niveles de suplementación aquí empleados no afectaron el comportamiento en pastoreo de vacas Pardo Suizo. Los niveles de suplementación aquí empleados afectaron el contenido de nitrógeno ureico de la leche de vacas Pardo Suizo.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para estudios de doctorado, y el apoyo del titular de la unidad de producción “El Manantial”, así como al personal que lo maneja y gestiona.

Cumplimiento de normas éticas

Todos los autores declaran que durante el desarrollo del experimento, ningún animal o persona fue maltratado o dañado. Todos los autores enlistados han participado en el desarrollo de la presente investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Referencias

- AFRC (1993). Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB international. 159 p
- AOAC (2012) Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA, 19th edn
- Avilés-Nieto, J.N., Valle-Cerdán, J.L., Castrejón-Pineda, F., Angeles-Campos, S., Vargas-Bello-Pérez, E. 2013. Digestibility of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*)-based diets supplemented with four levels of *Gliricidia sepium* hay in hair sheep lambs. Tropical Animal Health and Production, 45:1357–1362
- Bacab-Pérez, H.M. y Solorio-Sánchez, 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
- Bobadilla-Hernández, A.R., Ramírez-Avilés, L. and Sandoval-Castro, C.A. 2007. Effect of supplementing tree foliage to grazing dual-purpose cows on milk composition and yield. Journal of Animal and Veterinary Advances, 6 (9): 1042-1046
- Bottini-Luzardo, M., Aguilar-Perez, C., Centurion-Castro, F., Solorio-Sanchez, F. Ayala-Burgos, A., Montes-Perez, R., Muñoz-Rodriguez, D. and Ku-Vera, J. 2015. Ovarian activity and estrus behavior in early postpartum cows grazing *Leucaena leucocephala* in the tropics. Tropical Animal Health and Production, 47:1481–1486
- Bottini-Luzardo, M.B., Aguilar-Pérez, C.F., Centurión-Castro, F.G., Solorio-Sánchez, F.J. and Ku-Vera, J.C. 2016. Milk yield and blood urea nitrogen in crossbred cows grazing *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system in the Mexican tropics. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 4(3):159–167
- Butler, W.R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 81(9): 2533-2539
- Cerón-Muñoz, M.F., Henao-Velásquez, A.F., Múnera-Bedoya, Ó.D., Herrera-Rios, A.C., Díaz-Giraldo, A., Parra-Moreno, A.M. y Tamayo-Patiño, C.H. 2014. Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Biogénesis, 18 p.

- Chaney, A. L. and Marbach, E. P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 8, 130–132.
- Flores, J.F., Stobbs, T.H. and Minson, D.J. 1979. The influence of legume *Leucaena leucocephala* and formal-casein on the production and composition of milk from grazing cows. *The Journal of Agricultural Science*, 92:351–357
- Ku-Vera J.C., Juárez L.F.I., Mendoza M.G.D., Romano M.J.L. y Shimada M.A.S. 2015. Alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales de México. Coordinadores: Gonzáles P.E. y Dávalos F.J.L. Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. Primera edición. México. 272 p
- López, O., Olivera, Y., Lamela, L., Sánchez, T., Montejó, I.L., Ronquillo, M. and Rojo-Rubio, R. 2014. Effect of the supplementation with concentrate feed on the in vitro fermentation of diets for cows under silvopastoral system conditions. *Pastures and Forages*, 37(4): 490-495
- Muinga, R.W., Topps, J.H., Rooke, J.A., Thorpe, W. 1995. The effect of supplementation with *Leucaena leucocephala* and maize bran on voluntary food intake, digestibility, live weight and milk yield of *Bos indicus* x *Bos taurus* dairy cows and rumen fermentation in steers offered *Pennisetum purpureum ad libitum* in the semi-humid tropics. *Animal Science*, 60:13–23
- Mohammed, M.A.H., Aguilar, P.C.F., Ayala, B.A.J., Bottini, L.M.B., Solorio, S.F.J. & Ku-Vera, 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
- Norma Oficial Mexicana (NOM). NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Diario Oficial de la Federación
- Palma, J.M. 2005. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14 (3): 95-104
- Peniche-González, I.N., González-López, Z.U., Aguilar-Pérez, C.F., Ku-Vera, J.C., Ayala-Burgos, A.J. & 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

- Pérez-Pérez, J., Alarcon-Zúñiga, B., Mendoza-Martínez, G.D., Bárcena-Gama, M., Hernández-Garay, A. y Herrera-Haro, J.G. 2001. Efecto de un banco de proteína de kudzú en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Técnica Pecuaria en México*, 39 (1): 39-52
- Pinto, R., H, Gómez., B. Martínez., A, Hernández., F. Medina., L. Ortega., y L. Ramírez. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo silvopastoreo en el centro de Chiapas. *Rev. Avances en Investigación Agropecuaria*. 8(2): 53-67.
- Poppi D.P., Hughes T.P. and L'Huillier P.J.1987. Intake of pastures by grazing ruminants. En: *Feeding Livestock on Pasture*. A.M. Nicol(Ed) New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 10, pp. 55-63.
- SAS. 2002. Statistical Analysis Systems Institute, Version 9.00. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Razz, R., Clavero, T., Combellas, J. y Ruíz, T. 2004. Respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Revista Científica [en línea]*, 15(6): p. 0
- Servicio Meteorológico Nacional (2010). Normales climatológicas (www.smn.conagua.gob.mx) Revisado el 28 de Julio de 2016
- Tinoco-Magaña, J.C., Aguilar-Pérez, C.F., Delgado-León, R., Magaña-Monforte, J.G., Ku-Vera, J.C. 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

Capacidad de almacenamiento de carbono atmosférico, nitrógeno, fósforo y potasio en potreros con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) en el trópico de México

Estrada López Isael¹, Yong Ángel Gilberto², Albarrán Portillo Benito¹, Macías Farrera Guadalupe Patricia², Darwin Heredia Nava, Ernesto Morales Almaráz y García Martínez Anastacio^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Col. Barrio de Santiago s/n. Temascaltepec, Estado de México. C.P. 51300.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. Rancho San Francisco, km 8 Carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29050.

*angama.agm@gmail.com, Teléfono: 011(52)7221484178

Resumen

La ganadería es una actividad productiva que incide en el deterioro ambiental, favoreciendo la deforestación, por la apertura de nuevas tierras para uso agropecuario. Tendencias que hacen necesario, buscar y establecer estrategias de mitigación de dichos efectos. El objetivo del estudio fue evaluar y predecir el almacenamiento de carbono (C) en potreros con diferente densidad de población de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Variedad Cunningham), y evaluar su impacto en el nivel de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) del suelo, en unidades de producción (UP) manejadas como sistemas silvopastoriles (SSP). Las variables carbono total en tallo (CTT), C total en hoja (CTH) y C total almacenado (CTA), no fueron afectadas ($P > 0.05$), por la densidad de *Leucaena*. El CTT y CTA incrementó ($P < 0.05$) a mayor edad del SSP. El modelo de regresión estimó el CTA y mostro mayor presencia ($P < 0.05$; $R = 0.74$), cuando se analizaron en conjunto la altura (ALT) y circunferencia (CIR) en la base del tallo. No existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para el contenido de nitrógeno amoniacal (NH_4^+), nitratos (NH_3^-) y potasio (K^+), en los suelos del SSP y potreros convencionales en monocultivo, establecida con *Cynodon plectostachyus* K. Schum. El mayor contenido de P (ión fosfato (PO_4^-)) ($P < 0.05$), se registró en el sistema potrero convencional. Se concluyó que la densidad de *Leucaena* no afecto la acumulación total de carbono en sistemas silvopastoriles. Que el modelo de regresión generado, para estimar la materia seca total y carbono, en sistemas silvopastoriles, se ajustó mejor a los datos bajo condiciones locales y que la presencia de *Leucaena* no afecto el contenido de nitrógeno en el suelo de SSP.

Palabras clave: carbono, *Leucaena*, N, P y K, sistemas silvopastoriles.

Introducción

La ganadería es una actividad productiva que incide en el deterioro ambiental de agroecosistemas tropicales y favorece la deforestación, por la apertura de nuevas tierras para uso agropecuario. Este cambio en el uso del suelo, es considerado como la mayor fuente de emisión de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera (Steinfeld *et al.*, 2006). Sin embargo, el suelo representa el mayor reservorio de Carbono (C). En este tenor, del C total almacenado a un metro de profundidad; el C Orgánico del Suelo (COS) comprende 1550 Pg (1 petagramo= 10¹⁵ gramos = 1 billón de toneladas) y el C inorgánico representa alrededor de 750 Pg. El C total en el suelo, representa 3 y 3.8 veces, la cantidad de C en la atmósfera y vegetación del planeta, con 770 y 610 Pg, respectivamente. Una reducción en el C del suelo de 1 Pg representa un incremento del CO₂ de la atmósfera de 0.47 ppm (volumen) (Lal, 2001). En la última década, el CO₂, es señalado como el principal gas de efecto invernadero, debido a la elevada tasa de emisiones antropogénicas (Steinfeld *et al.*, 2006; FAO, 2011). En este sentido, en la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC) en 1997, en Kioto, Japón, se firmó el denominado protocolo de Kioto, con el que los países participantes se comprometieron, a encontrar estrategias para disminuir las concentraciones atmosféricas de gases con efecto invernadero. En cambio, los países en vías de desarrollo, como el caso de México, no están obligados a disminuir sus emisiones, pero si con necesidad de establecer planes de mitigación del calentamiento global.

La disminución en las emisiones de CO₂ antropogénico y la creación de sumideros de C en la biósfera, son algunas medidas. La introducción de árboles y arbustos en *potreros* del SSP, favorece el manejo y gestión de la ganadería, mejora las propiedades del suelo, reduce el uso de insumos externos como fertilizantes, pesticidas y agua para riego. Además, los SSP contribuyen en el almacenamiento de C, la calidad de forraje que consume el ganado y en el bienestar animal. También favorece la conservación de la biodiversidad y permiten mayores ingresos económicos en las UP por la venta de productos como leche y carne a bajo costo y mejora las condiciones de vida de la población rural (Musalem, 2002; Gómez *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2011; Espinoza *et al.*, 2012; Anguiano *et al.*, 2013; Cubillos *et al.*, 2016).

Se han realizado varios estudios sobre la utilización del follaje de *Leucaena*, como alimento para el ganado. Pero existe reducida información sobre el almacenamiento de C en las plantas o en el suelo donde se cultiva la *Leucaena*, como una estrategia de mitigación del efecto invernadero. Aunque algunos reportes indicaron que la tasa de almacenamiento de C, en SSP con la presencia de *Leucaena* fue de $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Anguiano *et al.*, 2013; Youkhana & Idol, 2015).

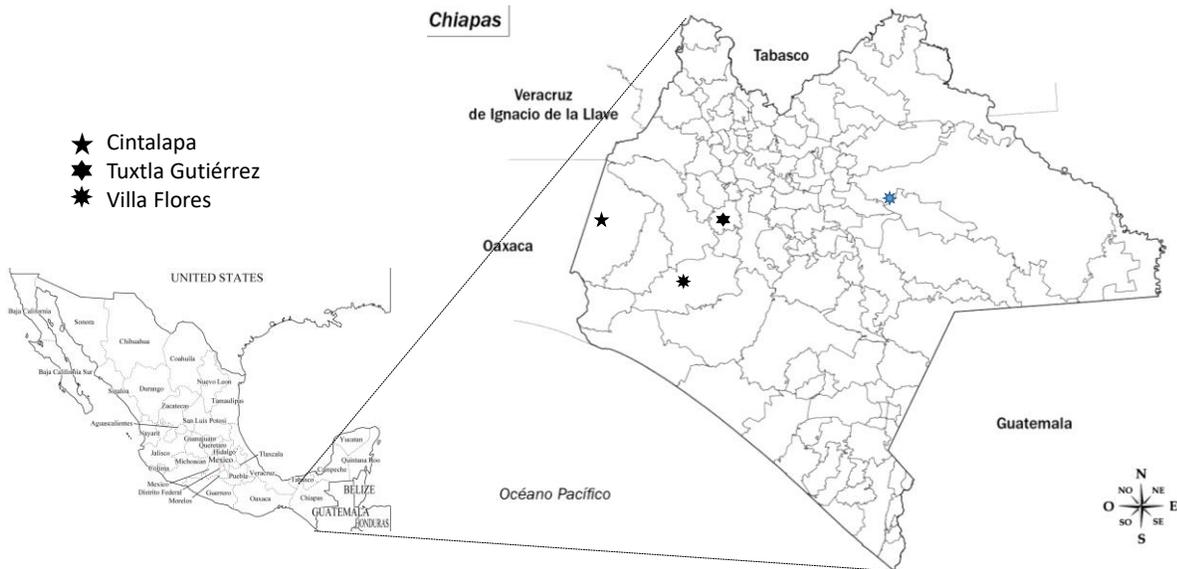
Otros estudios (Albrecht & Kandji, 2003; IPCC, 2003; Nair *et al.*, 2009 y Youkhana & Idol, 2011), indicaron que los modelos alométricos son útiles para estimar la biomasa aérea y cuantificar el C presente, correlacionando características morfológicas, de manera no destructiva. La valoración del C y su permanencia en el agroecosistema, determinara la cantidad almacenada (Albrecht & Kandji, 2003). Para reducir errores en la estimación, de acuerdo con Andrade e Ibrahim (2010) y Youkhana & Idol (2011), se deben incluir la altura y el diámetro de los árboles, así como también la densidad de la madera en los modelos predictivos.

Bajo esta perspectiva, la implementación de estrategias para la recuperación de agroecosistemas desde un enfoque sostenible, son de relevancia actual (Steinfeld *et al.*, 2006). El uso de leguminosas y arbustivas en los *potreros*, favorece la recuperación y mejoramiento de suelos; incrementa la cantidad de materia orgánica, disminuye su degradación y mejora su estructura. El incremento en el contenido de materia orgánica, también mejora la capacidad de intercambio catiónico, retención de agua, porosidad, aireación e infiltración (Cubillos *et al.*, 2016). Además, mejoran el contenido de N en el suelo de SSP. En este tenor, el objetivo fue estimar la cantidad de C presente en la biomasa de suelo, en la hojarasca y predecir el contenido de C en la biomasa aérea de *Leucaena*, en función de la densidad de población en un SSP y, evaluar el impacto de la inclusión de *Leucaena* en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo.

Material y Métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en tres municipios ubicados en la zona socioeconómica “La Flailesca” del Estado de Chiapas, México. i. Cintalapa, se encuentra en el extremo oeste del Estado, en las coordenadas 16°41'52" N y 93°43'13" O, a una altura promedio de 540 msnm (SMN, 2010). Cuenta con una superficie de 2,405 km². ii. Villaflores, se ubica a 16°14'00" N y 93°16'09" O y 560 msnm. Se localiza al poniente del estado, en los límites de la Depresión Central de Chiapas y de la Sierra Madre de Chiapas, predominando el relieve montañoso. iii. Tuxtla Gutiérrez se ubica en la Depresión Central del estado en las coordenadas 16°45'11" N y 93°06'56"O (Figura 1), a 522 msnm. Cuenta con una superficie de 96 km². En las zonas de estudio predomina el clima cálido subhúmedo (Aw) con lluvias en verano, precipitaciones entre 865-1200 mm y temperatura media anual de 25.7°C (GECh, 2016).



Fuente: Gobierno del estado de Chiapas (GECh, 2016)

Figura 1. Ubicación geográfica de Cintalapa, Villaflores y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Potreros experimentales

Se evaluaron tres potreros característicos de un SSP. Los potreros en estudio, tienen una superficie de una ha y edades de implantación de 1 año (SSP1), 1.3 años (SSP2) y 2 años (SSP3), localizados en Cintalapa, Villaflores y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, respectivamente. Los tres potreros fueron sembrados con *Leucaena* en asociación con *Panicum maximum* L. ó *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf. Como control, se contó con un potrero convencional en monocultivo, establecida con *Cynodon plectostachyus* K. Schum, (SCP), el cual fue pastoreado durante la época de sequía. Los cuatro potreros se monitorearon durante el periodo comprendido entre enero y marzo de 2015, considerado como un periodo de sequía en la zona de estudio que comprende final del invierno e inicio de primavera.

Los tratamientos relacionados con la densidad de planta, se establecieron con base a la regla de Sturges (Vilez, 2004), para el establecimiento de rangos de clase. De lo anterior, se obtuvieron tres densidades (D) de *Leucaena*: D1 = 33, 440 ($\pm 15,280$) plantas ha^{-1} en SSP3; D2 = 48,720 ($\pm 24, 788$) plantas ha^{-1} en SSP1 y D3 = 87, 048 ($\pm 29,748$) plantas ha^{-1} en SSP2.

Determinación de biomasa y carbono (C) aéreo (Ca) en plantas

Determinación de biomasa y carbono (C) aéreo (Ca) en plantas

En cada potrero, se realizaron 10 muestreos al azar. Cada punto de muestreo tuvo un área de 8 m² (5 m de largo x 1.6 m de ancho), de acuerdo a las indicaciones de Solorio *et al.* (2011). Se contabilizaron, cortaron y pesaron las plantas de *Leucaena*, presentes y se separó la porción de tallo y hoja. Posteriormente se obtuvo una submuestra de cada porción, que fueron secadas hasta peso constante (A.O.A.C., 1980). Además, se seleccionaron tres plantas de *Leucaena* y se registró la circunferencia (CIR) de la base del tallo (Takimoto *et al.*, 2008) y la altura (ALT). Las mediciones de las plantas fueron relacionadas con la MS ha^{-1} disponible, mediante regresión lineal múltiple, considerando la densidad de plantas en los puntos de muestreo. Para el cálculo del contenido de C para ambos componentes, se utilizó la constante propuesta por el IPCC (2003), que

indica que 50% de la MS corresponde a este elemento. En este sentido, las variables respuesta para evaluar el contenido de (Ca), fueron materia seca total (MST), materia seca en tallo (MSt), materia seca en hoja (MSh), C total en Tallo (CTt), C total en hoja (CTh) y C total almacenado (CTa), expresado en $t\ ha^{-1}$.

Determinación de C en raíces (Cr)

Se estimó la biomasa presente en las raíces, considerando las 3 plantas en los 10 puntos de muestreo de los tres potreros y, en base al modelo alométrico de Andrade e Ibrahim (2003) que considera la biomasa aérea. Entonces: $Cr = 0.231 * Ca$.

Determinación de C en hojarasca (Ch)

En el centro de cada punto de muestreo, se colocó un cuadrante de $0.25\ m^2$ sobre la superficie del suelo, del cual se colectó y pesó la hojarasca presente en su interior. Posteriormente se tomó una muestra, para determinar el contenido de materia seca y C (Solorio *et al.*, 2011).

Determinación de C en la materia orgánica (MO) del suelo (COs)

En los mismos puntos de muestreo de la hojarasca, se tomó una muestra de suelo, con barrena tipo Hoffer, a una profundidad de 0-30 cm. Se mezclaron las muestras, para obtener un pool por SSP (Solorio *et al.*, 2011; Amézquita *et al.*, 2004). Este pool se sometió a análisis, para determinar la densidad aparente y MO por el método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1938). Para la determinación del COs, se utilizó el factor de corrección de 1.724 de acuerdo a las especificaciones de Andrade e Ibrahim (2003).

Determinación del contenido de N, P y K en el suelo

A cada submuestra de suelo del SSP1, SSP1.3 y SSP2, se le determinó el contenido de N, P y K. Para contrastar el efecto de la inclusión de Leucaena sobre el contenido mineral del suelo, se tomaron 10 muestras de suelo de un potrero convencional en monocultivo, adyacente a cada potrero del SSP. Estos potreros se denominaron "potreros SPC1, SPC2 y SPC3". Las muestras de suelo, fueron secadas a la sombra y

pasadas por un tamiz de 2 mm, posteriormente se obtuvo el contenido de NH_4^+ , NH_3^- , PO^- y K^+ , mediante espectrofotometría (HANNA HI 83215, *Nutrient Analysis Photometer*), de acuerdo a la metodología descrita por Bartošová *et al.* (2012).

Análisis estadístico

Las variables respuesta fueron analizadas bajo un diseño de bloques completamente al azar (SAS, 2002), con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + T_i * B_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta, en el j-ésimo bloque, i-ésimo tratamiento y k-ésima repetición.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (densidad de población de *Leucaena*), i: D1 = <35,000, D2 = 35,001-75,000, D3 = >75,000 plantas ha^{-1}

B_j = Efecto del j-ésimo bloque (edad del potrero), j: 1, 1.3 y 2 años de implantación

$T_i * B_j$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

ε_{ijk} = Error experimental

Al existir diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de Tukey para comparación de medias a un nivel de significancia $P < 0.05$. También se realizó un análisis de regresión lineal múltiple (PROG REG), para determinar la relación entre las medidas agronómicas de *Leucaena* y el contenido de materia seca (MSt ha^{-1}). Las variables ALT y CIR de *Leucaena*, incluidas en el modelo fueron normalizadas mediante la función logaritmo natural (LN). También se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad por medio del análisis gráfico de los residuales del modelo de regresión (Gómez *et al.*, 2010). Adicionalmente, se analizó mediante una prueba de *T de Student*, el efecto en el contenido mineral del suelo (N, P y K), entre los potreros del SSP y sus respectivos potreros convencionales adyacentes, a un nivel de significancia $P < 0.05$.

Resultados

Distribución de carbono en Sistemas Silvopastoriles

El C en biomasa aérea y C en hojarasca del SSP3, en conjunto, fue mayor respecto a los SSP1, SSP2 y SPC, en un 56, 56 y 26 por ciento, respectivamente (Cuadro 1). El C contenido en la biomasa radicular, fue afectado de acuerdo al C en la biomasa aérea, al ser una proporción de éste. De esta manera, se observó un mayor contenido de C en el SPC, seguido del SSP3 (Cuadro 1). El C total fue afectado en su mayoría, por el CO₂, respecto de los demás componentes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución del carbono en Sistemas Silvopastoriles en el trópico de México

| Componente | Sitio de muestreo | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------|--------|-------|
| | SSP1 | SSP2 | SSP3 | SPC |
| C aéreo (t ha ⁻¹) | 1.77 | 1.74 | 3.85 | 5.97 |
| C en hojarasca (t ha ⁻¹) | 1.74 | 1.81 | 4.26 | 0.00 |
| C en raíces (t ha ⁻¹) | 0.41 | 0.40 | 0.89 | 1.38 |
| C en suelo (t ha ⁻¹) | 71.20 | 79.87 | 132.80 | 66.40 |
| C total (t ha ⁻¹) | 75.11 | 83.82 | 141.80 | 73.75 |

C en biomasa aérea y en hojarasca = MS ha⁻¹ X 0,05 (IPCC, 2003). C raíces=0.231*C aéreo (Andrade e Ibrahim, 2003). SSP3 = potrero con dos años de implantación. SSP2 = potrero con 1.3 años de implantación. SSP1 = potrero con 1 año de implantación. SPC = sistema potrero convencional establecido en monocultivo con *Cynodon plestostachyus*.

Captura y predicción de carbono en Sistemas Silvopastoriles

La ALT de Leucaena fue afectada ($P < 0.05$), por la densidad de población y edad del SSP (Cuadro 2). La CIR de Leucaena no fue afectada por la densidad de población ($P > 0.05$), mientras que a mayor edad del SSP mayor CIR ($P < 0.05$) (Cuadro 2). La densidad de población no afectó ($P > 0.05$) la MSt y MSh de Leucaena (Cuadro 3). La edad del SSP influyó ($P < 0.05$) en la MSt de Leucaena, observándose que a mayor edad se acumula mayor MS (Cuadro 3). La densidad de población no afectó las variables CTt, CTh, CTa de Leucaena ($P > 0.05$), mientras que la edad del SSP influyó ($P < 0.05$), en CTt y CTa, mostrando mayor acumulación de C a mayor edad (Cuadro 4).

Cuadro 2. Evaluación de medidas morfológicas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. en Sistemas Silvopastoriles en el trópico de México

| Variables | Tra [§] | SSP1 | SSP2 | SSP3 | Media (±ee) |
|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| <i>ALT</i> (cm) | 1 | 154.44 | 95.00 | 189.45 | 171.32(17.97)a |
| | 2 | 160.44 | 109.33 | 198.33 | 166.70(17.97)a |
| | 3 | 149.67 | 97.13 | | 102.96(17.97)b |
| | Media (±ee) | 157.57 (17.48) a | 98.13 (17.48) b | 192.12 (17.48) a | |
| <i>CIR</i> (cm) | 1 | 3.83 | 5.83 | 8.98 | 7.29(0.89)a |
| | 2 | 4.54 | 7.33 | 8.11 | 5.89(0.89)a |
| | 3 | 3.67 | 6.54 | | 6.22(0.89)a |
| | Media (±ee) | 4.24(0.87)c | 6.55(0.87)b | 8.72(0.87)a | |

Tra[§]= Tratamientos: 1=<35,000, 2=35,001-75,000, 3=>75,000 plantas ha⁻¹.

Los resultados que se refieren a peso, son reportados en base seca. SSP1, SSP2 y SSP3 = sistema silvopastoril de 1, 1.3 y dos años de implantación, respectivamente. *ALT*= altura, *CIR*=circunferencia.

Literales diferentes en hilera o columna, denotan diferencia estadística significativa entre tratamientos y edad del SSP, respectivamente $P<0.05$.

En el Cuadro 5 se presenta el modelo ajustado a partir a partir de las medidas morfológicas (*ALT* y *CIR*). El cual se utilizó para estimar la biomasa aérea de *Leucaena*, en SSP de entre 1 y 2 años de establecido y una densidad de plantas de 8500 hasta 124 000 plantas ha⁻¹, en el trópico de México. Las variables LN *CIR* y LN *ALT* de *Leucaena*, se correlacionaron positivamente, respecto de la variable MStot. El coeficiente de determinación y los valores de los coeficientes de la regresión múltiple, fueron significativos ($P<0.05$). El modelo de regresión aplicado a los datos aquí generados mostro mejor comportamiento, cuando se incluyó en conjunto a las características *ALT* y *CIR*, que de manera individual.

Cuadro 3. Evaluación y distribución de la materia seca de plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. en Sistemas Silvopastoriles en el trópico de México

| Variables | Tra [§] | SSP1 | SSP2 | SSP3 | Media (±ee) |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>MSt</i> (t ha ⁻¹) | 1 | 1.12 | 0.30 | 4.06 | 2.92(1.57)a |
| | 2 | 3.19 | 1.57 | 11.55 | 5.54(1.57)a |
| | 3 | 4.05 | 1.67 | | 1.93(1.57)a |
| | Media(±ee) | 2.66(1.52)b | 1.52(1.52)b | 6.31(1.52)a | |
| <i>MSt</i> (t ha ⁻¹) | 1 | 0.13 | 0.18 | 0.85 | 0.59(0.64)a |
| | 2 | 1.05 | 1.86 | 2.73 | 1.63(0.64)a |
| | 3 | 1.03 | 2.20 | | 2.07(0.64)a |
| | Media(±ee) | 0.77(0.63)a | 1.96(0.63)a | 1.41(0.63)a | |

Tra[§]= Tratamientos: 1=<35,000, 2=35,001-75,000, 3=>75,000 plantas ha⁻¹.

Los resultados que se refieren a peso, son reportados en base seca. SSP1, SSP2 y SSP3 = sistema silvopastoril de 1, 1.3 y dos años de implantación, respectivamente. *MSt*=materia seca en tallo, *MSh*=materia seca en hoja.

Literales diferentes en hilera o columna, denotan diferencia estadística significativa entre tratamientos y edad del SSP, respectivamente P<0.05.

La Figura 2 muestra las gráficas de probabilidad normal de residuales, residuales versus los valores ajustados, histograma de residuales y residuales versus el orden de los datos. Los valores de las variables ajustadas en el modelo presentaron una distribución normal de los residuales, donde para la mayoría de los puntos estuvieron cercanos a cero, lo que mostró un bajo error en la estimación. La mayoría de los residuales se distribuyeron dentro de -2 y +2 desviaciones estándar, lo que indicó una buena precisión.

Cuadro 4. Acumulación de carbono en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. en Sistemas Silvopastoriles en el trópico de México

| Variables (base seca) | Trat [§] (Plantas ha ⁻¹) | SSP1 | SSP2 | SSP3 | Media (±ee) |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CTt [‡] (t ha ⁻¹) | 1 | 0.56 | 0.15 | 2.03 | 1.46(0.78)a |
| | 2 | 1.60 | 0.79 | 5.79 | 2.77(0.78)a |
| | 3 | 2.02 | 0.83 | | 0.97(0.78)a |
| | Media(±ee) | 1.33(0.76)b | 0.76(0.76)b | 3.16(0.76)a | |
| CTh [‡] (t ha ⁻¹) | 1 | 0.06 | 0.09 | 0.42 | 0.29(0.32)a |
| | 2 | 0.52 | 0.93 | 1.36 | 0.82(0.32)a |
| | 3 | 0.52 | 1.10 | | 1.04(0.32)a |
| | Media(±ee) | 0.39(0.31)a | 0.98(0.31)a | 0.71(0.31)a | |
| CTa [‡] (t ha ⁻¹) | 1 | 0.62 | 0.24 | 2.53 | 1.80(1.03)a |
| | 2 | 2.37 | 1.72 | 7.14 | 3.74(1.03)a |
| | 3 | 2.54 | 1.93 | | 2.00(1.03)a |
| | Media(±ee) | 1.86(1.00)b | 1.74(1.00)B | 3.91(1.00)a | |

Tra[§]= Tratamientos: 1=<35,000, 2=35,001-75,000, 3=>75,000 plantas ha⁻¹.

SSP1, SSP2 y SSP3 = sistema silvopastoril de 1, 1.3 y dos años de implantación.

[‡]CT=carbono total en tallo, CTh=carbono total en hoja y CTa=carbono total acumulado.

Literales diferentes en hilera o columna, denotan diferencia estadística significativa entre tratamientos y edad del SSP, respectivamente P<0.05.

Cuadro 5. Modelo de regresión ajustado en base a mediciones morfológicas para estimar la biomasa aérea de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (n=90)

| Modelo | CME | PRES | R | R ² |
|--|-------|--------|------|----------------|
| $MSTot = - 3.0 + 1.89 (LN CIR) + 0.133 (LN ALT)$ | 1.098 | 103.07 | 0.74 | 0.55 |

MSTot= Materia seca total, LN CIR= logaritmo natural de la circunferencia, LN ALT= logaritmo natural de la altura, CME= cuadrado medio del error, PRES= precisión, R= coeficiente de correlación lineal, R²= coeficiente de determinación.

En la Figura 3 se muestra la comparación de los datos observados con los estimados por el modelo, así como también la comparación con un modelo obtenido para la misma zona de estudio, pero en diferentes unidades de producción. Se observó un mejor desempeño del modelo de regresión obtenido en el presente estudio, para los datos observados en los potreros de SSP aquí reportadas.

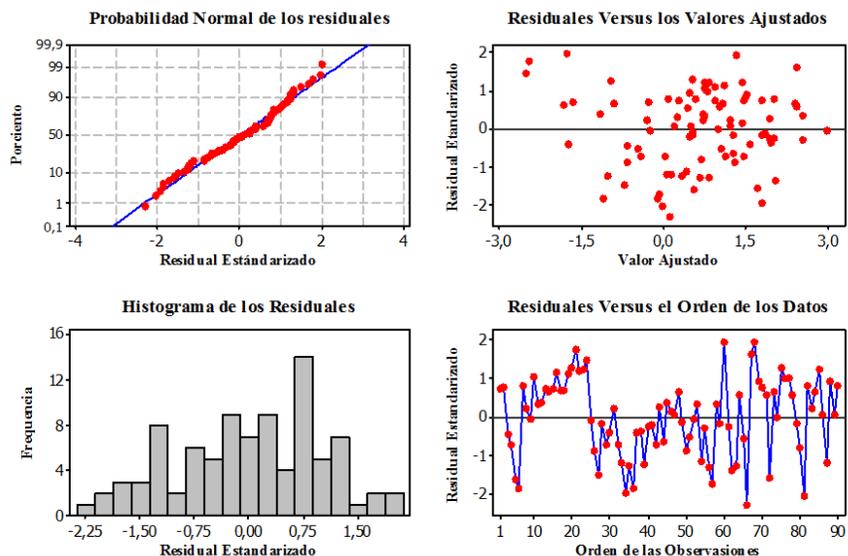


Figura 2 Estructura de los residuales para la variable MS Total

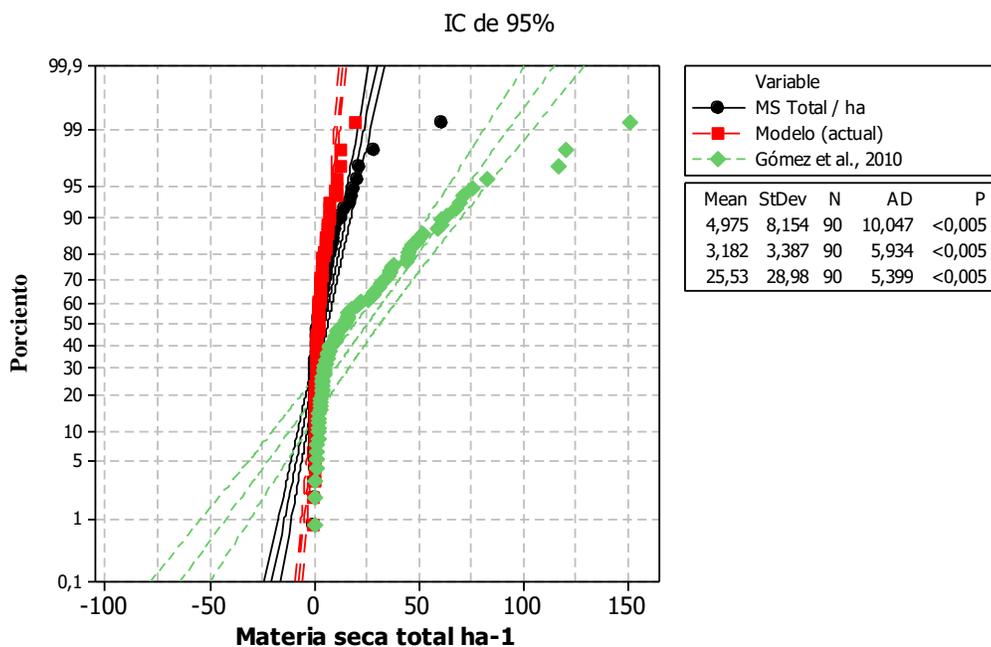


Figura 3 Comparación de la $MSTot$ en $t\ ha^{-1}$, con la materia seca total predicha por el modelo generado y el ajuste de un modelo reportado para la misma especie y zona de estudio.

Principales características físicas y químicas del suelo en potreros el SSP y de potreros convencionales

Los suelos de la zona de estudio presentaron una textura areno-arcillosa, pH de 6.6 (± 0.5), y un 1.45% (± 0.43) de materia orgánica (NOM-021-RECNAT-2000). No existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para el contenido de NH_4^+ , NH_3^- y K^+ , entre los suelos de SSP y SPC (Cuadro 6). Por otro lado, respecto del contenido de PO^- se encontró diferencia estadística entre los suelos de SSP y SPC ($P < 0.05$). El mayor contenido de PO^- ($P < 0.05$), se registró en el suelo del SPC, y el menor contenido para el SSP ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Contenido de N, P y K en suelos de potreros del SSP y potreros convencionales del trópico de México (ppm^{*})

| Mineral | SSP1 | SPC1 | SSP2 | SPC2 | SSP3 | SPC3 |
|-----------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| NH_4^+ | 5.00 (0.0) | 8.50 (4.9) | 10.50(10.7) | 20.50(10.6) | 2.50 (0.7) | 3.66 (0.5) |
| NH_3^- | 5.00 (3.0) | 7.50 (3.5) | 47.50(17.5) | 22.50 (17.6) | 12.50 (3.5) | 10.00 (3.0) |
| PO^- | 4.50(0.5)B | 7.50(0.5)A | 1.50(0.7)B | 5.50(0.8)A | 3.50(0.5)B | 6.00(0.4)A |
| K^+ | 17.50(3.5) | 12.50(3.5) | 10.00(3.0) | 15.00(3.0) | 15.00(3.1) | 10.00(3.0) |

SSP1, SSP2 y SSP3 = sistema silvopastoril de 1, 1.3 y dos años de implantación, respectivamente. SPC= sistema potrero convencional 1, 2 y 3, corresponden a potreros monocultivo establecidas con *Cynodon plectostachyus* K Schum, adyacentes a los SSP 1, 2 y 3, respectivamente. NH_4^+ = amonio, NH_3^- = nitrato, P= fósforo y K= potasio.

*partes por millón

Literales diferentes entre columnas señalan diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

Discusión

En el presente estudio, dadas las condiciones de implantación del SSP, se permitió a la *Leucaena*, un periodo de establecimiento de un año. Durante ese periodo se presentó una acumulación de C en el componente hojarasca y en el componente aéreo. Así mismo la acumulación de C se duplicó para ambos componentes el segundo año. Desde el punto de vista de mitigación del efecto invernadero, resalta la importancia de la acumulación de carbono en la MS de *Leucaena*. En este sentido, Turner *et al.* (1995), citado por Aguiar *et al.* (2014), indicaron que una tonelada de carbono presente en la biomasa del componente arbóreo, equivale a una reducción de 3.67 toneladas de CO_2

atmosférico, acumulando 33 toneladas de CO₂, para el SSP3, 14 toneladas de CO₂, para SSP2 y 14 toneladas de CO₂ para SSP1.

Las variables *ALT* y *CIR* de Leucaena, mostraron un desempeño moderado dado las condiciones bajo las cuales se desarrolló el presente estudio, sin embargo es posible duplicar el rendimiento en un lapso de seis meses, con el empleo de riego y fertilización (Rengsirikul *et al.*, 2011). La *MSt* represento el 70%, y el 30% restante correspondió a *MSh*, similar a los resultados reportados por Gómez *et al.*, (2010). La acumulación de *MSh* durante un año de crecimiento, a una densidad de población superior a las 75 mil plantas ha⁻¹, resultó similar que la reportada por Rengsirikul *et al.* (2011) para la misma variedad de Leucaena, aunque con una densidad de 20 mil plantas ha⁻¹ y el empleo de riego y fertilizantes. La densidad de población de Leucaena, no indicó un efecto en C de los SSP, sin embargo una población de más de 75 mil plantas ha⁻¹, parece afectar negativamente el *CTt* y *CTa*, sugiriendo un probable efecto de competencia por nutrientes y radiación solar. La edad del SSP, influyó ($P < 0.05$) en el *CTt* y *CTa*, indicando que mientras transcurra mayor tiempo desde la implementación del componente leñoso, mayor será la acumulación de C, dado que no fue consumida por el ganado. Lo que contrasta con el manejo actual de bovinos bajo el sistema de doble propósito, a base de potreros convencionales con gramíneas en monocultivo, donde el C contenido en ellas, adquiere mayor dinamismo, al ser ingerido y excretado por el ganado (Buurman *et al.*, 2004). Lo anterior es relevante, debido a que la implementación de Leucaena en los sistemas convencionales de producción de bovinos doble propósito, disminuyo el movimiento del C en el sistema, mostrando a los SSP, como una estrategia de mitigación del efecto invernadero, factible para el trópico de México. La acumulación de C para Leucaena aquí reportada, fue similar a la reportada por Anguiano *et al.* (2013).

El modelo de regresión lineal generado en la presente investigación, resultó en una moderada explicación del comportamiento actual de la biomasa total en base seca. Esto pudo ocurrir debido a que se trató de SSP con diferente densidad de población, así como también a una diferente fecha de implantación y condiciones climatológicas (Andrade e Ibrahim, 2003). Lo cual pudo afectar los coeficientes de regresión y coeficiente determinación, sin embargo el modelo presento un buen ajuste, lo cual

concuenda con lo indicado por Youkhana & Idol (2011). De esta forma, el aplicar modelos alométricos generales para determinar la biomasa aérea, para la misma especie y región geográfica de estudio, generalmente conlleva mayor grado de error, que aquellos modelos generados para cada situación particular de manejo de los SSP, lo cual concuerda con Estrada *et al.*, (2016), quienes al analizar por unidad de producción, mostraron coeficientes de determinación similares a los reportados comúnmente en la literatura.

El análisis mineral del suelo, no mostró un efecto de la implementación de *Leucaena*, en el contenido de N del suelo de SSP. Estos resultados coinciden con los reportados por Ortíz *et al.* (2013), quienes no encontraron diferencias en el contenido de N total entre sistemas de agro y silvopastoreo. Probablemente el nitrógeno aportado por la especie leguminosa: (1) se esté utilizando en el mismo periodo de crecimiento (Cadisch *et al.*, 1998), (2) se esté perdiendo debido a procesos de lixiviación, desnitrificación y/o volatilización (Ortíz *et al.*, 2013), (3) se requiera de más ciclos de crecimiento vegetativo e integración de la materia orgánica presente en la hojarasca (Cadisch *et al.*, 1998; Cubillos *et al.*, 2016), o (4) realizar estudios con periodos más cortos (por ejemplo cada 7 semanas) entre muestreos (Cadisch *et al.*, 1998), que reflejen el movimiento del nitrógeno en el suelo, durante los ciclos de pastoreo del ganado. Los bajos niveles de P en suelo de SSP aquí observados, corresponden con los reportados por Medina *et al.* (2012), en suelos de la misma zona e igual tipo de sistemas. Por otro lado, el menor contenido de P en suelo de SSP respecto del de potrero convencional, pudo ser debido al historial de manejo del suelo, mediante el cultivo y sin la aplicación de fertilizante fosfatado, principalmente. Así también, indicó que *Leucaena* puede ser extractiva para P, y que debe ser reintegrado en los SSP, mediante el empleo de enmiendas orgánicas (excretas de bovinos, abonos verdes o composta) y fertilizantes.

Conclusiones

La densidad plantas de *Leucaena* no afectó el carbono acumulado en sistemas silvopastoriles. Es posible generar modelos de predicción que representen las características propias del manejo, densidad de plantas y condiciones climatológicas, para cada sistema silvopastoril particular. La implementación de *Leucaena*, no afectó el contenido de nitrógeno y potasio en el suelo de sistemas silvopastoriles. La presencia

de *Leucaena* afectó negativamente el contenido de fósforo en el suelo de sistemas silvopastoriles. Es posible la alimentación de ganado bovino en sistemas silvopastoriles en conjunto con la acumulación de carbono, sin embargo debe prestarse atención al contenido mineral del suelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la dirección y asistencia en el análisis mineral de suelos, a los encargados de laboratorio del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por la beca otorgada a Isael Estrada López para estudios doctorales.

Bibliografía

- Aguiar M.I., Silva F.J., Matoso C.M. & Senna O.T. 2014. Carbon sequestration and nutrient reserves under different land use systems. *Revista Árvore*, vol. 38, núm. 1, enero-febrero, pp. 81-93
- Albrecht A. and Kandji S.T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 15–27
- Amézquita M.C., Ibrahim, M. y Buurman, P. 2004. Carbon sequestration in pasture, agro-pastoral and silvopastoral systems in the american tropical forest ecosystem. In: L. 't. Mannetje, L. Ramírez, M. Ibrahim, C. Sandoval, N. Ojeda & J. Ku (Eds.). *The importance of silvopastoral system in rural livelihoods to provide ecosystem services*. 2nd. International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma de Yucatán. 346 p
- Andrade H.J. e Ibrahim M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas* Vol. 10 N° 39-40
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. 2013. Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de Cocos nucifera, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y Pennisetum purpureum Cuba CT-115. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 17, núm. 1, pp. 149-160
- AOAC, 1980. Official methods analysis. 15th ed. Washington, D.C. USA. 1018 p
- Bartošová A., Michalíková A., Sirotiak M. & Soldán M. 2012. Comparison of two spectrophotometric techniques for nutrients analyses in water samples. *Research*

- Papers*. Faculty of Materials Science and Technology in Trnava Slovak University of Technology in Bratislava. 10.2478/v10186-012-0002-9. Volume 20, Number 32: 8-19
- Buurman P., Ibrahim M. and Amezquita M.C. 2004. Mitigation of greenhouse gas emissions by tropical silvopastoral systems: optimism and facts. In: L. 't. Mannelje, L. Ramírez, M. Ibrahim, C. Sandoval, N. Ojeda & J. Ku (Eds.). *The importance of silvopastoral system in rural livelihoods to provide ecosystem services*. 2nd. International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma de Yucatán. 346 p
- Cadisch G., Handayanto E., Malama C., Seyni F. and Giller K.E. 1998. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. *Plant and Soil* 205: 125–134
- Cubillos A.M., Vallejo V.E., Arbeli Z., Terán W., Dick R.P., Molina C.H., Molina E. y Roldan F. 2016. Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology* 72: 42-50
- Espinoza D.W., Krishnamurthy L.R., Vázquez A.A. y Torres R.J.A. 2012. Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1): 57-70
- Estrada L. I., Yong A. G., Albarrán P. B. y García M. A. 2016. Estimación del secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles de la Depresión Central de Chiapas, México. En: Iglesias P.D., Carrillo A.A.N.J. y Carreño M.F. (coordinadores). *Estrategias para el manejo sustentable de recursos*. Editorial Académica Española. 185 p
- FAO 2011. World livestock. 2011. *Livestock in food security*. Rome, FAO.
- Gómez C.H., Pinto R.R., Guevara-H.F. y Gonzalez R.A. 2010. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Información Técnica Económica Agraria*, vol. 106 N° 4 (256-270)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *Good practice guidance for land use*, special report: Land-use change and forestry. S. N. T.
- Lal, R., 2001. Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Climatic Change* 51, 35–72

- Medina J.F.G., Galdámez G.J., Pinto R.R., Gómez C.H., Carmona J., López A.M., García B.L.E., Hernández L.A. y Guevara H.F. 2012. Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles de *Leucaena leucocephala*. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(14) 32-34
- Musálem M.A. 2002. Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 8, núm. 2, julio-diciembre, pp. 91-100
- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A, Solorio B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 261:1654-1663
- Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación el día 7 de Diciembre de 2001. AS-07 Contenido de materia orgánica
- Nair P.K.R., Kumar B.M., Nair V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci* (172) 10-23 172:10–23
- Ortiz Escobar, Maria Eugenia; de Moraes Araújo, Ana Caroline; Amorim Silva do Sacramento, José Augusto; Alisson da Silva Xavier, Francisco; Rodrigues Cavalcante, Ana Clara; Senna de Oliveira, Teógenes; 2013. "Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 37. núm. 3. pp. 784-795
- Rengsirikul K., Kanjanakuha A., Ishii Y., Kangvansaichol K., Sripichitt P., Punsuvon V., Vaithanomsat P., Nakamanee G. & Tudsri S. 2011. Potential forage and biomass production of newly introduced varieties of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) in Thailand. *Grassland Science*, 57: 94–100
- SAS. 2002. Statistical Analysis System by SAS Institute Inc., Carym NC, USA.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2010. Normales Climatológicas (http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=174:chiapas&catid=14:normales-por-estacion)
- Solorio S.F.J., Bacab P.H.M., Casanova L.F. y Esquivel M.H. 2011. Metodología para la estimación de secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles. En: Eds. Martha Xóchitl Flores Estrada, Francisco Javier Solorio Sánchez, Carlos Sánchez Brito, Baldomero Solorio Sánchez y Hermilo H. López Coba. III Congreso sobre Sistemas

Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Fundación Produce Michoacán. Morelia-Tepalcatepec Michoacán

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C.D. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Takimoto A., Nair P.K.R. & 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

Torres R.JA, Espinoza D.W., Krishnamurthy L.R. y Vázquez A.A. 2011. Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 13, núm. 3, pp. 543-549

Walkley, A; Black, CA. 1938. An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38

Youkhana H.A. & Idol W.T. 2011. Allometric models for predicting above- and belowground biomass of *Leucaena-KX2* in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. *Agroforest System*. 83:331–345

VII. DISCUSIÓN GENERAL

En México como en otros países, las condiciones de producción de carne y leche, en sistemas de bovinos doble propósito son heterogéneas (Hernández et al., 2013; García, 2007). Por lo que, resulta importante contextualizar las condiciones bajo las cuales se gestiona, en términos sociales, económicos y ambientales. De tal manera, que se genere alimento para la sociedad, se obtenga una retribución aceptable y conserve los recursos productivos. En resumen, que la producción de alimento para la población, sea sostenible (IICA, 1992: 29). En este sentido, se puede recurrir a múltiples estrategias, para incrementar la sostenibilidad de las unidades de producción de BDP. De las cuales, alguna puede ser incrementar el valor agregado del producto, carne o leche, procesándolo para mejorar sus características o incursionando en nuevos mercados, como en el caso de los alimentos orgánicos y nutraceuticos. Sin embargo, dado la elevada influencia de los costos de alimentación sobre los costos de producción de BDP, la primera acción a implementar, generalmente resulta ser disminuir costos por este concepto. Lo cual ocasiona, que la alimentación sea a base de forraje en pastoreo, en conjunto con la utilización de residuos de cosecha, mazorca molida, maíz molido o sorgo molido, que en algunos casos, son producidos dentro de la unidad de producción. Por otro lado, la implementación de estas prácticas, aunque en principio logran disminuir los costos, no necesariamente se ven reflejadas en la productividad del sistema, por animal y por hectárea. Así mismo, probablemente no se esté garantizando una alimentación adecuada, por lo que la alimentación de bovinos en pastoreo, en regiones tropicales, está dirigido hacia un incremento en la eficiencia energética y nitrogenada (Ku *et al.*, 2015). Los sistemas silvopastoriles representan una posibilidad para mejorar la productividad y estabilidad de las unidades de producción.

Estos sistemas bajo manejo adecuado, pueden mejorar las condiciones de la producción pecuaria. Además de prestar otros servicios como la protección y recuperación del suelo, incrementar la biodiversidad, mejorar el bienestar animal, mejorar el paisaje e incrementar la captura de carbono atmosférico (Nair, 2003).

Primer estudio

El SPBDP en el sur del Estado de México, es semejante al practicado en otras regiones tropicales de México, como es el caso de Chiapas (Puebla *et al.*, 2015: 14; Orantes *et al.*, 2014: 50; Aguilar *et al.*, 2012:27). Estos bovinos, son manejados de manera semi extensiva (Puebla *et al.*, 2015: 15; Salas *et al.*, 2015: 1191), con una carga animal de generalmente baja. La producción de leche y carne, representaron el 42 y 48 % de los ingresos totales de las UP (Salas *et al.*, 2015: 1192).

El sistema de producción de BDP resultó limitante en la escala económica (Salas *et al.*, 2015: 1192; Vences *et al.*, 2015: 28). Los indicadores eficiencia del proceso productivo, viabilidad económica y transmisibilidad, ejercieron el mayor impacto en esta escala (Puebla *et al.*, 2015; Salas *et al.*, 2015: 1191; Vences *et al.*, 2015: 28), observándose una mayor viabilidad económica en los municipios de Tlatlaya y Zacazonapan en comparación con el municipio de Tejupilco, sin embargo los más eficientes fueron Tejupilco y Tlatlaya. Lo anterior indicó que los titulares de las UP, están autofinanciando el proceso productivo y visualizan sus UP como un sistema de ahorro (Ponce, 2000: 177). Esto hace vulnerables a las UP y en riesgo de abandonar la actividad productiva, debido a la falta de sucesión generacional, ya que los hijos de los titulares de las UP, no están interesados en retomar la actividad ganadera (García *et al.*, 2015).

Segundo y tercer estudio

El 80% del alimento de las vacas se cultivó en la propia UP y el restante 20% se compra en el exterior de la UP, lo cual mostró una menor dependencia económica. La carga animal se mostró baja de acuerdo a la capacidad de carga reportada para este tipo de sistema; sin embargo, fue similar a los reportes de Vilaboa y Díaz (2009). La producción de leche estuvo dentro del rango reportado para estos sistemas.

En producción de leche bajo SSPi la TIR fluctúa de 13 a 28%, con cargas de 5.5-8.3 UA ha⁻¹ (Cuartas *et al.*, 2014). El resultado aquí obtenido, fue inferior a este rango y probablemente la diferencia radico en una menor carga animal. También se ha reportado un comportamiento creciente en la TIR, al incrementar el área utilizada como SSPi (Murgueitio *et al.*, 2009).

La inversión inicial se recuperó a los 6 años de operación de la UP, cuando se amortizo la inversión inicial, por su vida útil. Este periodo se localiza dentro del rango de 4-7 años

indicado por Cuartas *et al.*, (2014) para sistemas de doble propósito bajo SSPi. Sin embargo, el periodo de recuperación fue influenciado mayor mente por el costo de la tierra que representó alrededor del 50 % de la inversión inicial (González, 2016) y debido a baja carga animal (Cuartas *et al.*, 2014). Así mismo, se ha indicado un periodo de vida del SSPi de más de 20 años a plena capacidad productiva, lo cual puede potenciar el margen económico aquí obtenido (Cuartas *et al.*, 2014). En este estudio, el costo de mano de obra correspondió al 50% del capital de trabajo, lo cual concuerda con lo reportado por Espinoza *et al.*, (2005), quienes indicaron que este rubro es el mayor gasto en efectivo en los sistemas campesinos de producción de leche. Otro concepto que influyó de manera importante sobre el capital de trabajo, fue la compra de sorgo molido, equivalente al 38%, lo que concuerda con los resultados de Espinoza *et al.*, (2005). Sin embargo el costo por alimentación se incrementó al contabilizar el costo por el establecimiento del SSPi, que representó cerca del 10% del egreso inicial. De tal manera que los egresos que afectaron mayormente la inversión inicial fueron el valor de la tierra y pie de cría, con el 82%.

El VAN de la UP aquí analizada fue positivo, lo que indico una ganancia de más de tres millones, extra a la tasa de descuento (costo de oportunidad) aquí empleado. En este sentido, el empleo del SSPi en alimentación de BDP, directamente mediante pastoreo o en su caso mediante el corte del forraje y alimentación en pesebre, han mostrado una ventaja productiva y económica (Absalón *et al.*, 2012; Cuartas *et al.*, 2014; González, 2016).

Por otro lado, asumiendo una distribución de partos a lo largo del año con 64 vacas constantemente en producción y el apoyo de agua de riego para asegurar la alimentación de estas, se logró un ingreso de \$18,841.00 por vaca año⁻¹ y de \$25,121.00 por hectárea año⁻¹, considerando los productos leche y carne. Estos números resultan atractivos, sin embargo se debe tener cautela de un manejo reproductivo y una planeación de la producción adecuados.

Cuarto y Quinto estudios

En estos estudios, se observó una tendencia a disminuir el tiempo de pastoreo (P=0.09), conforme se incrementó la cantidad de suplemento. El tiempo que las vacas dedicaron a pastoreo cuando se proporcionó el máximo nivel de suplemento, fue similar

al reportado por Flores *et al.*, (1979) en vacas lecheras alimentadas con Leucaena como suplemento. La respuesta en composición de la leche, al proporcionar diferente nivel de suplementación, concuerda con Tinoco *et al.*, (2012), quienes no observaron diferencia en el contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche de vacas Pardo Suizo, al suplementar o no, con sorgo molido. Las características de la leche, producida bajo las condiciones aquí reportadas, superaron los valores mínimos requeridos por la norma oficial mexicana. Por lo tanto, fue considerada como “apta para consumo humano”.

Los valores normales de NUL en vacas se encuentran entre 12 y 15 mg dL⁻¹ (Cerón *et al.*, 2014). En el presente estudio se observó una disminución de NUL cuando se incrementó el nivel de suplementación. Lo anterior pudo presentarse debido a dos posibles condiciones, (1) a una posible disminución en el consumo de PC, dado la sustitución de Cp por suplemento y (2) a una mejor utilización de la proteína ingerida por las vacas. Esto contrasta con Bobadilla *et al.*, (2007), Peniche *et al.*, (2014), Bottini *et al.*, (2015) y Bottini *et al.*, (2016) quienes al emplear suplementación y Leucaena, en la alimentación de vacas doble propósito, observaron un incremento en la concentración de urea en orina y sangre. Por otro lado, cuando se proporcionó Tx1, el nivel de NUL fue superior acercándose al rango considerado como negativo sobre el rendimiento reproductivo (Butler, 1998; Cerón *et al.*, 2014).

La diferencia en producción de leche para los tratamientos Tx1 y Tx2 vs Tx3, fue del 14 %. El incremento en producción de leche puede atribuirse a una mejor eficiencia de utilización del alimento en su conjunto. Probablemente, al incrementar la cantidad de energía suplementada, se incrementó la producción de ácidos grasos volátiles y la biomasa microbiana, lo que resultó en una mayor producción. Este resultado fue similar con lo reportado por Razz *et al.* (2004), al encontrar diferencias en producción de leche cuando evaluaron dos niveles de suplementación (1 y 2 kg de concentrado) en vacas Pardo Suizo alimentadas con *Panicum maximum* más una hora de acceso a Leucaena. Por otro lado, Tinoco *et al.*, (2012) aunque reportaron niveles de producción superiores a los encontrados en el presente estudio, no observaron diferencia en la producción de leche, cuando proporcionaron 2 kg de sorgo molido a vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* pastoreando Cp más acceso a Leucaena. Esto probablemente fue debido a que

las vacas utilizadas por Tinoco *et al.* (2012) se encontraban en los primeros 70 días de lactación, donde alcanzaron su pico de producción de leche.

La ganancia de peso probablemente se debió además del suplemento, a una recuperación de la capacidad de consumo voluntario. La diferencia en peso vivo fue del 4 %, entre los tratamientos Tx1 y Tx3. La ganancia diaria de peso cuando se proporcionó Tx2 y Tx3 fue de 0.26 y 0.69 kg de peso vivo vaca⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Estos resultados coinciden con Muinga *et al.*, (1995), quienes al proporcionar 1 kg de salvado de maíz y una dieta base con *Pennisetum purpureum* y *Leucaena*, reportaron ganancia de peso en vacas *Bos indicus* x *Bos taurus*.

Los Tx1 y Tx2 no difirieron en la respuesta de CC, similar a lo reportado por Tinoco *et al.*, (2011). Sin embargo la condición corporal alcanzó las 3 unidades, cuando se proporcionó Tx2. Lo anterior indicó, que la alimentación proporcionada a las vacas del presente estudio, fue suficiente para satisfacer los requerimientos de producción de leche. Así también, probablemente se presentó un excedente de nutrientes, por lo que se registró un incremento en el peso vivo y condición corporal.

Sexto estudio

Turner *et al.* (1995), citado por Aguiar *et al.* (2014), indicaron que una tonelada de carbono presente en la biomasa del componente arbóreo, equivale a una reducción de 3.67 toneladas de CO₂ atmosférico, acumulando 33 toneladas de CO₂, para el SSP3, 14 toneladas de CO₂, para SSP2 y 14 toneladas de CO₂ para SSP1. La acumulación de C para *Leucaena* aquí reportada, fue similar a la reportada por Anguiano *et al.* (2013).

El análisis mineral del suelo, no mostró un efecto de la implementación de *Leucaena*, en el contenido de N del suelo de SSP. Estos resultados coinciden con los reportados por Ortíz *et al.* (2013), quienes no encontraron diferencias en el contenido de N total entre sistemas de agro y silvopastoreo. Probablemente el nitrógeno aportado por la especie leguminosa: (1) se esté utilizando en el mismo periodo de crecimiento (Cadisch *et al.*, 1998), (2) se esté perdiendo debido a procesos de lixiviación, desnitrificación y/o volatilización (Ortíz *et al.*, 2013), (3) se requiera de más ciclos de crecimiento vegetativo e integración de la materia orgánica presente en la hojarasca (Cadisch *et al.*, 1998; Cubillos *et al.*, 2016), o (4) realizar estudios con periodos más cortos (por ejemplo cada

7 semanas) entre muestreos (Cadisch *et al.*, 1998), que reflejen el movimiento del nitrógeno en el suelo, durante los ciclos de pastoreo del ganado. Los bajos niveles de P en suelo de SSP aquí observados, corresponden con los reportados por Medina *et al.* (2012), en suelos de la misma zona e igual tipo de sistemas. Por otro lado, el menor contenido de P en suelo de SSP respecto del de potrero convencional, pudo ser debido al historial de manejo del suelo, mediante el cultivo y sin la aplicación de fertilizante fosfatado, principalmente. Así también, indicó que *Leucaena* puede ser extractiva para P, y que debe ser reintegrado en los SSP, mediante el empleo de enmiendas orgánicas (excretas de bovinos, abonos verdes o composta) y fertilizantes.

VII. CONCLUSIÓN GENERAL

La implementación del SSPi, en sistemas de ganado bovino doble propósito, permitió: (1) incrementar el nivel de producción de carne y leche, (2) mantener en buenas condiciones el ganado, (3) disminuir la dependencia de insumos externos, (4) nivel reducido de extracción de nitrógeno y K, (5) mejorar la acumulación de carbono al interior del sistema y (6) colocar a las unidades de producción en niveles económicos y financieros viables.

Así mismo, al proporcionar niveles crecientes de suplementación energética en bovinos doble propósito, se logró incrementar los niveles de producción de carne y leche y mejorar la eficiencia en la utilización del nitrógeno proporcionado por la Leucaena.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absalón, M.V.A., Nicholson, C.F., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez, L.F.I., Canudas, L.E.G. and 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
- Aguilar M.I., Silva F.J., Matoso C.M. & Senna O.T. (2014). Carbon sequestration and nutrient reserves under different land use systems. *Revista Árvore*, vol. 38, núm. 1, enero-febrero, pp. 81-93
- Aguilar, R., Nahed, J., Parra, M., García, L., Ferguson, B., (2012). Medios de vida y aproximación de sistemas ganaderos al estándar de producción orgánica en Villaflores, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, Colima, México, vol. 16, núm. 3, pp. 21-51
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 17, núm. 1, pp. 149-160
- Améndola, R.; Castillo, E. and Martínez, P. A. (2005). Country Pasture Profiles. Latin America and the Caribbean: México. Rome, FAO. www.fao.org/ag/ag/pag/pcdoc/CounprofMexico/Mexico.htm. (Consultada el 20 de Abril de 2014)
- Ayala B.A., Solorio S.J., Aguilar P.C., Ramírez A.L., KuV.J., Utrilla G.M., Mayo E.R., Briceño P.E. (2013). Comportamiento animal de toretes engordados en SSPi en la región de tierra caliente Michoacán. En: Iº Encuentro de actores con conocimientos en Sistemas Silvopastoriles intensivos, Morelia, Michoacán, México
- 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 P.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
- Bobadilla-Hernández, A.R., Ramírez-Avilés, L. and Sandoval-Castro, C.A. (2007). Effect of supplementing tree foliage to grazing dual-purpose cows on milk composition and yield. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6 (9): 1042-1046
- Bottini-Luzardo, M., Aguilar-Perez, C., Centurion-Castro, F., Solorio-Sanchez, F. Ayala-Burgos, A., Montes-Perez, R., Muñoz-Rodriguez, D. and Ku-Vera, J. (2015). Ovarian activity and estrus behavior in early postpartum cows grazing *Leucaena leucocephala* in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*, 47:1481–1486
- Bottini-Luzardo, M.B., Aguilar-Pérez, C.F., Centurión-Castro, F.G., Solorio-Sánchez, F.J. and Ku-Vera, J.C. (2016). Milk yield and blood urea nitrogen in crossbred cows grazing *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system in the Mexican tropics. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 4(3):159–167

- Butler, W.R. (1998). Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 81(9): 2533-2539
- Cadisch G., Handayanto E., Malama C., Seyni F. and Giller K.E. 1998. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. *Plant and Soil* 205: 125–134
- Cerón-Muñoz, M.F., Henao-Velásquez, A.F., Múnera-Bedoya, Ó.D., Herrera-Rios, A.C., Díaz-Giraldo, A., Parra-Moreno, A.M. y Tamayo-Patiño, C.H. (2014). Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Biogénesis, 18 p
- Cubillos A.M., Vallejo V.E., Arbeli Z., Terán W., Dick R.P., Molina C.H., Molina E. y Roldan F. (2016). Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology* 72: 42-50
- 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. and 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
- Espinoza, O.A., Álvarez, M.A., del Valle, M. del C. y Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1): 39-56
- FAO, 2011. *World livestock. Livestock in food security*. Rome, FAO
- Flores, J.F., Stobbs, T.H. and Minson, D.J. (1979). The influence of legume *Leucaena leucocephala* and formal-casein on the production and composition of milk from grazing cows. *The Journal of Agricultural Science*, 92:351–357
- FPM (Fundación Produce Michoacán a. c.) (2013). Informe Final 2011-2012. Ganadería Sustentable. Segunda Etapa del Proyecto Estratégico de Prioridad Nacional. Desarrollo y Fomento de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos como Alternativa para la Producción de Carne y Leche. Sagarpa, FPM, COFUPRO, UADY
- García M.A., Albarrán P.B., Avilés N.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. (2016). Evaluación económica de una engorda de toretes en dos sistemas de alimentación. *CIENCIA ergo-sum*, 23(2), 154-162. Recuperado de <http://cienciaergosum.uaemex.mx/index.php/ergosum/article/view/2198>
- González, R.I.C., Gómez, F.G.T. y Galindo, M.F.A. (2015) Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico. En: González, P.E., Dávalos, F.J.L. y Rodríguez, R.O. (coordinadores). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. REDGATRO-CONACYT, México. Primera edición. 272 p
- 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

Ku-Vera J.C., Juárez L.F.I., Mendoza M.G.D., Romano M.J.L. y Shimada M.A.S. (2015). Alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales de México. Coordinadores: Gonzáles P.E. y Dávalos F.J.L. Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. REDGATRO-CONACYT, México Primera edición. 272 p

Lefroy T. (2002). Forage Trees and Shrubs in Australia-their current use and future potential. RIRDC Publication No 02/039, RIRDC Project No. UWA-53A. Rural Industries Research and Development Corporation. 69 p

Maecha L., Murgueitio M.M., Angulo J., Olivera M., Zapata A., Cuartas C.A., Naranjo J.F. y Murgueitio E. (2012). Ceba de bovinos doble propósito pastoreando en Sistemas Silvopastoriles Intensivos: avances investigativos. Memorias IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos en la ganadería con ciencia

Medina J.F.G., Galdámez G.J., Pinto R.R., Gómez C.H., Carmona J., López A.M., García B.L.E., Hernández L.A. y Guevara H.F. (2012). Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles de *Leucaena leucocephala*. Quehacer Científico en Chiapas 1(14) 32-34

Musálem M.A. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 8, núm. 2, julio-diciembre, pp. 91-100

Muinga, R.W., Topps, J.H., Rooke, J.A., Thorpe, W. 1995. The effect of supplementation with *Leucaena leucocephala* and maize bran on voluntary food intake, digestibility, live weight and milk yield of *Bos indicus* x *Bos taurus* dairy cows and rumen fermentation in steers offered *Pennisetum purpureum* ad libitum in the semi-humid tropics. Animal Science, 60:13–23

Murgueitio E, Naranjo JF, Cuartas CA, Molina CH, Lalinde F. (2009). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de América. Memorias II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, en camino hacia núcleos de ganadería y bosques. Morelia (México): Fundación Produce Michoacán-Universidad Autónoma de Yucatán

Orantes Z.M.A., Platas R.D., Córdoba A.V., De los Santos L.M.C. y Córdoba A.A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1(1):49-58

Ortiz Escobar, Maria Eugenia; de Moraes Araújo, Ana Caroline; Amorim Silva do Sacramento, José Augusto; Alisson da Silva Xavier, Francisco; Rodrigues Cavalcante, Ana Clara; Senna de Oliveira, Teógenes; (2013). "Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil". Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 37. núm. 3. pp. 784-795

- Peniche G.I.N., González L.Z.U., Aguilar P.C.F., Ku V.J.C., Ayala B.A.J. & Solorio S.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
- Ponce M.D., (2000). Situación del sistema de producción de leche de vaca en la zona norte del Estado de Guerrero. En: La ganadería en México: Globalización, políticas, regiones y transferencia tecnológica. Editores: Palacio-Muñoz VH, Vives-Zegers A y Yepez-Basuro M. Universidad Autónoma Chapingo-CONACYT. 309 pp
- 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*. Número 65: 13-19
- Ray R.J. (2000). Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo Vertisol. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", 130 pp
- Razz, R., Clavero, T., Combellas, J. y Ruíz, T. (2004). Respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Revista Científica [en línea]*, 15(6): p. 0
- Rojo, R.R., Vázquez, A.J.F., Pérez, H.P., Mendoza, M.G.D., Salem, A.Z.M., Albarrán, P.B., González, R.A., Hernández, M.J., Rebollar, R.S., Cardoso, J. D., Dorantes, C.E.J. & Gutierrez, C.J.G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health Production* 41:715–721
- Salas R.I.G., (2014). Evaluación de la sostenibilidad de unidades de producción doble propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario, UAEM-Temascaltepec, 66 p
- Salas R.I.G. Arriaga J.C.M., Rebollar R.S., García M.A. & Albarrán P.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
- Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario, UAEM-Temascaltepec, 66 p
- SAS. 2002. Statistical Analysis System by SAS Institute Inc., Carym NC, USA.
- Solorio SFJ, Ramírez AL, Sandoval CCA y Shelton M. (2009). Nuevos retos de la investigación en sistemas silvopastoriles. En: Solorio SFJ, Sánchez BC, Ku VJC, Aguilar PC, Solorio SB, Ramírez AL, Sandoval CCA, Shelton M. y Murgueitio RE. (Editores). Segundo congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos. Fundación Produce Michoacán, A.C., Morelia, Michoacán, México
- Tinoco M.J.C., Aguilar P.C.F., Delgado L.R., Magaña M.J.G., Ku-Vera, J.C. and Herrera C.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

- Vences P.J., (2014). Análisis de la sustentabilidad de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario, UAEM-Temascaltepec, 105 p
- Vences P.J., Nájera G.A. de L., Albarrán P.B., Arriaga J.C.M., Rebollar R.S. y García M.A., (2015). Utilización de método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En: Iglesias-Piña D, Carreño-Meléndez y Carrillo-Arteaga A.N.J. (Editores). Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación, Toluca, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp 15-39
- 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