



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN TRES SISTEMAS

SILVOPASTORILES DEL TRÓPICO SECO MICHOACANO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL

DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA:

JOSÉ SALVADOR MONTOYA FACIO

Chapingo, México, Junio de 2014



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TRÓPICO SECO MICHOACANO

Tesis realizada por **José Salvador Montoya Facio** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



PRESIDENTE: Dr. Alejandro Lara Bueno



ASESOR: Dr. Krishnamurthy Laskmi-Reddiar



ASESOR: Dr. Miguel Ángel Sámano Rentería

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a: mis hijos y su madre, quienes hicieron un gran sacrificio apoyándome y teniéndome paciencia; mis padres, quienes siempre me han dado su amor; Toyita, mi corazón, el amor de mi vida, por su motivación, comprensión y apoyo incondicional; y a Dios, a quien le debo y agradezco todo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma Chapingo y al Coordinador de la Maestría en Agroforestería: Dr. David Cristobal Acevedo, por aceptarme como alumno de la misma; al CONACYT, por la beca económica que me otorgó; a los productores: Crescenciano Rodríguez Barriga y Javier Romero Castillo, por las facilidades y apoyos prestados para la realización de las observaciones y toma de datos de campo; y a mi comité de asesores: Dr. Alejandro Lara Bueno, Dr. Krishnamurthy Laskmi Reddiar y Dr. Miguel Ángel Sámano Rentería, por sus valiosas enseñanzas, motivación, apoyo moral y económico, durante la realización de la tesis.

DATOS BIOGRÁFICOS:

NOMBRE: José Salvador Montoya Facio.

FECHA DE NACIMIENTO: 9 de mayo de 1968.

LUGAR DE NACIMIENTO: México, D. F.

DOMICILIO: Guerrero 116, Col. Raúl Romero, Netzahualcóyotl, Estado de México.
C.P. 57630.

TELÉFONO: (55) 22 35 23 78; Celular: 425 120 22 54.

E-MAIL: jsalvador_8@hotmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS: Ingeniero Agrónomo Especialista en Sociología Rural, Universidad Autónoma Chapingo. Memoria Profesional: “Programa de Abasto Rural DICONSA”. 2010.

DIPLOMADO: Diplomado en Metodología PESA, para Agentes de Desarrollo Rural. Chilpancingo, Gro. Junio 2011. SAGARPA, PESA, INITE, FAO.

CURSO: “XXI Curso Internacional Agroforestería para el Desarrollo Sostenible”. Primer semestre, ciclo escolar 2012-2013. Universidad Autónoma Chapingo.

EXPERIENCIA LABORAL: Jefe de Almacén Rural, DICONSA S. A. de C. V. Guerrero y Morelos, 1994-2004. Gerente de Sucursal, CAME I. A. P. Estado de México, 2005-2010. Agente de Desarrollo Rural PESA, Promueve, Zihuatanejo, Gro. 2010-2011.

PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL TRÓPICO SECO MICHOACANO

PRODUCTION OF MEAT AND MILK IN THREE SILVOPASTORAL SYSTEMS IN THE DRY TROPIC OF MICHOACAN

Montoya Facio José Salvador¹ y Dr. Alejandro Lara Bueno²

Resumen

Los sistemas de producción de ganado doble propósito en la región del trópico seco michoacano provocan una disminución continua del potencial forrajero de los potreros y de la producción de leche y carne. Con el objetivo de determinar los beneficios de los sistemas silvopastoriles en la producción de leche, la ganancia diaria de peso de las crías y el impacto sobre la carga animal, fueron utilizados dos hatos bovinos de doble propósito propiedad de dos productores cooperantes. Adicionalmente se estimaron los costos de producción y el nivel de aceptación de esos sistemas silvopastoriles por los productores. Los sistemas a comparar fueron: sistema de pastoreo convencional con pasto estrella (SCPE), sistema de pastoreo en monocultivo de pasto sudán (SMPS), sistema silvopastoril en plantación de mango (SSPM) y sistema silvopastoril con leucaena (SSPL). El sistema más productivo en leche y carne fue SSPL; el más rentable, considerando los ingresos por venta de leche, carne y mango, fue SSPM; sin embargo, SCPE tuvo el más bajo costo de producción y mayores utilidades por venta de becerros al destete, aun cuando no hace un uso eficiente de la tierra. SMPS fue el sistema de pastoreo menos eficiente y de bajo rendimiento en leche y carne. Existe disposición de los ganaderos a la adopción de los sistemas silvopastoriles requiriendo capacitación en el establecimiento y manejo de los cultivos forrajeros asociados. Se concluye que la producción de leche y carne bajo plantación de mango es una opción para aquellos ganaderos que desean complementar sus ingresos diarios; asimismo, el sistema silvopastoril con leucaena permite intensificar la producción de leche y carne aumentando los ingresos de los productores, aun cuando es conveniente mejorar el diseño y manejo de ambos sistemas silvopastoriles.

Palabras clave: sistema doble propósito, pastos de trópico seco, sistema silvopastoril intensivo, *Leucaena leucocephala*, plantación de mango.

Abstract

Production systems of cattle dual-purpose of the dry tropics in Michoacan region cause a continuous decrease of the forage potential and milk and meat production. With the objective of determining the benefits of silvopastoral systems in the production of milk, the daily weight gain of calf and the impact on the stocking, two cattle herds were used of dual purpose property of two cooperating producers. In addition, were estimated the costs of production and the level of acceptance of silvopastoral systems by the producers. Systems to be compared were: conventional grazing system with grass star (SCPE), monoculture grazing system with sudan grass (SMPS), silvopastoral system in mango plantation (SSPM) and silvopastoral system with leucaena (SSPL). The most productive system in milk and meat was SSPL; the most profitable, whereas considering income from sale of milk, meat and mango, was SSPM; however, SCPE had lower production costs and higher profits by selling calves at weaning, even if does not make efficient use of the land. SMPS was the grazing system less efficient and low yield in milk and meat. There is willingness of farmers to the adoption of silvopastoral systems requiring training in the establishment and management of associated crops. It is concluded that the production of milk and meat under mango plantation is an option for those farmers who want to increase their daily incomes; thus leucaena silvopastoral system enables to intensify the production of milk and meat, increasing the incomes of the producers, even when it is convenient to improve the design and management of both silvopastoral systems.

Key words: system dual purpose, tropical pastures, intensive silvopastoral system, *Leucaena leucocephala*, mango plantation.

1Tesisista.

2Director.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Hipótesis.....	3
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	Antecedentes.....	4
2.2	Situación actual.....	5
2.3	Agroforestería.....	11
2.4	Sistemas silvopastoriles.....	12
2.5	Sistemas silvopastoriles en México.....	13
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1	Área de estudio.....	17
3.2	Hatos ganaderos.....	18
3.3	Módulos silvopastoriles experimentales.....	21
3.4	Muestreo de leche y peso de becerros.....	24
3.5	Variables de análisis.....	26
3.6	Estructura y diseño del experimento.....	27
3.7	Análisis de resultados.....	28
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1	Carga animal.....	29
4.2	Producción de leche.....	30
4.3	Producción de carne.....	35
4.4	Balance económico.....	38
4.5	Aceptación de los sistemas silvopastoriles.....	42
4.6	Bienestar animal.....	44
5	CONCLUSIONES.....	49
6	LITERATURA CITADA.....	50

LISTA DE CUADROS

1. Producción de leche y carga animal en tres SSPI de Michoacán.....	15
2. Coordenadas geográficas del distrito de riego 097.....	18
3. Producción de leche por UA en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	32
4. Ganancia diaria de peso de terneros en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	36
5. Balance económico de cuatro sistemas de pastoreo con 15 UA.....	38
6. Balance económico por hectárea en cuatro sistemas de pastoreo con 15 UA....	40
7. Balance económico en cuatro sistemas de pastoreo para 8.27 ha.....	41
8. Árboles y arbustos de uso forrajero mencionados por los productores ganaderos del municipio de Gabriel Zamora, Michoacán.....	43

LISTA DE FIGURAS

1. Distrito de riego 097. “Lázaro Cárdenas del Río”.....	17
2. Fotografía satelital de la región de estudio. Gabriel Zamora, Michoacán.....	19
3. Hato del productor cooperante Javier Romero Castillo.....	19
4. Hato del productor cooperante Crescenciano Rodríguez Barriga.....	20
5. Sistema convencional pasto estrella (SCPE).....	22
6. Sistema monocultivo pasto sudán (SMPS).....	23
7. Sistema silvopastoril mango (SSPM).....	23
8. Sistema silvopastoril leucaena (SSPL).....	24
9. Becerro “colgado” a la vaca durante la ordeña.....	25
10. Carga animal por hectárea (CA/ha), en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	30
11. Producción de leche por vaca, en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	31
12. Producción de leche por periodo, en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	33
13. Producción de leche por hectárea en cuatro sistemas de pastoreo el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	34
14. Ganancia de peso diario por hectárea en cuatro sistemas de pastoreo el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	37
15. Carga animal, producción de leche y ganancia de peso diario, por hectárea en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	37
16. Utilidad bruta proyectada para cuatro sistemas de pastoreo con 8.27 ha en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.....	42

INTRODUCCIÓN

En la región del trópico seco del estado de Michoacán, la mayoría de la producción de ganado bovino de doble propósito se realiza en potreros de monocultivos de pastos, los cuales tienen un aporte nutricional irregular para mantener una producción rentable de leche y carne todo el año, además de inducir la degradación ecológica de los agostaderos. Para mejorar la producción de leche y carne, la fundación PRODUCE Michoacán promueve la adopción del sistema silvopastoril intensivo (SSPI) con base en la asociación de *Leucaena leucocephala* con alguna gramínea forrajera mejorada de clima tropical, considerado este sistema más productivo y “amigable” con el medio ambiente, en comparación con los sistemas de pastoreo de gramíneas en monocultivo (FPM, 2011).

En esta región es importante mantener e incrementar la producción ganadera de doble propósito, porque significa asegurar el abasto de leche y carne, a precios accesibles, para el consumo humano, la FAO (2012) recomienda un consumo de leche de 170 litros por persona por año, pero también básica para la producción de quesos artesanales de demanda local y regional. De esta forma, la producción ganadera de doble propósito es parte esencial de la producción local y del dinamismo del mercado interno, que fortalece la economía y el abasto de alimentos básicos para los habitantes del valle de Apatzingán y de otras regiones del país (Solorio y Flores, 2011).

Recientemente se han estudiado los sistemas agroforestales como una forma de producción sustentable. Dentro de los sistemas agroforestales se tiene a los sistemas silvopastoriles, que son la combinación de árboles y animales, con el fin de diversificar y mejorar la producción, en cantidad y/o calidad. Dentro de las experiencias silvopastoriles de diversas regiones del mundo, se ha encontrado que éstos son más productivos y rentables que los sistemas de pasto en monocultivo (Murgueitio *et al.*, 2013). Sobre esta base, se planteó la hipótesis, de que los sistemas silvopastoriles, de la región del trópico seco michoacano, son más productivos, en cuanto a producción de carne y leche, que los sistemas de pasto en monocultivo, teniendo en consideración que en los sistemas tradicionales de producción ganadera

de la región se encuentran sistemas de pastos introducidos y nativos, tanto en monocultivo como en sistemas silvopastoriles (pastoreo en plantaciones de mango y limón, principalmente) y sistemas de gramíneas con árboles dispersos, que nacen en forma natural dentro del cauce de las barrancas, sobre las cercas de postes muertos y en áreas no planeadas del potrero, los cuales son usados como sombra, cercos vivos, postes, barreras rompe viento o alimento para el ganado. Sin embargo, hace falta caracterizar estos sistemas, para documentar los resultados productivos y económicos, además de evaluar el impacto tecnológico y nivel de aceptación entre los productores de la región. Asimismo, es necesario comparar la producción de leche y carne de los sistemas silvopastoriles con el sistema de pastoreo convencional de gramíneas en monocultivo y determinar la rentabilidad de cada uno de estos sistemas.

1.1 Objetivo general

Caracterizar la producción de leche y carne bovina en tres sistemas silvopastoriles y un sistema convencional de pasturas en monocultivo, para determinar su potencial productivo y rentabilidad.

1.2 Objetivos específicos

Cuantificar la producción de leche y carne de bovinos doble propósito en tres sistemas silvopastoriles y un sistema convencional de pasturas en monocultivo, del trópico seco michoacano.

Determinar ingresos y egresos para estimar el balance económico de los sistemas de pastoreo estudiados.

Obtener el grado de aceptación de los sistemas silvopastoriles entre los productores de ganado bovino de doble propósito para evaluar el interés de participar en los programas de desarrollo ganadero en la región.

1.3 Hipótesis

En el trópico seco michoacano, los sistemas silvopastoriles pueden incrementar la producción de leche y carne, mejorando la rentabilidad del ganado bovino de doble propósito, en comparación con los sistemas de producción de pasturas en monocultivo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

A partir de la conquista, en el trópico seco michoacano, en la zona cercana a Apatzingán y Taretan, los encomenderos españoles introdujeron la ganadería en forma extensiva y algunas áreas pequeñas de terreno cultivable con arroz, caña de azúcar y añil; además del maíz. Hasta finales del siglo XIX, esta ganadería se mantuvo, pero en número muy escaso; las razas bovinas españolas se acriollaron (Pureco, 2010).

En el periodo de Porfirio Díaz se vendieron y entregaron las tierras del valle de Apatzingán a emigrantes europeos, principalmente, con el fin de que estos desarrollaran la agricultura, ganadería e industria, apoyando estas actividades con medios de transporte y créditos diversos, para propiciar el desarrollo de la región. De esta forma se estableció la hacienda de La Zanja, en lo que hoy es el municipio de Urecho, por parte de emigrantes alemanes, quienes en 1903 la vendieron (con unas pocas vacas perdidas en las 28,000 ha que ocupaba la hacienda) en \$140,000 pesos, al emigrante italiano Dante Cusi Castoldi, quien cambió el lugar del casco de la hacienda y la rebautizó con el nombre de Nueva Lombardía (actualmente: Lombardía, en el municipio de Gabriel Zamora). Cusi aprovechó el agua de los ríos Cupatitzio y Cajones-Parota, construyendo obras hidráulicas de tecnología avanzada para la época, y llevó agua hasta las tierras áridas de Lombardía. En 1910 Cusi compró la hacienda Capirio, misma que rebautizó con el nombre de Nueva Italia, donde emprendió, con el mismo ingenio e ímpetu, las obras de riego para la producción de arroz y siembra de praderas con zacate pará (*Panicum purpurascens*) para la ganadería extensiva (Durán y Bustin, 1983). De esta forma, Lombardía y Nueva Italia llegaron a producir 6,000 toneladas de arroz por año (casi lo mismo que lo producido por el estado de Morelos), y 50,000 cabezas de ganado criollo, mejorado con la razas Indobrasil traídas por Cusi (Cusi dedicó 5/6 partes de la tierra a la cría de ganado y 1/6 a la siembra de cultivos, incluyendo 35,000 limoneros). Ambas haciendas (Nueva Italia y Nueva Lombardía) fueron de las 10 más productivas de Latinoamérica, la producción fue básicamente comercial (Durán y

Bustin, 1983). Las haciendas de Cusi sobrevivieron a la Revolución Mexicana de 1910, pero no lograron evitar la expropiación de 1938, por parte de Lázaro Cárdenas del Río, quien colectivizó ambas haciendas. Posteriormente, debido a la incapacidad de la organización campesina y la corrupción de líderes e instituciones, en 1956, los ejidatarios decidieron parcelar las tierras y se repartieron el ganado (Zárate, 2001).

De 1947 a 1960 se creó la Comisión del Tepalcatepec, para desarrollar la región del valle de Apatzingán (o valle de Tepalcatepec) en los aspectos productivos: agropecuarios, salud, educación, energía eléctrica y comunicaciones. Sin embargo, entre 1947 y 1960, la ganadería en la región se estancó en 115 mil reses, debido a la fiebre aftosa y a la “fiebre agrícola” (crecimiento considerable de la agricultura). A través de los programas impulsados por la Comisión del Tepalcatepec se introdujeron en la región varios sementales de razas mejoradas como: Cebú, Suizo pardo y Holstein (esta última con problemas de adaptación a las condiciones extremas de altas temperaturas y humedad). Desde esta época, la ganadería y la agricultura han mantenido una lucha constante por las tierras de la región, pues ambas actividades han sido esenciales para el desarrollo económico y social de sus habitantes. Es también en este periodo cuando la ganadería de doble propósito se fortalece, pues las razas mejoradas, sobre todo Suizo pardo y Holstein, incrementaron la producción de leche de los hatos acriollados, básica para la producción de quesos artesanales: tepeque, adobera, cotija (Solís *et al.*, 2013).

2.2 Situación actual

Juan Carlos Pardo Bejarano, Presidente de la Cámara Nacional de Industriales de la Leche, en entrevista para la radio (Radio Red FM, 14 junio 2014), mencionó que a nivel nacional la leche representa el 20% del PIB agropecuario, lo que significa un mercado de 230 mil millones de pesos, y que el consumo per cápita de leche en México es de 360 ml, diariamente, lo que representa el 70% del consumo recomendado por la FAO (2012), que son 500 ml diarios per cápita; además, que esta producción es obtenida de 2.4 millones de vacas distribuidas en 250 mil unidades de producción, tanto de ganaderos lecheros como de doble propósito, con 9.6 vacas en

promedio, por unidad de producción. Esto significa que los mayores volúmenes de leche en México, se producen en pequeñas unidades de producción, principalmente en el estado de Jalisco, Chihuahua, Coahuila y Durango (Comarca Lagunera) y que es consumida no solo en forma directa, sino, en forma de quesos artesanales y otros derivados. Por último, el líder ganadero dijo también, que la demanda de leche, a nivel mundial, se incrementó en un 100%, en los últimos 50 años, y que para el año 2050 la demanda de proteínas de origen animal se incrementará en un 40%, según estimaciones de la FAO.

Por otra parte la FAO también decidió dedicar este año, 2014, a la agricultura familiar, la cual, dijo, debe ser considerada en el centro de las políticas agrícolas, ambientales y sociales de todos los países, por ser una parte importante para la solución del hambre, pobreza y, en muchas partes, ser la principal productora de alimentos para el consumo local, generadora de empleos agrícolas y no agrícolas, capacidades productivas, así como pieza clave en la conservación de la biodiversidad agrícola y sostenibilidad. Dentro de este contexto, los ganaderos de doble propósito, del valle de Apatzingán, realizan sus actividades en sistemas de pastoreo extensivo, en monocultivos de pastos, con problemas por su baja rentabilidad, debido, principalmente, a su baja calidad nutricional y baja producción de forraje verde, que conlleva a una producción menor de carne y leche (Bacab y Solorio, 2011). Además, la situación se les complica más por los altos costos de los insumos agrícolas, la fuerte competencia por las tierras que genera la agricultura comercial (por el incremento en la demanda de tierras para el establecimiento de huertas frutales de mango y el cultivo de pepino, ambos para el mercado de exportación, y caña de azúcar, para los ingenios de la región) y el bajo precio de la leche bronca y del ganado en pie (se paga entre \$ 5.50 y \$ 6.50 por litro de leche, en “tiempo de lluvias” y de \$ 7.00 a \$ 8.00, en “temporada de secas”; el precio del becerro en pie se encuentra a \$ 30.00 por kilogramo -datos proporcionados por los ganaderos del municipio-), situación que ha sido mejorada un poco por el impulso que ha dado la Fundación PRODUCE Michoacán en la adopción de sistemas silvopastoriles con forrajeras arbóreas, como la leucaena (*Leucaena leucocephala*).

El destino de la producción de becerros al destete (alrededor de los 9 meses de edad) es para la venta en pie, aunque generalmente las hembras se destinan al reemplazo de las vacas viejas (vacas de “desecho”), para ser engordados por acaparadores locales y vendidos a carniceros de la región. Estos becerros alcanzan pesos que van de los 150 a 250 kg. Se están implementando campañas de vacunación y muestreos de varias enfermedades (brucelosis, tuberculosis, etc.) con el fin de declarar la región de Tierra Caliente como una zona de baja incidencia de las mismas, para poder adquirir la certificación requerida para la exportación de ganado en pie (este proceso está en sus etapas iniciales). Las vacas y toros de desecho son vendidos en pie a un precio inferior al de los becerros, entre 17 y 23 pesos por kilogramo, para consumo local, a carnicerías de la misma región.

La mayor parte de la producción de leche se entrega en las casas de las personas que se dedican a la producción de quesos a nivel artesanal. Algunos productores venden la leche al menudeo, casa por casa, a un precio un poco mayor al que la vende el productor. El queso es consumido localmente y el excedente es enviado al mercado de Uruapan o es exportado a Estados Unidos, por medio de comerciantes locales, para el consumo de los migrantes que gustan de conservar sus tradiciones culinarias. Existen algunos compradores en las ciudades de Uruapan o Nueva Italia, que compren mayores cantidades de leche, con el mismo fin (la elaboración de quesos). Estos compradores generan una mayor competencia por la leche, lo que beneficia al productor ya que esto contribuye a incrementar ligeramente su precio.

Más del 90% de los ganaderos de la zona de estudio pastorean su ganado, en huertas de mango (*Mangifera indica*, variedades haden, tommy, ataulfo y kent) y/o limón (*Citrus aurantifolia*; variedad mexicano), de riego, con diversos tipos de pasto en cada huerta, principalmente, durante la época de lluvias, a partir de la cosecha del fruto, en las huertas de mango y, en las huertas de limón, en cualquier época del año; con una doble intención: aprovechar el pasto y como una forma de control de malezas. La mayoría de los ganaderos opinan que los pastos nativos (“huertero” ó “frente de toro”) no son buenos para la producción de leche y carne; que son mejores los pastos introducidos, tales como pará, llanero (*Andropogon gayanus*) o estrella de áfrica (*Cynodon nlemfuensis*); algunos de estos productores sostienen que el ganado

también consume las hojas, flores y frutos de los árboles frutales, además de quebrar ramas y troncos, apisonar el suelo y que se genera competencia del pasto sobre el árbol frutal, tanto de mango como de limón; pero piensan que esos daños a la plantación representan un costo menor, que no afecta significativamente la producción de fruta y se obtiene un beneficio adicional, con el control de malezas y la producción de leche y carne; mientras que algunos otros deciden, definitivamente, evitar el pastoreo del ganado o limitarlo a la época posterior a la cosecha del fruto, durante la época de lluvias. El uso de las plantaciones de frutales en la producción animal, depende también de la edad del huerto, pues el pastoreo sólo se da en huertas ya establecidas (en producción), donde el pastoreo continuo ha favorecido que en las huertas se observen, la mayoría, los árboles derramados a una altura de dos metros, aproximadamente. Inmediatamente después de la primer cosecha de mango, el ganadero puede utilizar la huerta como potrero para su ganado, que se encuentra todavía en la misma gran cantidad de frutos verdes y maduros, tanto en el árbol como en el suelo, los cuales les resultan muy palatables y, por esta razón, los consumen ávidamente, lo que llega a provocar, en algunos casos, que la semilla del fruto se atoren en el esófago del rumiante. Sin embargo, en condiciones normales el fruto de mango es consumido y regurgitado mediante la rumia ya que en algunas ocasiones aparecen las semillas de mango en el lugar donde rumiaron las vacas. Cuando las semillas se atoran en el tracto digestivo el animal puede morir si no es atendido con oportunidad; aunque los ganaderos dicen que la mayoría de las vacas que llegan a tener este problema, se reponen rápidamente, en un periodo de dos a tres días. En estas huertas el bienestar animal se incrementa, pues los árboles protegen al ganado del impacto directo de las lluvias, del viento y de la radiación solar; además de que se forman menores encharcamientos, empantanamiento y lodazales durante la época de lluvias, en comparación con el pastoreo de solo gramíneas en monocultivo. Debido a un inadecuado manejo, la disponibilidad de pasto disminuye en las huertas de mango y limón, pues los ganaderos aplican herbicida bajo la copa de los árboles y en medio de las regaderas, usadas para mejorar la mejor circulación del agua de riego y para que la dosis de fertilización sea aplicada directamente al árbol, sin competencia con el pasto o malezas (durante los días subsecuentes a la aplicación se evita meter el

ganado a la huerta, para evitar posible envenenamiento por ingerir herbicida ó fertilizante, aunque éste generalmente se aplica enterrado en el suelo. En las huertas de mango, con más sombra, generalmente el pasto se desarrolla menos que en las huertas con menor intersección de luz. En el caso del pastoreo en las huertas de limón, el ganado prácticamente no sufre ningún efecto adverso por el consumo de frutos, flores y hojas del árbol; pero algunos productores tienen la idea de que la leche y el queso toman un sabor ligeramente ácido, pero agradable. Prácticamente todos los productores seguirán pastoreando su ganado en las huertas de mango y limón, las cuales prefieren con pastos pará, llanero y estrella africana, en lugar del pasto “huertero” o “frente de toro”. Un tercio de los productores con huerta tienen pastos “huertero” y/o estrella de áfrica.

Los ganaderos de la zona de estudio tienen en promedio 5 potreros de riego, con una superficie total promedio de 13 ha. Sin embargo, la mayoría de ellos cuenta, también, con terrenos cerriles, sin riego, con vegetación típica del trópico seco michoacano, la cual aprovechan para pastorear a su ganado horro, durante la época de lluvias. En promedio los ganaderos de la zona de estudio cuentan con 13 vacas en producción (de ordeña) con sus crías, 33 animales horros y uno o dos sementales (un semental lo tienen con las vacas de ordeña). La carga animal es de 1 UA por ha, en potreros con riego, lo cual indica que las trece ha de potrero con riego son insuficientes para mantener el hato, por lo que regularmente rentan potreros de otros productores frutícolas que no tiene ganado, así como residuos de cosecha (maíz, arroz y pepino). El rastrojo de maíz y arroz, generalmente, se aprovechan de noviembre a enero, mientras que los residuos de cosecha de pepino se aprovechan de diciembre a marzo; los residuos de cosecha se aprovechan directamente en el terreno cultivado o se cortan, empacan y muelen. El rastrojo de maíz molido se vende a 3 pesos kg, y la paca de rastrojo de arroz a 20 pesos. Los principales pastos son: estrella de áfrica (*Cynodon nelemfuensis*), pará (*Panicum purpurascens*), llanero (*Andropogon gayanus*), pasto sudán (*Sorghum sudanense*) sorgo (*Sorghum bicolor*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*). La renta de una hectárea de riego tiene un costo de \$4,500.00 pesos por ciclo agrícola, que va de tres a seis meses, quedando los residuos de la siembra para el dueño de la tierra, quien vuelve a rentar el predio a

\$1,000.00 por hectárea, a productores ganaderos, los cuales utilizan el potrero hasta que el ganado consume todo el residuo de cosecha, que en general es de una a tres semanas, dependiendo de la carga animal. Ante esta situación, el incrementar la productividad de los potreros es una de las principales metas a alcanzar, ya que el 70% de los ganaderos se ven en la necesidad de rentar potreros.

Una cuarta parte de los ganaderos suplementan su ganado de doble propósito con uno o varios de los siguientes productos: maíz molido, ensilado de maíz o sorgo, alimentos balanceados y/o residuos de pepino. Particular relevancia tiene el uso del pepino como alimento para el ganado, desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo de cada año. Este fruto succulento es muy palatable e incrementa de 50 a 100% la producción diaria de leche. El pepino ofrecido al ganado es un producto de desecho de los empaques de pepino de exportación. Los efectos negativos del consumo de pepino, para el ganado, son irrelevantes, pues solo se observó heces menos sólidas, sin afectaciones a la condición corporal. Este fruto es igualmente benéfico cuando se consume directamente en pastoreo, después de que la cosecha para la venta al empaque de pepino se termina. A partir del segundo día de consumir pepino se observa un incremento en la producción de leche, similar a la producción que se obtiene cuando se les ofrece a las vacas alimento balanceado.

Como ya se mencionó, otra práctica tradicional, que también es común en todas las regiones del trópico seco, es el pastoreo de ganado en las partes serranas, donde predomina la vegetación de selva baja caducifolia y selva baja subcaducifolia; durante la época de lluvias, principalmente para el ganado horro, debido a la escasez de pastos cultivados y para aprovechar los terrenos sin acceso al agua de riego por gravedad. En este caso, el ganado aprovecha los pastos silvestres y el follaje de árboles y arbustos con potencial forrajero. Esta práctica es considerada como un sistema silvopastoril tradicional (Ibrahim *et al.*, 2007). En los cerros hay sombra suficiente, diversidad de pastos y especies arbóreas forrajeras que mantienen en buena condición corporal al ganado, que se desplaza libremente en espacios abiertos, disminuyendo considerablemente el apisonamiento del suelo y la formación de lodazales en el potrero (las pendientes son generalmente mayores a las de los potreros de monocultivos de pasto, > 10%). Cuando el ganado se supervisa recibe un

suplemento mineral de sal de mesa, o sal de grano, y un baño garrapaticida. Cuando la vaquilla o vaca se encuentra próxima a parir es incorporada a los potreros donde pastorean las vacas de ordeña, para vigilar su gestación y brindar apoyo al momento del parto. Si la vaca parió en el cerro se lleva en los días inmediatos, con la cría, a los potreros de las vacas de ordeña, y pasando 15 días, después del parto, se inicia la ordeña a la vaca, junto a las otras vacas. Se puede decir que el bienestar animal durante el pastoreo en el cerro, en la época de lluvias, es mayor al que tienen las vacas cuando pastorean pastos en monocultivo.

2.3 Agroforestería

La agroforestería es una forma de uso de la tierra donde las perennes leñosas interactúan biológica y económicamente, en la misma área, con cultivos y/o animales, estos elementos pueden asociarse simultánea o secuencialmente (Somarriba, 2009). Los sistemas agroforestales son milenarios: en México existe el sistema roza-tumba-quema, desde épocas prehispánicas, que también se sigue practicando, en las regiones boscosas, tropicales y subtropicales, de varios países latinoamericanos (Lara *et al.*, 2012); actualmente, en este sistema, la presión demográfica sobre la tierra (que se expresa en sobrepastoreo y menor tiempo de “descanso” entre los ciclos de cultivos) ha generado que los ciclos naturales de recuperación del suelo se rompan, generando erosión y desertificación. Las chinampas, son también otra forma de interacción de los componentes que caracterizan a los sistemas agroforestales (árboles, cultivos y animales; Ramos *et al.*, 2011). Somarriba (2009) señala que los sistemas agroforestales son apropiados tanto para sistemas frágiles como estables, a escalas que varían desde pequeñas fincas hasta grandes regiones, a niveles de subsistencia o producciones de tipo comercial; esto representa, prácticamente, una cobertura total sobre las áreas agropecuarias. Los sistemas agroforestales permiten diversificar la producción, aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la productividad del sistema, respetando el concepto de producción sostenible; asimismo, la agroforestería debe ser compatible

con las prácticas socioculturales y servir para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la región.

A los sistemas agroforestales orientados a la producción pecuaria se les conoce como sistemas silvopastoriles.

2.4 Sistemas silvopastoriles

Para Ibrahim (2009) un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, donde el objetivo es obtener una producción sostenible desde el punto de vista social, ecológico y económico. Para este mismo investigador, las ventajas de los sistemas silvopastoriles son:

- Recuperación de suelos degradados.
- Reducción de la erosión de suelos.
- Conservación de recursos hídricos.
- Protección de cuencas.
- Conservación de la biodiversidad.
- Conservación de especies nativas *in situ*.
- Conectividad para la biodiversidad.
- Fijación de carbono.
- Regulación del estrés calórico (por medio de la sombra, que baja la temperatura del medio ambiente, mejorando las condiciones para el mejor desarrollo del ganado: mejores índices reproductivos, mayor tiempo dedicado al consumo de forraje).
- Reciclaje de nutrientes (si hay pastoreo el animal regresa parte de lo extraído del suelo a través de sus excreciones, así como el árbol “bombea” y recicla nutrientes hacia la superficie del suelo).
- Diversificación de productos y servicios.
- Mejora la distribución de ingresos/finca/año.
- Incrementa la rentabilidad de las fincas ganaderas.
- Incrementa la competitividad de las fincas ganaderas.
- Promueve el empleo en sectores pobres del área rural.
- Existe mayor eficiencia del uso de energía y mano de obra.
- Se incorpora valor agregado cuya potencialidad de mercados falta desarrollar.

Sin embargo, existen también algunas desventajas de los sistemas silvopastoriles, que dependen de las múltiples interacciones entre sus componentes:

- Competencia: raíces, agua, nutrientes, luz.
- Distribución de parásitos, garrapatas y tórsalos, que dependen de la cobertura de árboles.
- Compactación-degradación de suelos: en casos cuando hay baja población de árboles, hay sobre-carga de animales bajo los mismos.
- Toxicidad de animales (plantas tóxicas).
- Daños físicos a los árboles por los animales.
- Altos costos de inversión para el establecimiento de los sistemas.

De este modo, para alcanzar el nivel potencial óptimo de producción de carne y leche, y disminuir los niveles de erosión y contaminación de los suelos, así como la degradación de las pasturas, los sistemas silvopastoriles representan una alternativa sostenible para la ganadería de doble propósito del trópico (Somarriba, 2009).

2.5 Sistemas silvopastoriles en México

Flores y Solorio (2010) expusieron que en el estado de Michoacán, particularmente en la región del valle de Apatzingán, la Fundación Produce Michoacán A. C. inició la implementación de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), en un arreglo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad ($\geq 30,000$ plantas/ha) para ramoneo directo por el ganado, asociando pasturas tropicales mejoradas, mismas que pueden ser también asociadas con árboles maderables o frutales en densidades que varían entre 50 y 500 árboles por hectárea. Este proyecto se inició considerando que la ganadería bovina es una de las principales actividades del sector agropecuario, la más diseminada en el medio rural, de gran contribución a la oferta alimentaria e importante participación en la balanza comercial del país, y que, en estos momentos, la actividad ganadera se encuentra en alta dependencia de la importación de insumos (alimentos balanceados, medicamentos, etc.); además de que se tiene previsto que la demanda de leche y carne se incrementará, en la región, en el país y en el mundo. Por otra parte, también se tomó en cuenta que los sistemas ganaderos convencionales (que pastorean pastos en monocultivo) contribuyen a la degradación ambiental (deforestación, erosión, contaminación), tienen baja

rentabilidad y productividad, y generan poca demanda de mano de obra. Las causas de esta situación son: sobrepastoreo, estacionalidad climática y productiva, uso de especies no adaptadas, alimentación deficiente y costosa, y uso de tierras no propias para la ganadería. Moreno (2010), mencionó que para establecer los SSPI, se implementó el programa denominado: Proyecto Estratégico Modelo de Consenso Silvopastoril para la Ganadería Sostenible del Trópico Michoacano, que inició en tres regiones de Michoacán: valle de Apatzingán, región costa y región media del río Balsas, con la participación de 28 municipios. Flores y Solorio (2010) exponen que a partir del 2006, se establecieron 25 ranchos escuela, con el respaldo técnico y científico de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), donde se ha promovido el proyecto y capacitado a productores en el establecimiento de los sistemas silvopastoriles intensivos a nivel local, regional e interestatal, compartiendo experiencias y nuevos descubrimientos, de productor a productor. Y que en el año 2008 se alcanzaron 400 ha establecidas con el SSPI y se obtuvo el respaldo de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles donde participan Colombia, Australia y Argentina. Además que en el 2009 se llegó a 1700 ha en las tres regiones, y se evaluaron tres tipos raciales de bovinos pastoreando los SSPI. En la actualidad se tiene la participación en 10 estados de la república: Michoacán, Guerrero, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Jalisco, Chiapas, Oaxaca, Yucatán y Campeche, con la meta de alcanzar el establecimiento de 3,200 ha para el año 2011. Dentro de los ranchos escuela donde se establecieron los SSPI, se han logrado rendimientos de leche, carne y carga animal, mayores a los obtenidos antes del establecimiento del SSPI, lo cual supone que el SSPI es más rentable, en general, que los sistemas de pastoreo con pasturas convencionales (cuadro 1).

Murgueitio (2011) menciona que Colombia inició el desarrollo de los sistemas silvopastoriles desde hace 20 años, a partir del sistema australiano, donde los arbustos se asociaron con pastos de alta producción y demanda de nitrógeno, en un intento por desafiar los límites de la producción de biomasa, para reducir los efectos desecantes de los vientos, mejorar la biodiversidad del hábitat y ofrecer frutos para el

ganado. Para ello, los sistemas silvopastoriles se conformaron con un tercer y cuarto estrato de árboles maderables, frutales y palmas.

Cuadro 1. Producción de leche y carga animal en tres SSPI de Michoacán.

Rancho Huarinches	Antes de SSPI	Ahora con SSPI
Producción de leche (l/vaca/día)	6.0	9.0
Costo por litro de leche (\$)	4.50	2.20
Carga animal (UA/ha)	2.5	4.5
Pérdida por UA (\$)	750.00	0.00
Ganancia por UA (\$)	0.00	5,000.00
Producción de leche (l/ha/día)	15	40.5
Rancho Galeana	Antes de SSPI	Ahora con SSPI
Producción de leche (l/vaca/día)	3.5	6.0
Costo por litro de leche (\$)	3.50	2.40
Rancho El Aviador	Antes de SSPI	Ahora con SSPI
Producción de leche (l/vaca/día)	Sin datos	9.5
Costo por litro de leche (\$)	Sin datos	2.50
Carga animal (UA/ha)	Sin datos	6
Ganancia diaria de peso de becerros (kg)	Sin datos	1.0
Producción de leche (l/ha/día)	Sin datos	57

* Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la ponencia “Gestión del conocimiento para el desarrollo y fomento de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) para una ganadería Sustentable en el Trópico de México”, presentada en Panamá por Flores y Solorio (2010). Panamá. ** UA= Unidad animal.

Este mismo autor menciona que actualmente los sistemas silvopastoriles se han establecido en varias regiones de Colombia, en condiciones ambientalmente contrastantes y con muy buenos resultados. Con respecto a la producción de leche, Murgueitio (2011) señala que la hacienda Lucerna (Bugalagrande, Valle del Cauca), donde se tenían pasturas mejoradas de pasto estrella con fertilización, cambió hacia

SSPI con leucaena y árboles dispersos en potreros, lo cual incrementó la capacidad de carga de 3.5 a 4.85 unidades animales por hectárea, durante todo el año, y pasó de 9 mil a 11 mil litros/ha/año; también reportó que en la región Caribe seco, con ganado criollo cruzado con razas cebuínas, se pasó de una carga animal de 0.9 UA, mediante un sistema de pastoreo convencional con pasturas puras, produciendo 3.54 kg de leche por vaca por día, a 3.9 UA, en un SSPI (con riego moderado en la temporada seca), produciendo 4.13 kg de leche por vaca por día. Esto indica que la producción de leche por superficie pasó de 3.2 kg por hectárea por día para el sistema de pastoreo convencional a 16.1 kg por hectárea por día para el SSPI, lo cual hace una diferencia de 12.9 kg por hectárea por día. Este resultado significa multiplicar por cinco la producción de leche por hectárea del sistema convencional, para el Caribe seco Colombiano y triplicarla para el valle de Tepalcatepec, en Michoacán, México (Flores y Solorio, 2010). Concluye Murgueitio (2011) que los SSPI, comparados con los sistemas tradicionales de producción, generan incrementos importantes en la producción de leche o carne por unidad de superficie, debido a la mayor producción de biomasa forrajera disponible, que repercute en una mayor carga animal. Siempre y cuando el SSPI cuente con pastos mejorados.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El área de estudio se ubicó en los ejidos Lombardía y El Capire, del municipio de Gabriel Zamora, que es parte de los siete municipios que conforman el valle de Apatzingán o valle de Tepalcatepec, en la región de “Tierra Caliente”, del estado de Michoacán. Este valle abarca toda la cuenca del río Tepalcatepec, teniendo como límites los altos bordes montañosos de la Sierra Madre Occidental y Eje Neo volcánico, que reducen el libre fluir de las corrientes de los vientos hacia el valle, lo que favorece las altas temperaturas durante todo el año, dando lugar a una evaporación intensa. La topografía del valle la conforman extensos lomeríos y llanuras, de una altitud entre 300 a 700 msnm, delimitados por profundas barrancas y bruscos quiebres del terreno. Los ejidos Lombardía y El Capire se encuentran dentro del sistema de riego por gravedad Cupatitzio-Cajones, que pertenece al distrito de riego 097 “Lázaro Cárdenas”. El agua la aportan los ríos Cupatitzio y Cajones-Parota, que nacen en las afueras de Uruapan, el Cupatitzio, y en las faldas del Cerro de Tancítaro, el Cajones. Estos ríos se unen en un punto del valle a partir de donde se le llama Río del Marqués. Es posible afirmar que El valle de Apatzingán tendría una agricultura marginal (incluyendo la ganadería) en ausencia de distrito de riego (figura 1).

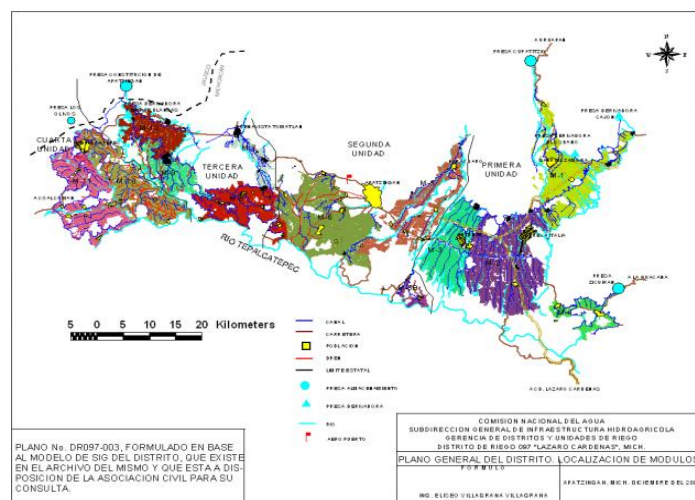


Figura 1. Distrito de riego 097. “Lázaro Cárdenas del Río”.

El Distrito de Riego 097 “Lázaro Cárdenas”, fue creado por decreto presidencial el 12 de abril de 1938, con una extensión de 114,765 hectáreas, comprendidas en los municipios de Apatzingán, Buenavista, Múgica, Gabriel Zamora, La Huacana, Parácuaro y Tepalcatepec, del Estado de Michoacán. Se ubica en el occidente del Estado de Michoacán, en la faja conocida como “Tierra Caliente” en el valle de Apatzingán, y está formado por el Río Tepalcatepec y sus afluentes, con una altitud promedio de 345 msnm (CONAGUA, 2005). Cuenta con diferentes fuentes de abastecimiento como las presas de almacenamiento: Constitución de Apatzingán (Chilatán), Olivos y Zicuirán, con capacidad total de 672 millones de m³; derivaciones de los Ríos Cupatitzio, Cajones, Cancita y Buenavista; y diversos manantiales ubicados en los municipios de Parácuaro, Apatzingán y Buenavista (cuadro 2).

Cuadro 2. Coordenadas geográficas del distrito de riego 097.

PUNTO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
DISTRITO DE RIEGO	21°12'75"	77° 76'64"
PRESA OLIVOS	21° 30'04"	73° 04'95"
PRESA CONSTITUCIÓN DE 1814 (CHILATÁN)	21° 34'02"	73° 44'13"
CAJONES	21° 29'89"	82° 24'48"
ZICUIRÁN	20° 94'91"	82° 30'82"

Fuente: CONAGUA (2005).

El municipio de Gabriel Zamora se localiza en las coordenadas 19° 9´ Latitud Norte y 102° 3´ Longitud Oeste, con una altitud de 640 msnm. El clima es del tipo Bs₁ (h) ´w (w) (i) g (García, 1981), correspondiendo al menos seco de los esteparios, muy cálido, con lluvias en verano y mínima precipitación invernal, con poca oscilación de temperatura; la precipitación y temperatura media anual son de 744 mm y 25 °C, respectivamente (figura 2).

3.2 Hatos ganaderos

El hato del Sr. Javier Romero Castillo (JRC) pastoreó el sistema convencional con pasto estrella (SCPE), con 20 vacas en producción con sus crías; cuenta además con 12 animales horros y un toro de registro de la raza Indobrasil (figura 3).

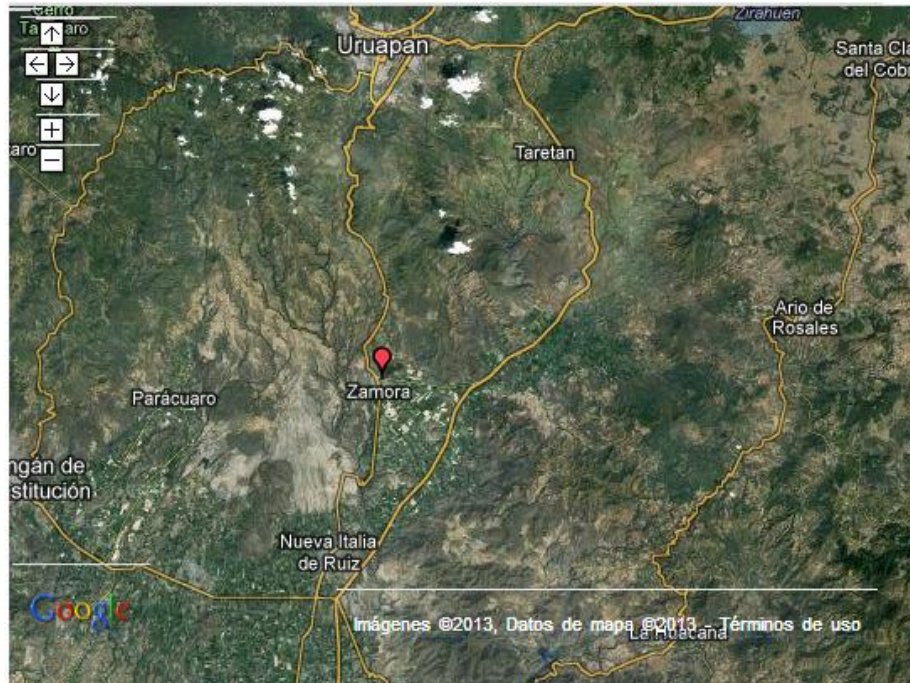


Figura 2. Fotografía satelital de la región de estudio. Gabriel Zamora, Michoacán.



Figura 3. Hato del productor cooperante Javier Romero Castillo (JRC).

En el SCPE, los becerros del hato de JRC permanecieron al pie de la vaca, durante la ordeña, posteriormente salían a pastorear libremente con la vaca, tomando la leche que la misma les producía durante el día, hasta la hora del encierro, a las

cuatro de la tarde. Las vacas de ordeña pastorearon libremente en el potrero, siendo encerradas sólo a la hora de la ordeña.

El hato de Crescenciano Rodríguez Barriga (CRB) se pastoreó en el sistema de monocultivo con pasto sudán (SMPS), sistema silvopastoril en plantación de mango (SSPM) y sistema silvopastoril con leucaena (SSPL); con 21 vacas en producción con sus crías. Además cuenta con 25 cabezas de ganado horro (vacas vacías o en gestación, vaquillas y becerros en desarrollo) y un toro de registro de la raza Pardo Suizo (figura 4).

En los SMPS, SSPM y SSPL, el ganado pastoreo en forma rotativa, hasta que el ganado rechazaba entrar al potrero, regresando al mismo cuando éste estaba recuperado. Los becerros del hato de CRB, que pastorearon estos sistemas, se encerraron diariamente, desde las seis semanas de nacidos hasta el momento del destete, saliendo únicamente al momento de la ordeña, para mamar de la vaca la leche residual, después de la ordeña manual; posteriormente, estos becerros fueron alimentados con rastrojo de maíz molido y agua, a libre acceso, de las acequias del agua de riego y de un bebedero de concreto.



Figura 4. Hato del productor cooperante Crescenciano Rodríguez Barriga (CRB).

Cada hato tuvo entrada de vacas recién paridas y salidas de vacas con becerros destetados.

3.3 Módulos silvopastoriles experimentales

Para el desarrollo experimental se seleccionaron cuatro potreros, uno en el ejido El Capire, propiedad del Sr. Javier Romero Castillo, y tres más en terrenos ejidales de Lombardía, propiedad del Sr. Crescenciano Rodríguez Barriga; ambos productores cooperantes. Cada productor puso a disposición del estudio un hato ganadero de doble propósito (leche y carne), los cuales pastorearon los potreros de su propiedad.

El primer predio, de cuatro hectáreas, tiene pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), con árboles dispersos en el potrero y una barrera viva; el segundo predio de cinco hectáreas fue cultivado con pasto sudán (*Sorghum sudanense*) en monocultivo; el tercer potrero, de cinco hectáreas, fue plantado con mango variedad haaden, desde 1978; el cuarto potrero, de tres hectáreas, fue plantado con leucaena (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril intensivo durante la época de lluvias del 2010. Los cuatro potreros cuentan con riego por gravedad. El tipo racial del ganado corresponde a las cruas que comúnmente se tienen en la mayoría de los hatos de doble propósito de la región: vacas cruzadas de Suizo×Cebú, Hostein×Cebú y Suizo×Holstein×Cebú. Los potreros están delimitado por un cerco mixto, con postes muertos, árboles y arbustos vivos: Huizache, Pinzán, Cueramo, Cirián, Brasil y Cuahulote, principalmente.

El primer potrero (SCPE) es un monocultivo de pasto estrella, con pequeñas áreas de zacate pará. Es una ladera con acceso a un arroyo del que beben agua las vacas durante todo el año. El pasto estrella tiene de establecido más de 35 años. El potrero está dividido en dos áreas por una cerca viva que también funciona como barrera rompevientos. Dentro del potrero hay arboledas que sirven de sombra, reserva forestal y alimento para el ganado (aunque en menor escala que un banco de proteína, son árboles y arbustos nativos de Huizache Pinzán, Cueramo. Cirián, Cuahulote, Brasil y Guayaba, principalmente). Tiene un corral y un chiquero en la parte alta del potrero, que se utiliza para el encierro, ordeña y manejo del ganado.

Los suelos del predio son arcillosos y de deficiente drenaje, pero, debido a que tiene una pendiente ligera, el agua de lluvia y de riego drenan regularmente y el ganado sufre menos por encharcamientos en la época de lluvias (figura 5).



Figura 5. Sistema convencional pasto estrella (SCPE).

El segundo potrero (SMPS) fue sembrado con pasto sudán (*Sorghum sudanense*) en diciembre de 2012. La siembra del pasto fue alternada con semilla de leucaena, sin embargo, por diversas situaciones (pobre calidad de la semilla de leucaena, deficiente preparación del suelo, condiciones climatológicas adversas en torno a la siembra, malezas y poco tiempo de establecimiento) la arbórea desapareció del terreno en los primeros cuatro meses. Este potrero cuenta con una acequia que bordea la orilla de lado a lado, con agua suficiente para el riego del predio y para el consumo de agua de los animales. Cuenta con un corral de ordeña y un chiquero para el manejo y encierro de los terneros, rústicos, con cerco de alambre de púas, con un bebedero de agua potable, entubada, que abastece permanentemente de agua de bebida a los animales. El terreno cuenta con suelo arcilloso y drenaje deficiente, lo que provoca que en épocas de lluvia se generen encharcamientos que provocan que el suelo se vuelva lodoso y pagajoso. (figura 6).



Figura 6. Sistema monocultivo pasto sudán (SMPS).

El tercer potrero (SSPM) cuenta con una plantación de mango, que fue establecida hace 36 años (1978), en marco real de 10 x 10 metros (100 árboles/ha); con pastos nativos y herbáceas anuales de mediano y bajo valor forrajero. Cuenta con una acequia que bordea la orilla el potrero, la cual se usa para riego y para abastecer de agua de bebida al ganado. Este predio no tiene corral de ordeña y las vacas son llevadas para la ordeña diaria a un corral situado a cien metros de distancia, aproximadamente. El suelo es de tipo arcilloso, con drenaje deficiente, pero con menos problemas de encharcamientos, por lo que el ganado sufre menos por exceso de humedad del suelo, en época de lluvias (figura 7).



Figura 7. Sistema silvopastoril mango (SSPM).

El cuato potrero (SSPL) de 3 ha., cuenta con 34,500 plantas de leucaena (*L. leucocephala*) sembradas en hileras durante el periodo de lluvias del 2010; la distancia entre hileras es de 1.6 m, con densidad de siembra de 11,500 plantas por ha. El estrato herbáceo entre las hileras está compuesto por pasto estrella (*C. nlemfuensis*), gramíneas nativas y diferentes herbáceas de mediano y bajo valor forrajero. El área cultivada con leucaena cuenta con una acequia principal que bordea la parte norte del potrero, la cual sirve tanto para riego como para abastecer de agua al ganado; tiene un corral de ordeña con un “chiquero”, de tipo rústico, para el encierro y crianza de los terneros, con cerco de alambre de púas, los cuales tienen acceso a otro brazo de la acequia que les da a los terneros acceso al agua de bebida, permanentemente. El suelo es de tipo arcilloso, con drenaje deficiente, lo que provoca que en épocas de lluvia se generen encharcamientos que provocan que el suelo se vuelva lodoso y pagajoso, dificultando el movimiento y mermando el bienestar de las vacas (figura 8).



Figura 8. Sistema silvopastoril leucaena (SSPL).

3.4 Muestreo de leche y peso de becerros

La toma de datos de producción de leche se realizó a todas las vacas en lactancia, al entrar a pastorear a cada sistema, al momento de la ordeña, que se

realiza en forma manual, con becerro “colgado a la vaca, para estimular la “bajada” de la leche, diariamente, por las mañanas; tomando la medida en kilogramos, inmediatamente (desde la misma cubeta de ordeña), al término de la ordeña de cada vaca, en una báscula sencilla, de plástico, para cocina, con graduación mínima de 25 gramos. Este registro se tomó por 7 días continuos, en cada periodo de pastoreo, tomando los 7 días centrales de cada periodo. Se hizo este registro en dos periodos de pastoreo, el primero en el periodo con intensas lluvias y el segundo en un periodo de transición. Para la estimación del peso de los becerros se les midió el torax, en metros, al entrar y al salir a pastorear cada periodo. Esto se realizó con una cinta métrica de sastre. El peso se estimó utilizando la fórmula: peso estimado del becerro en kg = $-425.8169 + (475.05886 \times \text{perímetro torácico en metros})$. Este método de estimación del peso vivo de los becerros relacionando mediciones corporales fue validado previamente por el MVZ Alejandro Zalapa Rios (2009) de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Michoacán, determinado con ganado de doble propósito en el municipio de Nocupétaro, “Tierra Caliente”, Michoacán, en condiciones similares a las del presente estudio (figura 9).



Figura 9. Becerro “colgado” a la vaca durante la ordeña.

3.5 Variables de análisis

- Carga animal.
- Producción de leche.
- Ganancia diaria de peso (en becerros).
- Aceptación social de los sistemas silvopastoriles.
- Rentabilidad de los sistemas.

Producción de leche (PL): se determinó a partir del cálculo de la media de producción de leche de cada vaca, durante cada periodo, para cada sistema de pastoreo evaluado.

Producción de leche por hectárea (PL/ha): Se determinó multiplicando la capacidad de carga animal del predio evaluado por la producción promedio de leche por vaca. Donde $PL/ha = CA * PL$.

Ganancia diaria de peso (GDP): Se obtuvo por diferencia de pesos de los terneros, al entrar y al salir al sistema de pastoreo, entre el número de días de pastoreo en cada periodo de evaluación.

Ganancia diaria de peso por hectárea (GDP/ha): Se determinó multiplicando la ganancia diaria de peso por la capacidad de carga animal de cada predio $GDP/ha = GDP * CA$.

Días de lactancia anual (DLA): se determinó a partir de los días de pastoreo efectivo en cada sistema por año, tomando como base los datos de pastoreo registrados durante seis meses.

Aceptación social: se aplicaron entrevistas, con el apoyo de un cuestionario, a 20 productores ganaderos (aproximadamente 10 % del total), en forma aleatoria. Las preguntas fueron en torno a evaluar el conocimiento que tiene el productor acerca de los sistemas silvopastoriles y sobre la voluntad e intensidad del productor de establecerlos en su propio terreno.

Rentabilidad: se realizó el balance económico para determinar los costos de producción e ingresos de cada sistema de pastoreo evaluado, considerando los productos obtenidos, mediante entrevistas semiestructuradas, apoyadas en un

cuestionario guía dirigido a 20 productores ganaderos del municipio. Se determinó el valor de venta de la producción de leche y de la venta de los becerros, a precio local actual, para un periodo anual. Adicionalmente, en el caso del SSPM se calculó el ingreso anual neto por la venta de mango, con base en la producción promedio por hectárea, mencionada por los productores entrevistados. Se realizó el balance general de ingresos por ventas menos costos de producción, para determinar la utilidad bruta de cada sistema.

3.6 Estructura y diseño del experimento

El ensayo experimental fue conformado con cuatro sistemas de pastoreo los cuales constituyeron los tratamientos: El primer tratamiento se conformó con el pastoreo convencional de pasto estrella (PCPE), el segundo tratamiento correspondió al pastoreo de pasto sudán en monocultivo (SMPS), el tercer tratamiento consistió en el pastoreo de pastos nativos bajo plantación de mango (SPMP) y el cuarto tratamiento con el pastoreo de leucaena asociada con pastos nativos en un sistema silvopastoril en callejones (SPLP). En cada tratamiento se consideraron dos periodos de muestreo (repetición) de leche y ganancia de peso de los becerros, uno durante el periodo de lluvias (julio a septiembre) y el otro en el periodo de transición de lluvias a secas (octubre a diciembre). El diseño experimental fue completamente al azar y la unidad experimental fue cada animal donde se realizaron las mediciones de producción de leche y la ganancia diaria de peso.

El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + T * P_{ij} + EE_{ijk}$.

Donde: Y_{ijk} = variable de respuesta;

μ = media estadística;

T_i = efecto del i -ésimo sistema de pastoreo evaluado ($i = 1, 2, \dots, 4$);

P_j = efecto del j -ésimo periodo de evaluación ($j = 1, 2$);

EE_{ijk} = efecto del error aleatorio.

3.7 Analisis de resultados

Los datos de producción de leche (leche por vaca por día) y ganancia diaria de peso (de becerros), fueron analizados estadísticamente mediante el procedimiento GLM de SAS (2004); y las medias de tratamientos fueron comparadas mediante el procedimiento Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Carga animal

Se determinó que el sistema silvopastoril con leucaena fue el de mayor capacidad de carga animal por hectárea (CA/ha), dos veces más que la capacidad de carga animal del sistema convencional con estrella y del sistema monocultivo con pasto sudán; y cuatro veces más que el sistema silvopastoril en plantación de mango (figura 10). Estos resultados concuerdan con los reportados por Murgueitio (2011) para la región del Caribe seco de Colombia, que pasó de 0.9 UA/ha la carga animal para un sistema convencional de pasturas puras a 3.9 UA/ha la carga animal en un sistema silvopastoril multiestrato. Flores y Solorio (2010), también obtuvieron resultados similares en el rancho Huarinches, del valle de Apatzingán, donde se obtuvo un aumento de la capacidad de carga animal, pasando de 2.5 a 4.5 UA/ha, cuando se manejó el ganado en un sistema de pasturas puras a cuando se estableció en un sistema silvopastoril con leucaena asociada con un pasto mejorado. Con estos resultados es posible inferir que el sistema silvopastoril con leucaena aporta mayor producción de forraje verde por hectárea, con mayor capacidad de recuperación, lo que confirma lo planteado en la hipótesis del presente estudio. Es importante resaltar que Murgueitio (2011) y Flores y Solorio (2010) obtuvieron mayor carga animal por hectárea, debido a que manejaron sistemas silvopastoriles con mayor densidad de leucaena, asociada con un pasto de mejor calidad, que el que se utilizó en el presente trabajo. Para el valle de Apatzingán, el incremento de la carga animal por hectárea de los sistemas silvopastoriles constituye una ventaja básica para los sistemas de producción doble propósito, ya que la disponibilidad de tierra es un factor determinante para la producción ganadera, sobre todo por la fuerte y permanente competencia entre la agricultura y la ganadería regional.

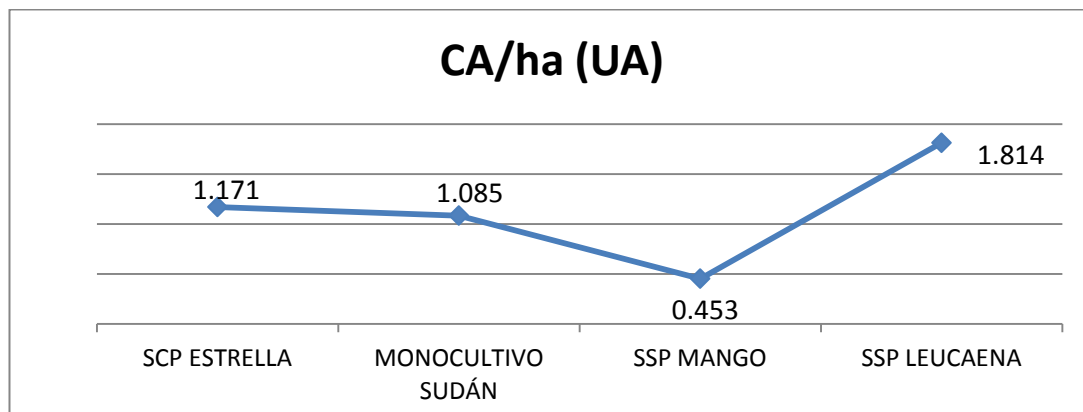


Figura 10. Carga animal por hectárea (CA/ha), en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

4.2 Producción de leche

La producción de leche (PL) en los sistemas ganaderos doble propósito está directamente relacionada con la calidad del forraje que ingiere el ganado y el tiempo que le dedica a la ingesta, el cual se relaciona directamente con su nivel de bienestar. Considerando estas premisas, el SCPE resultó con el mayor nivel de producción de leche por vaca, ya que el ganado contó en el potrero con una barrera viva, cerco vivo parcial y algunos árboles dispersos, que le proporcionaron mayor bienestar, por la sombra y disponibilidad de especies arbóreas con potencial forrajero, que complementaron la ingesta del ganado; sin embargo, no hubo diferencia significativa con la producción obtenida de las vacas asignadas al SSPL ($P < 0.05$), a pesar de que las condiciones de bienestar animal en este último sistema no fueron las óptimas, por el exceso de humedad en el predio (figura 11). Murgueitio (2011) y Flores y Solorio (2010), reportaron mayor PL por vaca en los sistemas silvopastoriles que evaluaron, tanto para las condiciones del Caribe seco de Colombia como para el valle de Apatzingán, Michoacán; sin embargo, las condiciones de los sistemas silvopastoriles utilizados en estos casos fueron mejores a las que se tuvieron durante el presente estudio, pues ellos no mencionan problemas en el bienestar animal de las vacas por exceso de humedad; de hecho señalan que los datos fueron obtenidos en el periodo de sequía, con riego disponible; además de mencionar mayor densidad de leucaena ($> 30,000$ plantas/ha) y la mejor calidad nutricional del estrato herbáceo de sus sistemas silvopastoriles.

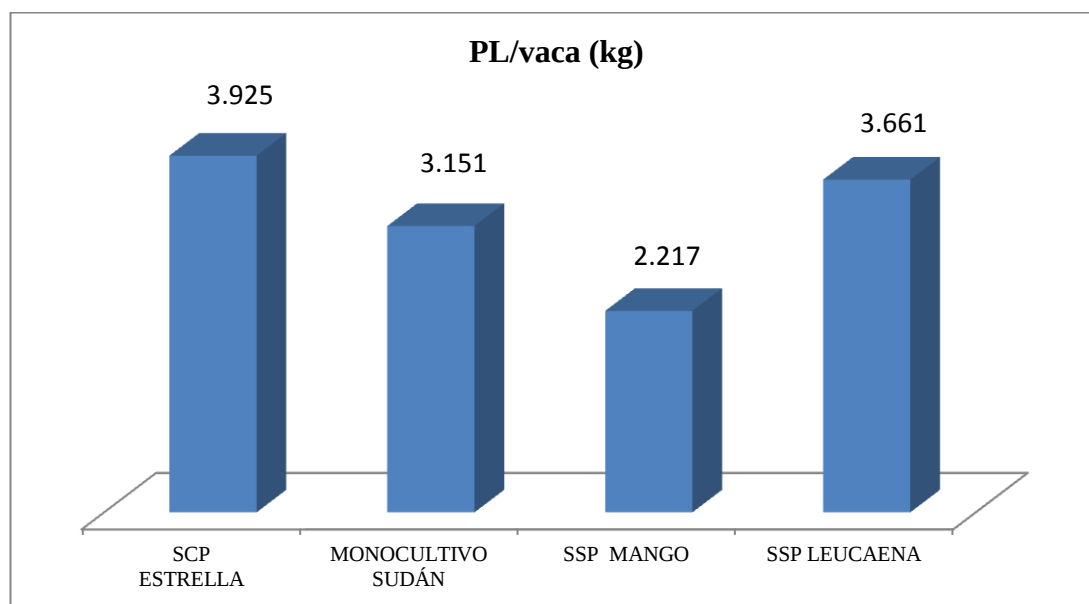


Figura 11. Producción de leche por vaca, en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

Hubo diferencias significativas del sistema de pastoreo con la producción de leche diaria, en ambos periodos de evaluación (cuadro 10, $P < 0.05$). Cuando las vacas pastorearon el sistema silvopastoril leucaena (SSPL) tuvieron rendimientos diarios de leche similares a los de las vacas que pastorearon el sistema convencional pasto estrella (SCPE), pero esos rendimientos de leche fueron superiores a los obtenidos cuando las vacas pastorearon el sistema monocultivo pasto sudán (SMPS) y cuando pastorearon el sistema silvopastoril bajo plantación de mango (SSPM).

La producción de leche, en los sistemas ganaderos doble propósito, está directamente relacionada con la calidad del forraje que ingiere el ganado y el tiempo dedicado a la ingesta, el cual se relaciona directamente con el nivel de bienestar animal. Considerando estas premisas, el sistema de pastoreo convencional con pasto estrella (SCPE) resultó con el mayor nivel de producción de leche por vaca (cuadro 3), ya que el ganado encontró mayor bienestar en el potrero con una barrera viva, cerco vivo parcial y árboles dispersos en el potrero, que le proporcionaron sombra y diversidad de especies arbóreas con potencial forrajero, que complementaron la ingesta de nutrientes por el ganado. La mayoría de los árboles y arbustos encontrados en este sistema lo constituyen especies con potencial forrajero: Cuahulote -Guazuma

ulmifolia-, Pinzán -*Pithecelobium dulce*-, Palo mulato -*Bursera simarouba*-, Parota -*Enterolobium cyclocarpum*-, Cascalote -*Caesalpinia coriaria*-, Cirian -*Crescentia alata*-, Cascalote -*Caesalpinia velutina*-, Pochote -*Ceiba petandra*-, Huizache -*Acacia farnesiana*-, Leucaena -*Leucaena spp.*-, Cuajilote -*Parmentiera edulis*-, etc. Especies que no son cultivadas en el potrero, sino que son “dejadas” sin una planeación premeditada, porque son árboles nativos, considerados, la mayoría de las veces, como maleza por parte de los ganaderos “tradicionales”, que ven en el árbol una competencia por sol, nutrientes y espacio para los pastos.

El tercer lugar en producción de leche lo ocupó el monocultivo de pasto Sudán (SMPS), el cual presentó gran diversidad de pastos entre los surcos y menor cantidad de sombra y forraje de árboles en el potrero. El pasto sudán presentó baja palatabilidad para el ganado; aunque las vacas tuvieron mayor confort y bienestar pastoreando el sistema pasto sudán que el sistema leucaena, debido a que el terreno cultivado con pasto sudán tuvo mejor drenaje. Con esto se deduce la baja calidad del sudán para la producción de leche.

Cuadro 3. Producción de leche por unidad animal en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

CONCEPTO	SCPE	SMPS	SSPM	SSPL
PL/ UA, kg/d	3.925±0.18^a	3.151±0.21 ^b	2.217±0.22 ^c	3.661±0.22 ^a
PL/UA, (Transición), kg/d*	3.852±0.24 ^a	3.845±0.25 ^a	1.814±0.31 ^b	2.681±0.31 ^b
PL/UA, (Lluvias), kg/d**	3.999±0.26 ^a	2.458±0.33 ^b	2.620±0.30 ^b	4.649±0.30^c
PLA, d	90	132	57	159
CA, UA/ha	1.171	1.085	0.453	1.814
PL/ha, kg/d	4.597	3.419	1.004	6.642

PL= Producción de leche; UA= Unidad animal; PLA= Periodo de lactancia anual; CA= Carga animal; SCPE= Sistema convencional pasto estrella; SMPS= Sistema monocultivo pasto sudán; SSPM= Sistema silvopastoril plantación de mango; SSPL= Sistema silvopastoril leucaena; *= periodo de muestreo octubre-noviembre; **= periodo de muestreo julio-septiembre.

La menor producción de leche se obtuvo en el sistema silvopastoril bajo plantación de mango (sistema mango), el cual estuvo conformado con pastos nativos de baja calidad nutricional y árboles frutales de 36 años de edad. Por la edad de la plantación las ramas de los árboles de mango quedaron fuera del alcance de las

vacas, por lo que los daños físicos de al árbol fueron mínimos aunque, sin embargo, la sombra de los árboles proporcionó mayor confort a los animales durante las horas soleadas de pastoreo. Entonces se infiere que los pastos de este sistema son de muy mala calidad para la producción de leche.

Sin embargo, las vacas que pastorearon el sistema SSPM y SSPL disminuyeron la producción de leche durante la época de transición, mientras que en los sistemas de pastoreo SCPE y SMPS el rendimiento de leche diario fue similar tanto en los meses de lluvias como en los meses de transición a la época seca; solo las vacas que pastorearon el sistema leucaena incrementaron la producción de leche durante el periodo de lluvias (figura 12).

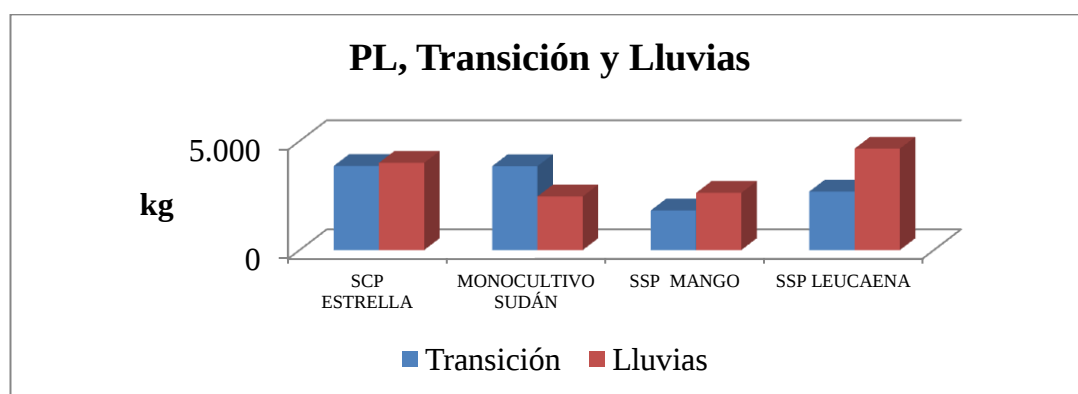


Figura 12. Producción de leche por periodo, en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

Esta respuesta puede relacionarse con la calidad nutrimental de las pasturas en cada uno de los sistemas de pastoreo evaluados, dado que el sistema silvopastoril leucaena tiende a mantener estable el nivel de proteína y de fibra del forraje disponible, tanto en el periodo de lluvias como en la época de estiaje (Martínez y Reyes, 2013), pero con una mayor disponibilidad, en calidad y cantidad, de pastos nativos.

La mayor producción anual de leche por hectárea fue para el sistema leucaena, debido a que tuvo mayor carga animal por hectárea, por su mayor producción y calidad de forraje verde por unidad de superficie. Este resultado puede

ser mayor si se mejora el estrato herbáceo del sistema, con algún pasto de mayor calidad nutricional, y además se aumenta la densidad del estrato arbóreo, leucaena (figura 13).

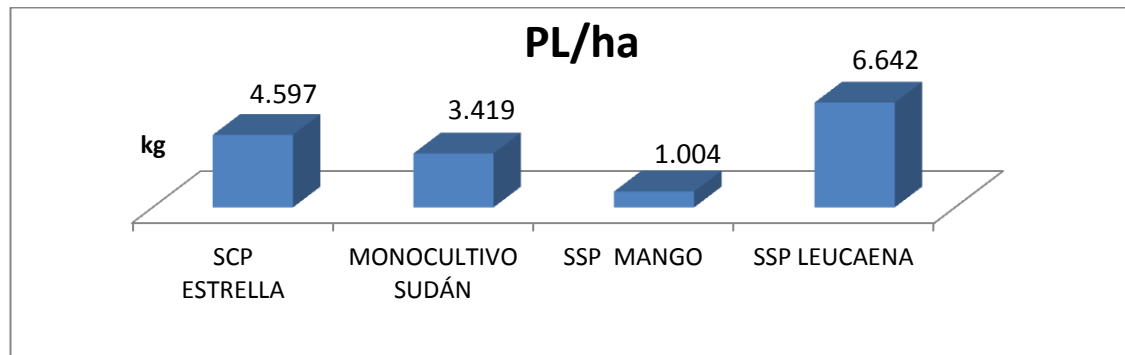


Figura 13. Producción de leche por hectárea en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

Murgueitio (2011) y Flores y Solorio (2010) determinaron que los sistemas silvopastoriles son más productivos en rendimiento de leche por vaca y por hectárea, que los sistemas convencionales. En este trabajo se encontró un resultado similar en el indicador de producción de leche por hectárea, ya que la carga animal del SSPL fue prácticamente el doble que la de SCPE y SMPS y cuatro veces más que la del SSPM, lo que determinó una diferencia en la producción de leche por hectárea de 50 % sobre el SCPE, y mayor sobre los otros dos sistemas; sin embargo, Murgueitio (2011), en el Caribe seco de Colombia, encontró una diferencia mayor, de 12.9 L, del SSPI sobre el sistema convencional, y Flores y Solorio (2010) estimaron un volumen de 57 litros por hectárea para el SSPI del rancho El Aviador, donde registraron una carga animal de 6 UA, con una producción por vaca de 9.5 litros. La causa de estas diferencias es: el SSPI que utilizaron estos investigadores contenía mayor densidad de leucaena (>30,000 plantas por hectárea) y estrato herbáceo (pasto) de mejor calidad; lo que mejoró la cantidad y calidad de forraje, la carga animal y la producción de leche por vaca, lo que se reflejó en una mayor productividad por hectárea.

4.3 Producción de carne

En el cuadro 4 se observa que hubo diferencias significativas del sistema de pastoreo sobre la ganancia diaria de peso de los terneros, en todos los sistemas de pastoreo evaluados, y en ambos periodos de evaluación ($P<0.05$). Cuando las vacas pastorearon el sistema leucaena (SSPL) los terneros tuvieron ganancia diarias de peso menores a las de las crías de las vacas que pastorearon el sistema mango (SSPM), sistema sudán (SMPS) y sistema pasto estrella (SCPE). Solo en el periodo de transición el sistema leucaena fue similar en la ganancia diaria de peso de los terneros a la observada en el sistema mango, aunque ambos fueron muy bajos.

En el sistema convencional pasto estrella se obtuvieron las mayores ganancias de peso de los becerros. Esta respuesta puede relacionarse con el manejo de los terneros durante la lactancia, ya que en el SSPL, tanto como en SSPM y SMPS, los terneros permanecieron en encierro todo el tiempo y las madres los amamantaron solo durante el periodo de ordeña, una vez al día. Adicionalmente, la alimentación de los terneros se complementó con una mezcla de rastrojo de maíz molido, siendo su crecimiento lento. En contraste, las crías del sistema convencional pasto estrella solo fueron separadas de sus madres durante la noche y fueron amamantadas libremente durante el día, hasta la hora del encierro, por ello, los terneros tuvieron una alimentación más completa y en mejores condiciones de salud y bienestar.

Una vez establecido el periodo de lactancia (PLA) para cada sistema de pastoreo, se tiene que el sistema leucaena tuvo solo el 58% de la ganancia diaria de peso de los terneros asignados al sistema convencional pasto estrella, aunque esa ganancia de peso fue similar a la de los terneros asignados al sistema pasto sudan y fue superior a la ganancia de peso de los terneros procedentes del sistema mango. Nuevamente, las crías de las vacas que pastorearon el sistema mango tuvieron las menores ganancias diarias de peso. Estas diferencias tienen la misma causa ya mencionada: el hato ganadero del SCPE, fue distinto al hato que estuvo en los otros tres sistemas de pastoreo, aunque con similares características raciales y los terneros de las vacas que pastorearon el sistema convencional pasto estrella fueron

amamantados libremente desde la ordeña (08:00 h) hasta el encierro (16:00 h), además dispusieron de pasto y forraje verde a libre acceso, mientras que los becerros del hato de los otros tres sistemas permanecieron encerrados durante todo el día, alimentándose únicamente con rastrojo de maíz molido, y solo fueron amamantados por sus madres durante el periodo de ordeña; por otra parte, las condiciones de alojamiento (chiquero) de los terneros procedentes del sistema convencional pasto estrella proporcionaron mayor confort, bienestar y salud comparado con los terneros de las vacas asignadas a los otros tres sistemas de pastoreo.

Cuadro 4. Ganancia diaria de peso de terneros en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

VARIABLE	SCPE	SMPS	SSPM	SSPL
GDP, kg/d	0.580±0.01^a	0.352±0.01 ^b	0.298±0.01 ^c	0.218± 0.01 ^d
GDP (Transición), kg/d*	0.680±0.01^a	0.411±0.01 ^c	0.257±0.02 ^{de}	0.226±0.02 ^{eg}
GDP (Lluvias), kg/d**	0.480±0.02 ^b	0.293±0.02 ^d	0.340±0.02 ^f	0.210±0.02 ^g
PLA, días al año	90	132	57	159
CA, UA/ha	1.171	1.085	0.453	1.814
GDP/ha, kg/d	0.679	0.382	0.135	0.396

GDP= Ganancia diaria de peso; PLA= Periodo de lactancia anual; CA= Carga animal; UA= Unidad animal; SCPE= Sistema convencional pasto estrella; SMPS= Sistema monocultivo pasto sudán; SSPM= Sistema silvopastoril plantación de mango; SSPL= Sistema silvopastoril leucaena; *= Periodo de muestreo octubre-noviembre; **= Periodo de muestreo julio-septiembre.

Aunque el sistema convencional pasto estrella tuvo menor capacidad de carga, la ganancia diaria de peso de los terneros fue mayor por hectárea y por año (figura 14).

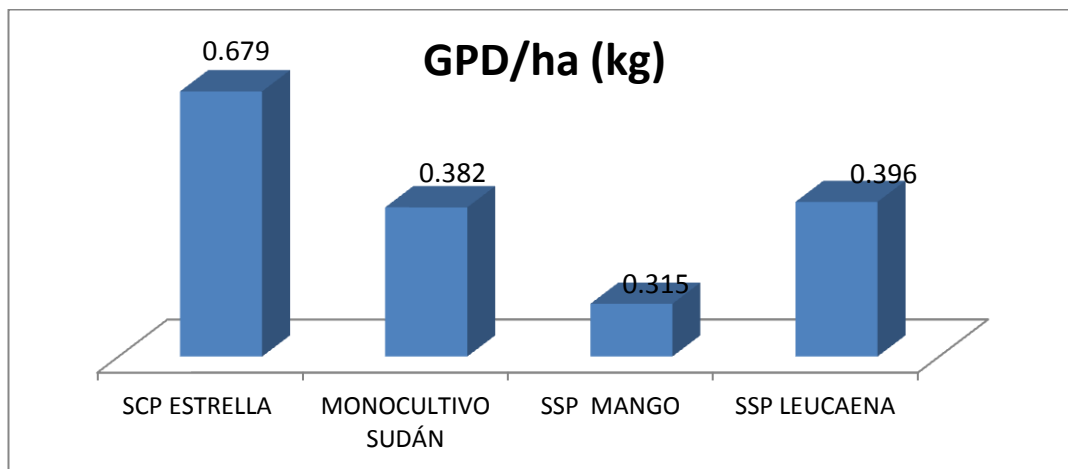


Figura 14. Ganancia de peso diario por hectárea, en cuatro sistemas de pastoreo en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

La mayor carga animal por hectárea se refleja en una mayor producción de leche por hectárea; pero no fue así en cuanto a la ganancia de peso diaria de los terneros, ya que en el SSPL, a pesar de tener la mayor carga animal por hectárea, fue el de menor ganancia de peso por día (porque la ganancia de peso diaria por becerro del SSPL fue tan solo el 37.5 % de la ganancia de peso diaria del SCPE, a causa del bajo nivel de bienestar y alimentación deficiente de los terneros, en el SSPL, durante la lactancia) (figura 15). Contrariamente a lo obtenido por Murgueitio (2011) y Flores-Solorio (2010), donde los SSPI obtuvieron la mayor ganancia de peso diario, adicionado a una mayor carga animal.

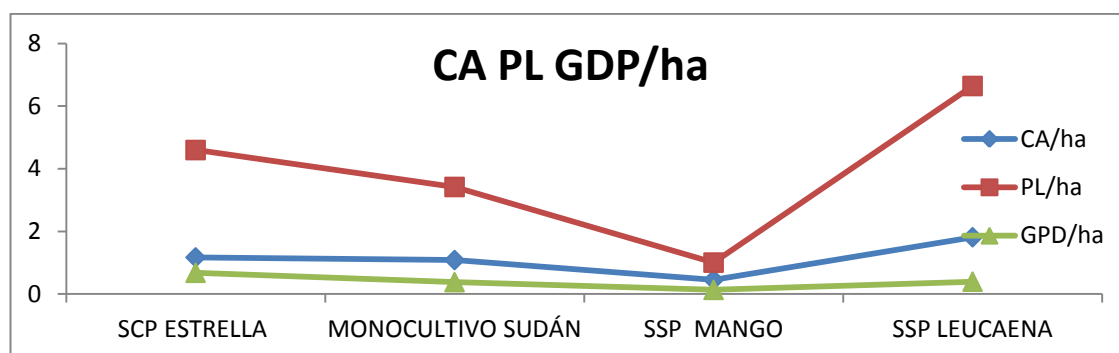


Figura 15. Carga animal, producción de leche y ganancia de peso diario, por hectárea en el valle de Tepalcatepec, Michoacán.

4.4 Balance económico

En el cuadro 5 se muestra el balance económico de cada sistema de pastoreo, con una proyección de 15 UA en cada uno, dando una utilidad bruta mayor para el sistema silvopastoril en plantación de mango, seguido del sistema convencional pasto estrella; los sistemas menos eficientes económicamente fueron el sistema silvopastoril leucaena y el sistema monocultivo pasto sudán. Sin embargo, el sistema leucaena muestra mayor capacidad de carga animal por hectárea; esto constituye una ventaja básica donde la disponibilidad de tierra es un factor determinante para la producción ganadera, sobre todo donde la competencia por la tierra para la agricultura y la ganadería es permanente.

Cuadro 5. Balance económico de cuatro sistemas de pastoreo con 15 UA.

CONCEPTO	SCPE	SMPS	SSPM	SSPL
CA, UA/ha/año	1.171	1.085	0.453	1.814
Área/15 UA, ha	12.81	13.83	33.12	8.27
IVL, \$/año)	128,936.25	103,510.35	72,828.45	120,263.85
IVC, \$/año	95,265.00	57,816.00	48,946.50	35,806.50
IVF, \$/año)	0.00	0.00	695,553.54	0.00
IVT, \$/año	224,201.25	161,326.35	817,328.49	156,070.35
CTP, \$/año	98,641.00	131,926.00	313,646.00	134,916.00
UTB, \$/año	125,560.25	29,400.35	503,682.49	21,154.35

CA= Carga animal; UA= Unidad animal; IVL= Ingreso por venta de leche; IVC= Ingreso por venta de carne; IVF= Ingreso por venta de mango; IVT= Ingreso por venta total; CTP= Costo total de producción; UTB= Utilidad total bruta; SCPE= Sistema convencional pasto estrella; SMPS= Sistema monocultivo pasto sudán; SSPM= Sistema silvopastoril plantación de mango; SSPL= Sistema silvopastoril leucaena.

Debido a que la mayor ganancia diaria de peso de los terneros generó mayores ingresos por venta de carne al finalizar la lactancia, el sistema convencional pasto estrella mostró ventajas económicas con respecto a los demás sistemas de pastoreo; pero, el sistema silvopastoril en plantación de mango complementó los ingresos con la venta de fruta y redujo costos de mantenimiento de la plantación en el control de malezas.

El costo de suplementación de los terneros en los sistemas silvopastoriles (SSPL y SSPM), puede reducirse mejorando las gramíneas asociadas.

El análisis económico, por hectárea, para el mismo hato de 15 UA, confirma que el sistema silvopastoril mango es el más rentable; aunque es el que requiere mayor extensión de tierra, en comparación de los otros tres sistemas.

También es importante señalar que la suplementación a los terneros es un factor que eleva los costos de producción, sin que se vea reflejado positivamente sobre la ganancia diaria de peso, por lo que es conveniente buscar otras alternativas para complementar la alimentación de las crías en aquellos sistemas de producción de doble propósito (cuadro 6).

Se consideró una superficie mínima de tierra de 8.27 ha, que es la superficie requerida para 15 UA del sistema leucaena, y se estimó la rentabilidad de cada uno de los sistemas de pastoreo, considerando la misma superficie. Con base en ello, el sistema silvopastoril mango nuevamente resultó el más rentable, ya que el ingreso obtenido por la venta de fruta le fue muy favorable, no obstante que el ingreso por venta de leche y carne (doble propósito) fue el más bajo comparado con los ingresos de los otros sistemas de pastoreo estudiados. En estas condiciones, los sistemas de pastoreo con mayores utilidades fueron el sistema silvopastoril leucaena y el sistema convencional pasto estrella, mientras que el sistema monocultivo pasto sudán mostró un balance económico negativo.

Cuadro 6. Balance económico por hectárea en cuatro sistemas de pastoreo con 15 UA.

CONCEPTO	SCPE	SMPS	SSPM	SSPL
CA, UA/ha/año	1.171	1.085	0.453	1.814
Área/15 UA, ha	12.81	13.83	33.12	8.27
IVL, \$/ha/año	10,067.63	7,486.78	2,198.82	14,546.65
IVC, \$/ha/año	7,438.50	4,181.76	1,477.78	4,331.02
IVF, \$/ha/año	0.00	0.00	21,000.00	0.00
IVT \$/ha/año	17,506.00	11,669.00	24,677.00	18,878.00
CTP, \$/ha/año	7,700.00	9,546.00	9,476.00	16,314.00
UTB \$/ha/año	9,806.13	2,122.54	15,200.60	2,563.67

IVL= Ingreso por venta de leche; IVC= Ingreso por venta de carne; IVF= Ingreso por venta de mango; IVT= Ingreso por venta total; CTP= Costo total de producción; UTB= Utilidad total bruta; CA= Carga animal; UA= Unidad animal; SCPE= Sistema convencional pasto estrella; SMPS= Sistema monocultivo pasto sudán; SSPM= Sistema silvopastoril plantación de mango; SSPL= Sistema silvopastoril leucaena

Bajo la perspectiva de alimentación de los terneros pastoreando el mismo sistema silvopastoril leucaena durante la lactancia, lo cual absorbería el costo de suplementación de terneros, el sistema silvopastoril leucaena sería el más rentable, después del sistema silvopastoril mango (cuadro 7).

Cuadro 7. Balance económico en cuatro sistemas de pastoreo para 8.27 ha.

CONCEPTO	SCPE	SMPS	SSPM	SSPL
CA	1.171	1.085	0.453	1.814
UA	9.69	8.97	3.75	15.00
IVL, \$/hato/año	83,292.82	61,899.19	18,207.11	120,263.85
IVC, \$/hato/año)	61,541.19	34,573.97	12,236.63	35,806.50
IVM (\$/año)	0.00	0.00	173,670.00	0.00
IVT, \$	144,834.01	96,473.16	204,113.74	156,070.35
CTP, \$	96,466.00	116,115.52	104,668.19	134,916.00
UTB, \$/hato	48,368.01	-19,642.36	99,445.55	21,154.35
UTB-Chahuaca, \$	48,368.01	7.16	107,647.74	54,004.35

CA= Carga animal; IVL= Ingreso por venta de leche; IVC= Ingreso por venta de carne; IVF= Ingreso por venta de mango; IVT= Ingreso por venta total; CTP= Costo total de producción; UTB= Utilidad total bruta; CA= Carga animal; UA= Unidad animal; SCPE= Sistema convencional pasto estrella; SMPS= Sistema monocultivo pasto sudán; SSPM= Sistema silvopastoril plantación de mango; SSPL= Sistema silvopastoril leucaena.

Es importante remarcar la tendencia similar de la utilidad bruta, de los cuatro sistemas, cuando, en los sistemas que aplica, se les incluye, a los costos de producción, el costo del complemento alimenticio de los terneros (“chahuaca”) y el cambio en la utilidad cuando este costo es descontado (suponiendo que se le deja de suministrar este suplemento a los terneros), pues se mantienen el SSPM en el máximo nivel y el SMPS en el menor nivel de utilidad bruta; pero los niveles de utilidad bruta del SCPE y SSPL se “cruzan”, lo que significa que el SSPL resulta con

un mayor nivel de utilidad bruta que el SCPE, quedando únicamente después del SSPM (Figura 16).

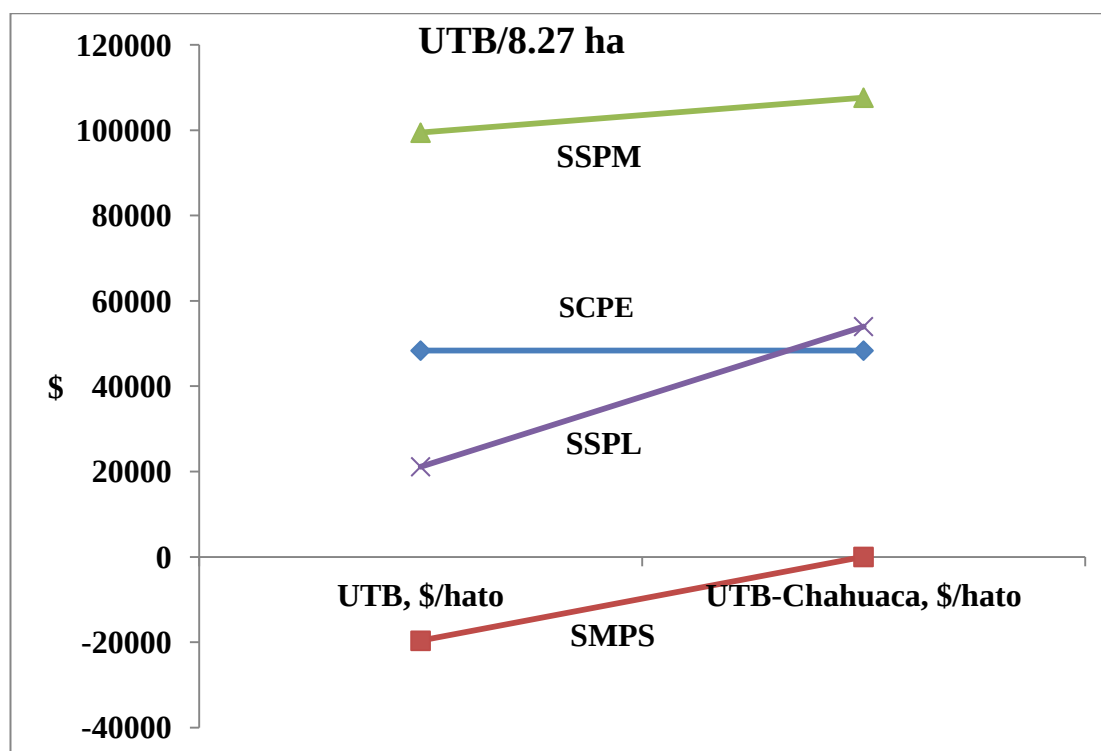


Figura 16. Utilidad Bruta proyectada para 4 sistemas de pastoreo de 8.27 ha.

4.5 Aceptación de los sistemas silvopastoriles

Existe una tendencia, por parte de los ganaderos, a interactuar más con el medio ambiente, a través del aprovechamiento de los árboles de usos múltiples nativos, que son dejados intencionalmente en el potrero (en forma silvestre), con el fin de aprovecharlos para forraje, cerco y barrera viva, postes, sombra, leña y medicina, principalmente. En los agostaderos, en las zonas cerriles del municipio, se hace un aprovechamiento permanente de la vegetación nativa arbórea, principalmente en la época de lluvias. Hay potencial para el aprovechamiento de especies arbóreas en la región (cuadro 8).

Cuadro 8. Árboles y arbustos de uso forrajero mencionados por los productores ganaderos del municipio de Gabriel Zamora, Michoacán.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	# VECES MENCIONADO	# VECES MENCIONADO 1er LUGAR
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	16	2
Cuahulote, Guácima	<i>Guazuma umlifolia</i>	15	5
Pinzán	<i>Pithecelobium dulce</i>	13	0
Leucaena, Guajillo	<i>Leucaena leucocephala</i>	12	8
Mango	<i>Mangifera indica</i>	9	2
Cueramo	<i>Cordia alliodora</i>	6	2
Parota	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	1
Cirián	<i>Crescentia alata</i>	4	0
Cascalote	<i>Caesalpinia coriaria</i>	3	0
Frijolillo	<i>Caesalpinia platyloba</i>	3	0
Cuitáz	<i>Lysiloma micropylum</i>	3	0
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	2	0
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	2	0
Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	2	0
Moringa	<i>Moringa spp</i>	1	0
Casahuate	<i>Ipomea murucoides</i>	1	0
Brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i>	1	0
Uña de gato	<i>Acacia picachensis</i>	1	0
Zicuito	<i>Heliocarpus tormentosus</i>	1	0
Huinare	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	1	0
Higuera	<i>Ficus spp</i>	1	0
Carricillo	<i>Phragmites australis</i>	1	0
Salate	<i>No identificada</i>	1	0

Los ganaderos de la región se mantienen en una actitud escéptica acerca de la implementación de sistemas silvopastoriles, como es el caso del sistema silvopastoril intensivo de leucaena en callejones (SSPI), impulsado por la fundación PRODUCE Michoacán, desde el año 2010, el cual, a pesar de haber sido apoyado con insumos y asesoría técnica, entre la mayoría de los ganaderos del municipio de Gabriel Zamora, sólo fue adoptado por algunos productores. De 20 ganaderos entrevistados, siete mencionaron que habían sembrado leucaena, con el apoyo de la fundación, pero solo dos mantienen en producción el sistema; los otros cinco no les fue posible establecer el cultivo por diversas causas: excesiva competencia con malezas (incluso aplicaron herbicidas que, por error, eliminó la leucaena), ramoneo a muy temprana edad del

cultivo (antes de los seis meses de haber sido sembrada o de alcanzar 1.5 m de altura), baja germinación de la semilla, errores en la escarificación de la misma, falta de agua (autorización de riego a destiempo) y venta del forraje del potrero por cuestiones personales. Se deduce que la falta de asesoría técnica, seguimiento y supervisión de los potreros sembrados, hasta el establecimiento del mismo, fue la causa principal de que los ganaderos no lograran el establecimiento del sistema silvopastoril intensivo; sin embargo, la mayoría de los ganaderos estarían dispuestos a establecer este sistema de nuevo, con apoyo de semilla y asesoría técnica; porque consideran que el cultivo de la leucaena un forraje de buena calidad que puede incrementar los rendimientos de leche y carne.

4.6 Bienestar Animal

El bienestar animal es básico en la producción del ganado de doble propósito, particularmente el referido a su estancia en los potreros: Al disminuir el bienestar del ganado también disminuye, drásticamente, la cantidad de alimento ingerido, lo cual merma sus salud y directamente la producción de leche y carne. Esto ocurrió particularmente en tres sistemas: SSPL, SMPS y SCPE, debido a la temporada de lluvias, por el efecto que esta tiene sobre el suelo de los potreros, de tipo arcilloso (de deficiente drenaje), lo cual origina gran cantidad de charcos y lodazales. El ganado también propicia la formación de estos charcos, por el apisonamiento del terreno (compactación). De esta forma la situación se vuelve un “círculo vicioso”, el ganado se ve afectado por el exceso de humedad pero el mismo ganado, apisonando, favorece las condiciones para la formación de charcos, cuando en el potrero hay mal drenaje; esta situación se agrava en la medida en que el pasto y cubiertas vegetales del suelo van disminuyendo, conforme avanzan los días de pastoreo en el potrero. El efecto principal, de la humedad en el ganado, es el reblandecimiento de sus pezuñas, lo que aumenta su sensibilidad y riesgo de lastimarse, al pisar piedras, ramas, estacas y espinas.

Al estar el potrero lleno de charcos y/o convertido en un terreno lodoso, el ganado se reusa a entrar a pastorear, reduciendo su consumo de forraje verde en forma drástica, pues incluso, a veces, sólo se alimenta por un par de horas al día, sobre aquellos espacios del terreno que se encuentran menos húmedos. También,

bajo estas condiciones, la cantidad de pastos desperdiciados es mayor, pues el ganado lo pisa con las pezuñas enlodadas y lo deja inútil, más rápidamente, para su consumo.

Esto ocurrió en los cuatro potreros estudiados. Pues tanto las piedras, como las espinas, estacas y ramas son muy abundantes en la zona (los terrenos se tienen que desempedrar y “limpiar” de arbustos, principalmente de espinas, para poder ser sembrados; pero el desempiedre no se realiza al cien por ciento, y quedan sobre los terrenos piedras, medianas y chicas; por otra parte, la vegetación natural de la región está compuesta por diversas especies con espinas, las cuales, al ser “chaponeadas” dejan sobre el terreno sus espinas y tocones, difíciles de eliminar; además, en el SSPL, al podar la leucaena, durante los meses de mayo y junio, se dejó en el mismo terreno, libremente regadas, las ramas podadas, para su degradación paulatina e integración al suelo, como abono natural; sin embargo, como esta actividad se realizó al inicio de la temporada de lluvias, las ramas, que son de dureza y fibrosidad considerable, no se degradaron y quedaron semi-encubiertas por el lodo y charcos del terreno, convirtiéndose en un peligro para las pezuñas reblandecidas del ganado.

Resumiendo tenemos las causas y efectos que favorecieron la disminución del bienestar animal, y por esto la disminución en la producción de leche y carne, por el exceso de humedad:

Causas:

- Falta de mantenimiento a las infraestructura de riego.
- En el SSPL, alineación de las hileras de esta de Norte a Sur, lo que provoca un mayor sombreado del suelo y una menor evaporación.
- Poda de leucaena a fines de mayo y principios de junio, antes del inicio de lluvias, quedando las ramas podadas encubiertas por el agua y lodo del terreno.

Efectos:

- Mayor apisonamiento del terreno, por las pisadas del ganado sobre el suelo húmedo, favoreciendo la formación de charcos y lodazales, sobre todo el potrero.

- Reblandecimiento de las pezuñas de todo el ganado: dolor físico y heridas al pisar piedras afiladas, estacas, espinas y ramas, lo cual provocó que el ganado se reusara a entrar a pastorear (permanecía en las partes menos húmedas del potrero).

Es importante mencionar que en el SSPM, al igual que el SSPL, se tienen una muy baja pendiente, pero los encharcamientos fueron menores y, por lo tanto, se afectó en menor medida el bienestar animal. Las causas son: la baja carga animal del sistema y la mejor infiltración del agua de lluvia, debido a las extensas raíces y exuberantes copas de los viejos árboles frutales (árboles de 35 años de edad), que interceptan la lluvia permitiendo una mejor filtración en el terreno.

La mayoría de los corrales de ordeña, en épocas de lluvias, se convierten en pantanos de lodo pegajoso, lo que también afecta el bienestar animal. En los corrales de ordeña de los sistemas estudiados se formaron gruesas capas de lodo, revueltas con estiércol (acumulado a lo largo de los años), de hasta 50 cm de profundidad, en algunos espacios del corral; esta capa húmeda, resbalosa y pegajosa, limita el buen desempeño de los ordeñadores y baja la calidad de la leche, porque las ubres de las vacas y las manos del ordeñador se ensucian permanentemente. Por otra parte, el lodo que cubre el chiquero impide a los becerros tener un lugar apropiado para dormir y descansar, particularmente fue perjudicial para los becerros que pasaron todo el día encerrados en el chiquero (SMPS; SSPM y SSPL). Lo mismo sucede con las vacas que duermen en los corrales de ordeña enlodados, ya que tienen que permanecer de pie por más tiempo y cuando se cansan y se “echan”, para dormir o descansar, tienen que hacerlo sobre el lodo.

Se concluye que potreros y corrales cubiertos de charcos y lodo, lesionan al ganado de las pezuñas, razón principal por la cual dejan de alimentarse, además de descansar mal y por menos tiempo, mermando, considerablemente, su bienestar y producción. Por lo que es recomendable, para mantener el bienestar animal, durante la temporada de lluvias:

- Construir y mantener acequias y regaderas en buenas condiciones, para mejorar el drenaje del potrero.
- Construir corrales y chiqueros en la parte más alta del potrero.

- Construir una galera en cada corral de ordeña, en la parte más alta del mismo, con piso firme, y extraer el estiércol (puede servir para composta), de los corrales y chiqueros, continuamente (algunos ganaderos desvían el curso de alguna acequia, para que el agua arrastre el estiércol acumulado).
- Permitir el libre pastoreo de los becerros, en el potrero, con las vacas, durante el día, y sólo encerrarlos por la tarde y la noche en el chiquero.
- Podar la leucaena al final de la temporada de lluvias, para permitir la mayor degradación posible de las ramas residuales sobre el terreno, antes de las siguientes lluvias.

Otra causa, que disminuye el bienestar animal, son las altas temperaturas y escasez o ausencia de sombra, en los potreros de monocultivos, para protegerse de la radiación solar. El ganado busca la sombra de los árboles, en las horas del mediodía, para refrescarse. En este espacio de tiempo, bajo los árboles, si el ganado no encuentra pastura o el árbol no tiene ya ramas bajas, con hojas, flores y frutos comestibles, simplemente es un tiempo en el que dejará de alimentarse. Si los árboles son suficientes y variados, el ganado tiene la oportunidad de ramonear continuamente y de esta manera complementar, en este tiempo de sombreado, sus necesidades alimenticias. Cuando los árboles son escasos, la sombra en el potrero es escasa, y la mayoría del ganado se amontona en los pocos árboles que encuentra, apisonando el suelo alrededor del mismo; pero si no tiene sombra alguna, simplemente se “echa” dentro del potrero, procurando no moverse, a pleno sol, para disminuir su temperatura con la disminución de su ritmo biológico, dejando de alimentarse e incluso dejando de rumiar, en un lapso que va de una a cuatro horas, dependiendo de la intensidad del calor.

Un resumen de las causas y efectos que provocan la disminución de bienestar animal y consecuente baja de la producción de leche y carne, debido al aumento de estrés calórico:

Causas:

- Ausencia de árboles multiusos (sombra principalmente), nativos ó introducidos, en el potrero: sobre la cerca, como bancos de proteínas, en los

bancos de corrientes fluviales (acequias y arroyos), como barreras vivas en barrancas y cárcavas divisorias. Mínimo treinta por hectárea.

Efectos:

- Aumento del calor corporal de los animales: insolación y deshidratación (estrés calórico).
- Disminución del tiempo de alimentación: el ganado se “echa”, a medio día, en medio del potrero, expuesto directamente a la radiación solar.

La recomendación para solucionar este problema es muy sencilla, y consiste en permitir la propagación silvestre, selectiva y bajo un diseño y objetivos predeterminados (cercos vivos, árboles dispersos, sombra, forraje, etc.), protegiendo los árboles nativos que en forma natural germinan en el potrero. Otra alternativa es sembrar o plantar especies adecuadas a los objetivos e interés del ganadero, directamente en el potrero, con la debida protección, para evitar que el ganado los destruya en su etapa de establecimiento.

5 CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril leucaena fue el más productivo en cuanto a carga animal, leche y carne por hectárea y los resultados obtenidos pueden ser mayores si a este sistema (tanto como al SSPM) se le asocia un pasto de mejor calidad nutricional que el conjunto de pastos de mediana y baja calidad con el que cuentan actualmente.

El SSPM fue el más rentable, en cuanto a ingresos económicos, por la venta anual de fruta, adicional a la producción ganadera (venta de leche y carne por GPD de los terneros), a pesar de que esta resultó la más baja de los cuatro sistemas estudiados. El sistema convencional de pasto estrella (SCPE) obtuvo el mayor índice de ganancia de peso diario y por hectárea, en terneros, a causa de que en los otros tres sistemas se aplicó otro manejo y forma de alimentación para los becerros, los cuales fueron encerrados en el chiquero, prácticamente todo el día, alimentándose de la leche de la vaca únicamente con los residuos de la ordeña; adicionalmente esta práctica implicó un mayor costo de producción para estos sistemas, pues cada becerro consumió, aproximadamente, 2 kg de rastrojo molido de maíz, a un costo de \$ 3.00 por kg.

Descontando el costo de este alimento de los SSPL, SSPM y SMPS, el sistema con mayor rentabilidad, después del SSPM, fue el SSPL. Se recomienda que los becerros pastoreen libremente durante el día, al lado de sus madres, para que se amamenten libremente en este periodo, hasta el momento del encierro vespertino, para ahorrar el costo del rastrojo de maíz molido que se les suministró, el cual no se reflejó en ganancia de peso diario.

El bienestar animal resultó un factor determinante, por lo que se recomienda mejorar el drenaje de los potreros, corrales de ordeña y chiqueros, pues los suelos arcillosos de estos sistemas provocaron un exceso de humedad que dañó las pezuñas del ganado, principalmente en el SSPL, lo que provocó que el ganado disminuyera el tiempo dedicado a la ingesta de alimento y con ello la disminución de sus índices productivos (producción de leche y carne).

6 LITERATURA CITADA

- Bacab P., H. M. y F. J. Solorio S. (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.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2005. Informe sobre los distritos de riego del estado de Michoacán. Consultado el 23-05-2014, Página Web: ftp://ftp.conagua.gob.mx/1610100174009_Coordenadas_de_Riego/MICHOACAN%20.pdf
- Durán J., J. M. y A. Bustin. 1983. Revolución agrícola en Tierra Caliente de Michoacán. El Colegio de Michoacán. CONACYT. Página Web: <http://www.libreriacolmich.com/indice/ficha.asp?id=20>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Milk availability: trends in production and demand and medium-term outlook. ESA Working paper No. 12-01. Rome, Italy.
- Flores E., M. X. y F. J. Solorio S. 2010. Gestión del conocimiento para el desarrollo y fomento de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos para una ganadería Sustentable en el Trópico de México. Ponencia. 28-30 septiembre. Panamá.
- Fundación Produce Michoacán, A. C. 2011. Manual Para el Establecimiento y Manejo del SSPI. Programa estratégico de prioridad nacional: fomento y desarrollo de los sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del trópico de México: 2010-2011.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlos a las condiciones climáticas de la república mexicana). Tercera Edición. México, D. F. UNAM, Instituto de Geografía. p 252.
- Ibrahim, M., C. Villanueva y F. Casasola. 2007. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en centro América. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú.
- Ibrahim, M. 2009. Sistemas Silvopastoriles Definición y Clasificación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. web.catie.ac.cr/gamma/posgrado/Maestría/SSSp2009.
- Lara P., E., B. Caso L. y F. Aliphath M. 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema de los Mayas Itza de San Andrés y San José, Peten Guatemala. Universidad Autónoma Indígena de México. *Revista Ra Ximhai*. 8: 71-92.
- Martínez M., M. y C. Reyes A. 2013. Composición nutricional de leucaena (*Leucaena leucocephala*) asociada con paso estrella (*Cynodon dactylon*) en la región huasteca potosina. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 pp.
- Moreno T., V. M. 2010. Caso de Éxito Estrategia Regional del Modelo de Consenso Silvopastoril Intensivo para la Ganadería Sostenible del Trópico Michoacano.

Fundación PRODUCE Michoacán A. C. Página web:
<http://www.siac.org.mx/fichas/40%20Michoacan%20SSPI%20VF.pdf>

- Murgueitio R., E. 2011. Retos y progresos de la ganadería sostenible. Revista Agricultura Sostenible Volumen 7. Fundación CIPAV. Colombia.
- Murgueitio R., E., D. Chará. J., A. Solarte. J., F. Uribe, C. Zapata y J. Rivera J. 2013. Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 26:213-216.
- Pureco O., A. 2010. Prácticas y Estrategias Empresariales en el Sector Arrocerero. Los Cusi en Michoacán (México), 1884-1915. Revista: América Latina en la Historia Económica, número 34, julio-diciembre 2010.
- Ramos B., R., C. N. García E., E. H. Ortega M. y P. Krasilnikov. 2011. Artificial chinampas soils of Mexico City: their properties and salinization hazards. Spanish Journal of Soil Science. 1: 70-85.
- SAS. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Vol. 1-7. SAS Publishing. Cary, NC, USA. 5180 p.
- Solís. M. A. D., L. Martínez R. F. J. Solorio S., F. J. Estrada G., N. Avilés F., I. A. Gutiérrez T. y O. A. Castelán O. 2013. Características del queso tepeque de la tierra caliente de Michoacán: un queso producido en un sistema silvopastoril intensivo. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16: 201-214.
- Solorio S., B. y M. X. Flores E. 2011. 1era etapa del proyecto estratégico de prioridad nacional. Editorial Fundación Produce Michoacán. Morelia, Mich. P. 47.
- Somarriba, E. 2009. Planificación Agroforestal de Fincas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Zalapa R., A. 2009. Instituto de Ciencia Animal. Fundación PRODUCE. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. UMSNH.
- Zárate H., J. E. 2001. La Tierra Caliente de Michoacán. El Colegio de Michoacán. Gobierno del estado de Michoacán.